



ENDBERICHT - November 2005



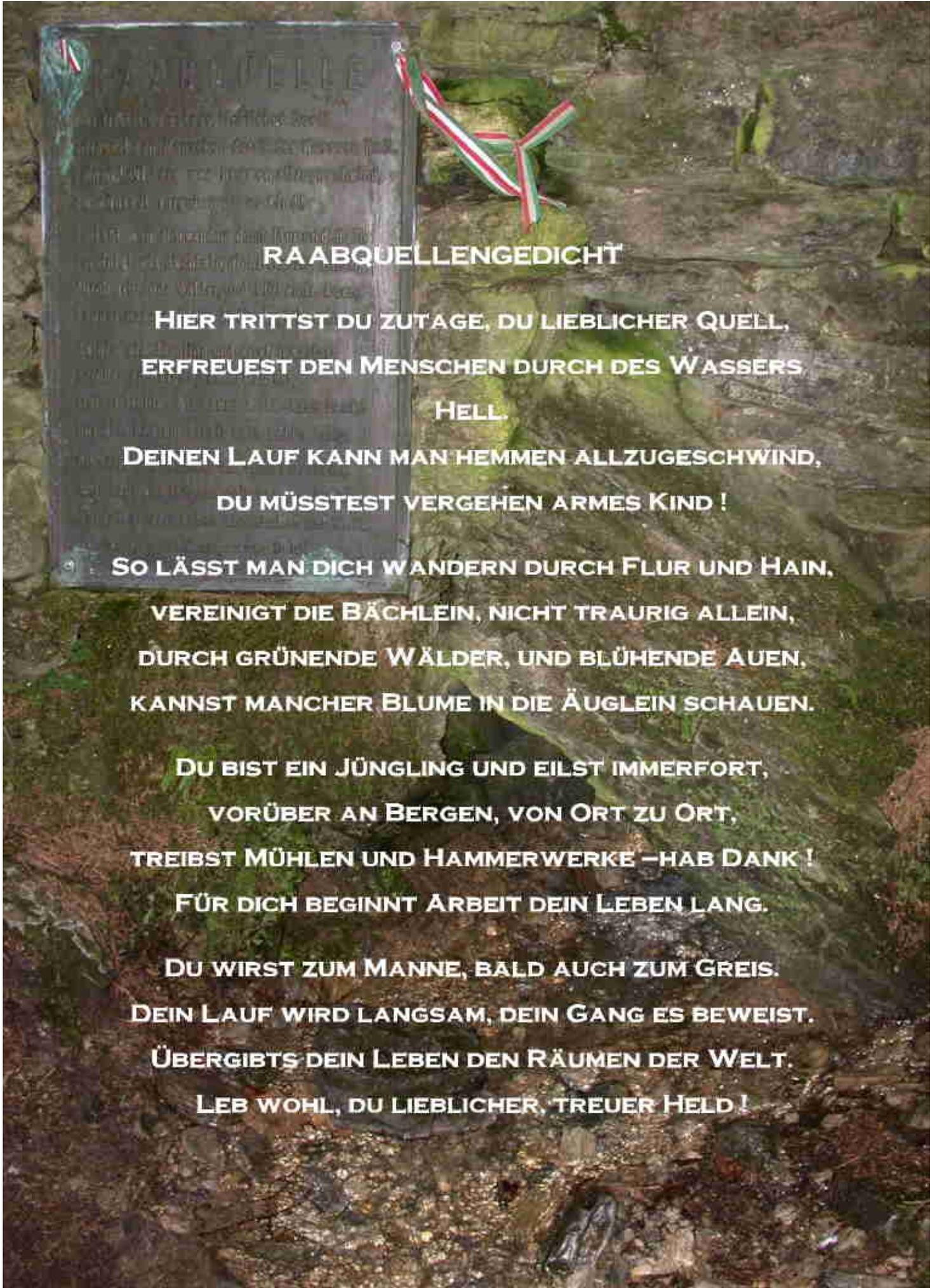
Hydrogeologische Grundlagen für eine nachhaltige Nutzung der Tiefengrundwasser im Bereich des Oststeirischen und Pannonischen Beckens



Projektmanagement
Institut für WasserRessourcenManagement
JOANNEUM RESEARCH
Univ.-Prof. H. Zojer
Dipl.-Ing. G. Domberger



**Hydrogeologische Grundlagen für eine
nachhaltige Nutzung der
Tiefengrundwässer im Bereich des
Oststeirischen und Pannonischen Beckens**
E n d b e r i c h t
Graz, November 2005



RAABQUELLENGEDICHT

**HIER TRITTEST DU ZUTAGE, DU LIEBLICHER QUELL,
ERFREUEST DEN MENSCHEN DURCH DES WASSERS
HELL.**

**DEINEN LAUF KANN MAN HEMMEN ALLZUGESCHWIND,
DU MÜSSTEST VERGEHEN ARMES KIND !**

**SO LÄSST MAN DICH WANDERN DURCH FLUR UND HAIN,
VEREINIGT DIE BÄCHLEIN, NICHT TRAUIG ALLEIN,
DURCH GRÜNENDE WÄLDER, UND BLÜHENDE AUEN,
KANNST MANCHER BLUME IN DIE ÄUGLEIN SCHAUEN.**

**DU BIST EIN JÜNGLING UND EILST IMMERFORT,
VORÜBER AN BERGEN, VON ORT ZU ORT,
TREIBST MÜHLEN UND HAMMERWERKE –HAB DANK !
FÜR DICH BEGINNT ARBEIT DEIN LEBEN LANG.**

**DU WIRST ZUM MANNE, BALD AUCH ZUM GREIS.
DEIN LAUF WIRD LANGSAM, DEIN GANG ES BEWEIST.
ÜBERGIBTS DEIN LEBEN DEN RÄUMEN DER WELT.
LEB WOHL, DU LIEBLICHER, TREUER HELD !**

INHALTSVERZEICHNIS

1 Allgemeines, Einleitung	11
2 Projektverlauf	13
2.1 Beauftragungsphase.....	13
2.2 Arbeitsprogramm	13
2.3 Verwendete Software.....	14
2.4 Projektorganisation	14
3 Projektgebiet	15
4 Daten- und Literaturerhebungsphase	17
4.1 Allgemeines	17
4.2 Erhebung beim Amt der Steiermärkischen Landesregierung.....	17
4.3 Erhebung am Institut für WasserRessourcenManagement (WRM-IHG)	18
4.4 Erhebung beim Amt der Burgenländischen Landesregierung.....	18
4.5 Erhebung Wasserwirtschaftskataster	18
4.6 Erhebung beim Institut für Angewandte Geophysik (WRM - GPH).....	19
4.6.1 Bohrlochmessungen von WRM-GPH.....	19
4.6.2 Bohrlochmessungen die beim WRM-GPH vorliegen	24
4.6.3 Weitere Bohrungen mit Bohrlochmessungen.....	24
4.6.4 Reflexionsseismiklinien von WRM gemessen und digital vorhanden	24
4.6.5 Reflexionsseismiklinien (analog bei WRM-GPH vorhanden).....	26
4.6.6 Reflexionsseismiklinien der OMV AG (digital bei WRM-GPH vorhanden).....	26
4.6.7 Reflexionsseismiklinien der OMV AG (analog bei WRM-GPH vorhanden)	27
4.6.8 Reflexionsseismik der RAG (analog bei WRM-GPH vorhanden)	27
4.7 Erhebung beim Institut für Geophysik der Montanuniversität Leoben.....	27
4.8 Erhebung bei der Geologischen Bundesanstalt	28
4.9 Erhebung beim Büro Meyer.....	30
4.10 Erhebung beim Büro Niederbacher	31
4.11 Erhebung am Landesmuseum Joanneum.....	31
4.12 Erhebung am Institut für Geologie und Paläontologie der Karl-Franzens-Universität Graz	32
4.13 Erhebung bei Geoteam GmbH	32
4.14 Erhebung Satellitenbilder/ Luftbilder.....	32
4.15 Erhebung beim Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau..	35
5 Literaturdatenbank LIMEDATA	36
5.1 Grundlagen von LIMEDATA	36
5.2 Aufbau von LIMEDATA.....	37
5.3 Einträge und Datenbestand in LIMEDATA	38

6	GIS Daten	40
6.1	GIS Grundlagen	40
6.2	GIS Datenherkunft und Erhebung	41
6.3	GIS Datenverarbeitung	41
7	Projektdatenbank PRODATA	42
7.1	Allgemeines, Stellung im Projekt, Bearbeitung	42
7.2	Grundlagen und Quellen	42
7.3	Datenbankstruktur	43
7.4	Datenqualität	43
8	Geologische Struktur	45
8.1	Problemstellung, Zielsetzung	45
8.2	Bearbeitungsschwerpunkte	45
8.3	Arbeitsgebiet, Gebietsdefinition	45
8.4	Methodik, Datengrundlagen	46
8.5	Bezeichnungskonventionen	47
8.6	Geologische Karte des Projektgebietes	47
8.7	Untergrundaufschlüsse im Steirischen und Westpannonischen Becken	49
8.7.1	Datenerfassung Untergrundaufschlüsse	49
8.7.2	Brunnen	49
8.7.3	Tiefenaufschlüsse	50
8.7.3.1	Bohrungen zur Rohstoffexploration	50
8.7.3.2	Thermalwasserbohrungen	50
8.7.4	Bohrdatenbank des Landesmuseum Joanneum	50
8.8	Geophysikalische Untersuchungen	53
8.8.1	Reflexionsseismik	53
8.8.1.1	Interpretationen von Seismiklinien	54
8.8.1.1.1	Unteres Lafnitztal, Rittscheintal und Feistritztal	54
8.8.1.1.2	Bereich Jennersdorf – Loipersdorf	55
8.8.1.1.3	Ilztal	60
8.8.1.1.4	Bad Waltersdorf	61
8.8.1.1.5	Oberes Lafnitztal/Stögersbachtal	62
8.8.1.1.6	Kaindorf/Dombachtal	65
8.8.2	Seismofazies Obersarmat	73
8.8.3	Seismofazies Pannon	73
8.9	Geoelektrik	74
8.10	Geologisch-strukturelle Gliederung und hydrogeologische Eigenschaften des Prätertiärs	75
8.10.1	Grazer Paläozoikum (Schwach metamorphes Grundgebirge; OOA)	76
8.10.2	Polymetamorphes Grundgebirge (MOA, UOA)	76
8.10.3	Rechnitzer Einheit (Penninikum)	77
8.10.4	Oststeirisches Becken	78
8.10.5	Südburgenländische Schwelle	79
8.10.6	Westpannonisches Becken	79
8.10.7	Steirischer Vulkanismus	79
8.10.8	Relief des Prätertiärs	79
8.11	Beckenentwicklung	80

8.11.1	Position des Steirischen Beckens im Alpen - Karpaten System	81
8.11.2	Beckengenese und Subsidenz	81
8.11.3	Vulkanismus	87
8.11.4	Sedimentmächtigkeiten im Projektgebiet	88
8.11.5	Rekonstruktion der Grenzfläche Sarmat / Pannon.....	88
8.11.6	Tektogenetische Position des Steirischen Beckens.....	89
8.12	Fotolineamentanalyse und Bruchtektonik.....	91
8.12.1	Einleitung und Methodik	91
8.12.2	Ergebnisse der Lineamentauswertung.....	94
8.12.3	Korrelation von Fotolineamenten mit Störungen	96
8.12.3.1	Störungen im präneogenen Beckenuntergrund.....	96
8.12.3.2	Störungen in reflexionsseismischen Profilen	99
8.12.4	Interpretation und Einbindung in den tektonischen Rahmen	103
8.13	Stratigraphie, Fazies und hydrogeologische Eigenschaften des Neogens (Tertiär, Quartär).....	105
8.13.1	Einleitende Bemerkungen	105
8.13.2	Ottnang	111
8.13.3	Karpat	111
8.13.4	Baden	113
8.13.5	Sarmat	115
8.13.6	Pannon	120
8.13.6.1	Pannon A	122
8.13.6.2	Pannon B	122
8.13.6.3	Pannon C	122
8.13.6.3.1	Kapfensteiner Schotter	127
8.13.6.3.2	Verbreitung der Kapfensteiner Schotter	128
8.13.6.3.3	Fluviatile Faziesentwicklung im Unterpannon des Steirischen Beckens (Zentrale Paratethys) (KRAINER, 1987)	129
8.13.6.4	Pannon D, E.....	129
8.13.6.5	Pannon F,G,H	129
8.13.7	Pliozän-Pleistozän-Holozän.....	130
8.13.8	Zusammenfassende Darstellung.....	130
8.13.9	Ausblick, Vorgangsweise.....	132
8.13.10	Schwermineralregime der klastischen Sedimente	132
8.13.10.1	Allgemeines.....	132
8.13.10.2	Methodik.....	132
8.13.10.3	Schwermineralien – Arbeiten im Steirischen Becken	133
8.13.10.3.1	Kohlengeologische Erkundung des Ilzer Reviers	133
8.13.10.3.2	Lithologische Untersuchungen an den Sanden der Kirchberger- Karnberger-Zwischenserie (Pannon C, Steirisches Becken).....	135
8.13.10.4	Zusammenfassung und Ausblick.....	135
8.14	Geologisch-tektonisches Arbeitsmodell.....	137
8.14.1	Schnitt A	138
8.14.2	Schnitt B	138
8.14.3	Schnitt C	138
8.14.4	Schnitt D	138
8.14.5	Schnitt E	139
8.14.6	Schnitt F.....	139
8.14.7	Schnitt G	139
8.14.8	Schnitt H	139
8.14.9	Schnitt I	140
8.14.10	Schnitt J	140
8.14.11	Schnitt K	140
8.14.12	Schnitt L.....	141
8.14.13	Schnitt M.....	141
8.14.14	Schnitt N	142

8.14.15 3D-Umsetzung der geologischen Schnitte A-N.....	142
9 Aquifersystemanalyse	144
9.1 Einleitung	144
9.2 Hydraulische Auswertungen	144
9.2.1 Allgemeines	144
9.2.2 Datenbasis Burgenland	145
9.2.3 Datenbasis Steiermark	148
9.2.3.1 Ermittlung der Luftdruckwirksamkeit und des Speicherkoeffizienten.....	150
9.2.3.2 Versuchsbohrungen im Safental einschließlich Pöllauer Safen.....	152
9.2.3.2.1 Versuchsbohrung Buch-Geiseldorf (ID 6070203)	152
9.2.3.2.2 Versuchsbohrung Waltersdorf Nord (ID 6074805)	153
9.2.3.2.3 Versuchsbohrung Waltersdorf Süd (ID 6074806).....	154
9.2.3.2.4 Versuchsbohrung Kaindorf 1 (ID 6071502)	155
9.2.3.2.5 Versuchsbohrung Kaindorf 2 (ID 6071503).....	156
9.2.3.2.6 Versuchsbohrung Blumau (Filterstrecke B) (ID 6050201).....	157
9.2.3.3 Versuchsbohrungen im Feistritztal	158
9.2.3.3.1 Versuchsbohrung Hirnsdorf 1 (ID 6171804).....	158
9.2.3.3.2 Versuchsbohrung Kroisbach (ID 6050505)	159
9.2.3.3.3 Versuchsbohrung Großsteinbach II (ID 6050502).....	160
9.2.3.3.4 Versuchsbohrung Großhartmannsdorf Sonde 1 (ID 6050503)	161
9.2.3.3.5 Versuchsbohrung Großhartmannsdorf Sonde 2 (ID 6050823)	161
9.2.3.3.6 Versuchsbohrung Obgrün V1 (ID 6050506).....	163
9.2.3.3.7 Versuchsbohrung Obgrün V2 (ID 6050729).....	163
9.2.3.3.8 Versuchsbohrung Hainersdorf (ID 6050727).....	164
9.2.3.3.9 Versuchsbohrung Großwilfersdorf (ID 6050640).....	164
9.2.3.4 Lafnitztal	166
9.2.3.4.1 Versuchsbohrungen Neudau 1 und 2 (ID 6072001, 6072002).....	166
9.2.3.5 Weitere Bohrungen.....	166
9.2.3.5.1 Versuchsbohrung Busental (ID 9516)	166
9.2.3.5.2 Versuchsbohrung Jobst (ID 6050205).....	167
9.2.3.5.3 Versuchsbohrung Markt Hartmannsdorf (ID 6171602)	168
9.2.3.6 Zusammenfassung der Ganglinienanalyse	169
9.2.4 Potenzialverhältnisse.....	171
9.2.5 Pumpversuchsauswertungen	176
9.2.5.1 Datengrundlage, Bearbeitung der Rohdaten.....	176
9.2.5.2 Methodik der Pumpversuchsauswertungen	178
9.2.5.3 Zur grafischen Auswertung von Pumpversuchen	180
9.2.5.4 Pumpversuchsauswertungen – Bereich Burgenland	183
9.2.5.4.1 Bocksdorf (WV Thermenland – Stegersbach B4) (ID 1583)	183
9.2.5.4.2 Gfangen (WV Südliches Burgenland 1 – Gfangen alt) (ID 1120).....	183
9.2.5.4.3 Grafenschachen Bürgermeisterwiese (ID 1015)	184
9.2.5.4.4 Grafenschachen Kotwiese (ID 1019).....	185
9.2.5.4.5 Grieselstein 1 (WV Unteres Raabtal - Jennersdorf 6, ID 1935)	185
9.2.5.4.6 Grieselstein 2 (BT-GRS-004 - ID 1936).....	186
9.2.5.4.7 Grieselstein 3 (AT-DOI-003 - ID 1939)	186
9.2.5.4.8 Güttenbach (alt und neu) (ID 1459, ID9551)	187
9.2.5.4.9 Hannersdorf (BO-HAN-001 - ID 1806)	188
9.2.5.4.10 Heiligenkreuz Brunnen 7 (WV Unteres Lafnitztal 7 - ID 1947)	189
9.2.5.4.11 WV Unteres Raabtal - Kalch 4 (ID 9500).....	189
9.2.5.4.12 Kemeten Brunnen 10 (WV Südliches Burgenland 1 – Kemeten - ID 2020)	190
9.2.5.4.13 Litzelsdorf 1 (ID 1335).....	191
9.2.5.4.14 Litzelsdorf Erlenwald (ID 1399).....	191
9.2.5.4.15 Mariasdorf 1 und 2 (ID 2050, 9508).....	192
9.2.5.4.16 Mooswald (ID 1458).....	193
9.2.5.4.17 Nadasch 9 (ID 1043).....	193

9.2.5.4.18	Oberschützen (Brunnen Hopfau WV BT-O-M) (ID 1123)	194
9.2.5.4.19	Brunnen Gortan - WV Südliches Burgenland 1 (ID 2042)	194
9.2.5.4.20	Stögersbach 6 = WV Stögersbachtal Br. 6 (ID 2030)	194
9.2.5.4.21	Unterwart 1, 2, 3, 4 (ID 1056, 1057, 1058, 1059)	195
9.2.5.4.22	Unterwart 4a = WV Süd. Bgld.1 - Br. 4a (ID 2036)	196
9.2.5.4.23	Unterwart 7 = WV Süd. Bgld.1 - Br. 7 (ID 1238)	197
9.2.5.4.24	Unterwart 8 = WV Süd. Bgld.1 - Br. 8 (ID 2039)	197
9.2.5.4.25	Unterwart 9a = WV Süd. Bgld.1 - Nad. 9a (ID 1041)	198
9.2.5.4.26	Wiesfleck (ID 1118)	198
9.2.5.5	Pumpversuchsauswertungen Steiermark	199
9.2.5.5.1	Blaindorf – Pötmühle (ID 6070101)	199
9.2.5.5.2	Buch Geiseldorf (ID 6070203)	200
9.2.5.5.3	Burgau 3 (ID 6050304)	200
9.2.5.5.4	Dombachtal 2 (ID 6070206)	201
9.2.5.5.5	Dombachtal 3 (ID 6070204)	202
9.2.5.5.6	Ebersdorf 2 (ID 6070503)	202
9.2.5.5.7	Ebersdorf 3 (ID 6070504)	203
9.2.5.5.8	Eggersdorf (ID 6071002)	203
9.2.5.5.9	Eichkögel (ID 6040903)	204
9.2.5.5.10	Fehring Badbrunnen (ID 6041005)	204
9.2.5.5.11	Großhart (ID 6070901)	204
9.2.5.5.12	Großhartmannsdorf 1 (ID 6050503)	206
9.2.5.5.13	Hainersdorf (ID 6050727)	206
9.2.5.5.14	Hirnsdorf 1 (ID 6171804)	207
9.2.5.5.15	Hirnsdorf 2 (ID 6171801)	208
9.2.5.5.16	Hirnsdorf 4 (ID 6171803)	209
9.2.5.5.17	Hirnsdorf Molkereibrunnen (ID 6171806)	210
9.2.5.5.18	Höflach (ID 10976)	210
9.2.5.5.19	Kaindorf 1 (ID 6071502)	210
9.2.5.5.20	Kaindorf 2 (ID 6071503)	211
9.2.5.5.21	Kaindorf 3 (ID 6071501)	212
9.2.5.5.22	Kleinsteinbach 1 (ID 6050203)	213
9.2.5.5.23	Kleinsteinbach 2 (ID 6050204)	213
9.2.5.5.24	Kroisbach (ID 6050505)	214
9.2.5.5.25	Markt Hartmannsdorf (ID 6171601)	215
9.2.5.5.26	Nestelbach (ID 6051001)	216
9.2.5.5.27	Neudau 1 (ID 6072001)	216
9.2.5.5.28	Neudau 2 (ID 6072002)	217
9.2.5.5.29	Pischelsdorf (ID 6173701)	218
9.2.5.5.30	Rohr bei Hartberg (ID 6072702)	219
9.2.5.5.31	Schildbach 1 (ID 6071102)	219
9.2.5.5.32	Schildbach 2 (ID 6071103)	220
9.2.5.5.33	Speilbrunn (ID 6050202)	220
9.2.5.5.34	St. Marein 1 (ID 6064003)	221
9.2.5.5.35	St. Marein 2 (ID 6064004)	222
9.2.5.5.36	Übersbach (ID 6051430)	222
9.2.5.5.37	Unterlimbach (ID 6071801)	223
9.2.5.5.38	Unterlungitz (ID 5031)	223
9.2.5.5.39	Unterrohr (ID 6072701)	224
9.2.5.5.40	Urscha 1 (ID 6172501)	225
9.2.5.5.41	Urscha 2 (ID 6172502)	226
9.2.5.5.42	Waltersdorf Nord (ID 6074805)	227
9.2.5.5.43	Waltersdorf Süd (ID 6074806)	228
9.2.5.5.44	Wörth (ID 6075001)	229
9.2.5.5.45	Wünschendorf – Hofstätten 4 (ID 6171903)	229
9.2.5.6	Zusammenfassung der ermittelten hydraulischen Eigenschaften	230
9.3	Regionalisierung von Aquifereigenschaften	233

9.3.1	Korrelationsunterstützung mit Hilfe geostatistischer Methoden	233
9.3.1.1	Problemstellung	233
9.3.1.2	Vertikal-ebene Strukturanalyse	235
9.3.1.3	Kriging-Schätzung, Zusammenfassung	237
9.3.2	Geostatistische Auswertung der Untergrundeigenschaften	239
9.3.2.1	Methodik - Analyse von Bohrprofilen	239
9.3.2.2	Aquifereigenschaften, Aquifermächtigkeiten	243
9.4	Hydrogeologisches Arbeitsmodell	247
9.4.1	Einleitung	247
9.4.2	Modellabgrenzung und Randbedingungen	247
9.4.3	Aquiferkorrelation, Aquifergeometrie und Aquiferverbreitung	247
9.4.3.1	Methodik der Korrelation	247
9.4.3.2	Ergebnisdarstellung – Hydrogeologische Schnitte	255
9.4.3.3	Regionalisierung	258
9.4.3.4	Hydrografische Einheiten - Tiefengrundwasserkörper	263
9.4.4	Geohydraulische Eigenschaften	268
9.4.5	Grundwasserdynamik	269
9.4.5.1	Potenzialverteilung – Fließrichtungen	269
9.4.5.2	Fließgeschwindigkeit	272
9.4.5.2.1	Filtergeschwindigkeit	272
9.4.5.2.2	Abstandsgeschwindigkeit	273
9.4.5.3	Durchflussmengen	274
9.4.5.4	Spezifische Durchflussmengen	278
9.4.5.5	Hydrogeologisches Detailmodell "Mittleres Feistritztal"	280
9.4.6	Informationsdefizite und Modellprüfung	283
9.4.7	Prognosen und Modellpflege	285
9.4.8	Zusammenfassung des hydrogeologischen Modells und Empfehlungen	285
10	Grundwasserneubildung und Einzugsgebiete	289
10.1	Mechanismen der Grundwasserneubildung und deren Bedeutung	289
10.1.1	Einfluss seichterliegender Komponenten des aquatischen Systems	289
10.1.1.1	Analysen von Ganglinien	289
10.1.1.2	Verlauf der Ganglinien	290
10.1.1.2.1	Detailauswertung Feistritztal	290
10.1.1.2.2	Detailauswertung Rittscheintal	296
10.1.1.2.3	Detailauswertung Lafnitztal	297
10.1.1.2.4	Detailauswertung Safental	299
10.1.2	Quantitative Bedeutung der seichtliegenden Grundwasserkörper	301
10.1.2.1	Verteilung der seichtliegenden Grundwasserkörper	301
10.1.2.2	Beurteilungsmethodik der seichten Grundwasserkörper	302
10.1.2.3	Begleitende Grundwasserkörper entlang der Hauptflüsse	304
10.1.2.3.1	Raabtal	304
10.1.2.3.2	Lafnitztal	305
10.1.2.3.3	Stremtal	307
10.1.2.3.4	Pinkatal	308
10.1.2.3.5	Feistritztal	309
10.1.2.3.6	Andere Flüsse im NANUTIWA-Gebiet	310
10.1.2.3.7	Abstrom des seichten Grundwassers nach Ungarn	310
10.1.2.3.8	Zusammenfassung	311
10.1.2.4	Hydraulische Zusammenhänge zwischen seichtliegenden Grundwasserkörpern und Tiefengrundwasserkörpern	313
10.1.3	Bedeutung der Flüsse für die Genese der Tiefengrundwässer	314
10.1.3.1	Abflussmessungen (Detailmessungen)	314
10.1.3.1.1	Grundlegendes	314
10.1.3.1.2	Lafnitz	315
10.1.3.1.3	Strem	318
10.1.3.2	Ergebnisse der Abflussmessungen	320

10.1.4	Niederschlag.....	320
10.1.5	Analyse der hydraulischen Rahmenbedingungen.....	321
10.1.6	Bedeutung der geologischen Einheiten im Einzugsgebiet für die Grundwasserneubildung.....	324
10.1.7	Beschreibung und Bedeutung möglicher Wasserpfade für die Neubildung der Tiefengrundwässer.....	327
10.1.7.1	Allgemeines.....	327
10.1.7.2	Wasserpfad 1 – Niederschlag gelangt in die Flüsse.....	328
10.1.7.3	Wasserpfad 2 – Niederschlag versickert im Bereich der Grundgebirgsumrahmung.....	328
10.1.7.4	Wasserpfad 3 – Grundwasser tritt aus dem Grundgebirge direkt in die Tiefenaquifere über.....	329
10.1.7.5	Wasserpfad 4 – Grundwasser tritt aus der Grundgebirgsumrahmung direkt in seichtliegende Grundwasserkörper über.....	331
10.1.7.6	Wasserpfad 5 – Seichtliegende Grundwasserkörper alimentieren die Tiefenaquifere.....	332
10.1.7.7	Wasserpfad 6 – Niederschlag alimentiert die seichten Grundwasserkörper.....	333
10.1.7.8	Wasserpfad 7 – Flüsse alimentieren die Grundwasserkörper im Grundgebirge.....	335
10.1.7.9	Wasserpfad 8 – Flüsse alimentieren die seichten Grundwasserkörper.....	336
10.1.7.10	Wasserpfad 9 – Niederschlag alimentiert direkt die Tiefenaquifere.....	337
10.1.7.11	Wasserpfad 10 – Flüsse alimentieren direkt die Tiefenaquifere.....	338
10.1.8	Resultierende Überlegungen.....	339
10.2	Hydrologische Datenbasis und Rahmenbedingungen.....	340
10.2.1	Meteorologische Rahmenbedingungen.....	340
10.2.2	Niederschlagsdaten.....	344
10.2.3	Landnutzung.....	346
10.2.4	Abgrenzung von Einzugsgebieten.....	346
10.2.4.1	Orografische Einzugsgebiete.....	346
10.2.4.2	Hydrografische Einzugsgebiete.....	349
10.2.5	Einzugsgebiete, Abflussdaten.....	349
10.3	Wasserbilanz.....	353
10.3.1	Methodische Ansätze.....	353
10.3.2	Steiermark und Burgenland.....	354
10.3.2.1	Analyse der Oberflächenabflüsse.....	354
10.3.2.2	Evapotranspiration.....	354
10.3.2.2.1	Ermittlung der Verdunstung in Teileinzugsgebieten.....	355
10.3.2.3	Grundwasserneubildung – Bereich Steiermark (MoMnQ-Verfahren nach W. Wundt).....	358
10.3.2.4	Klimatische Wasserbilanz – Bereich Burgenland (Variante 1).....	359
10.3.3	Burgenland.....	360
10.3.3.1	Ermittlung der Wasserbilanz-Parameter (Variante 2).....	360
10.3.3.1.1	Niederschlag.....	361
10.3.3.1.2	Oberflächenabfluss.....	361
10.3.3.1.3	Verdunstung.....	361
10.3.3.1.4	Darstellung der Grundwasserneubildung.....	362
10.3.4	Wasserbilanz im NANUTIWA-Gebiet.....	364
10.3.4.1	Langfristige Betrachtung.....	364
10.3.4.2	Abflussdifferenzen, Abflusspenden - Detailanalyse des Jahres 1993.....	365
10.4	Methodische Zusammenschau.....	369
10.5	Numerische Grundwassermodelle und Quantifizierung der Fließwege.....	370
10.5.1	Grundwassermodell Feistritztal.....	370
10.5.1.1	Vorhergehende Arbeiten.....	370
10.5.1.2	Die Modellierungssoftware.....	370
10.5.1.3	Räumliche Abgrenzung des Modellgebietes.....	371
10.5.1.4	Schematisierung der unterirdischen Strukturen.....	371

10.5.1.5	Diskretisierung des Modellgebietes	373
10.5.1.6	Hydraulische Eigenschaften	374
10.5.1.7	Randbedingungen	375
10.5.1.8	Wasserentnahmen im Modellgebiet	376
10.5.1.9	Kalibrierung des Modells	376
10.5.1.10	Erkenntnisse aus der Modellentwicklung und der Kalibrierung	379
10.5.2	Erfahrungen - Modell Mittleres Safental	380
10.5.3	Hydraulische Simulation von Vertikalschnitten (Profilmodelle)	381
10.5.3.1	Allgemeines	381
10.5.3.2	Profilmodell Oberes Lafnitztal	382
10.5.3.2.1	Variantenbeschreibung V02	383
10.5.3.2.2	Variantenbeschreibung V03	384
10.5.3.2.3	Variantenbeschreibung V04	385
10.5.3.2.4	Zusammenfassung der Ergebnisse	387
10.5.3.3	Profilmodell Pinkatal	387
10.5.4	Übertragung der Erfahrungen aus dem Bereich der Modellierung in seichtliegenden Grundwassersystemen und Tiefengrundwasser	390
10.5.5	Zusammenfassende Bewertung von Grundwassermodellen im Bereich von Tiefenaquiferen	390
11	Chemisch-physikalische Gliederung der Wässer	391
11.1	Allgemeines	391
11.2	Datenbasis PRODATA	391
11.3	Probennahmearbeiten – Analysen	392
11.4	Auswertemethodik	392
11.5	Kombinierte Interpretation der Daten	392
11.5.1	Hydrochemische Typisierung	393
11.5.1.1	Gesamtmineralisierung, Elektrische Leitfähigkeit	393
11.5.1.2	Verteilung der Hauptionen - Wassertypisierung	395
11.5.1.3	Stickstoff-Verbindungen	399
11.5.1.4	Sulfat-Gehalte	401
11.5.1.5	Mangan, Eisen	403
11.5.1.6	pH-Werte, CO ₂ -Sättigungsindizes	404
11.5.1.7	Halogenierte Kohlenwasserstoffe, Pestizide	406
11.5.1.8	Fluorchlorkohlenwasserstoffe (CFC)	407
11.5.1.9	Bakteriologische Befunde	407
11.5.1.10	Stabile Isotope	408
11.5.1.11	Tritiumverteilung	412
11.5.1.12	¹³ C/ ¹⁴ C – Verteilung	415
11.5.1.13	Zeitliche Veränderungen isotoopenhydrologischer Parameter	418
11.5.1.14	Detailbetrachtungen ausgewählter Profile	421
11.5.1.14.1	Detailbetrachtung Fürstenfeld	421
11.5.1.14.2	Detailbetrachtung Grafendorf-Seibersdorf	424
11.5.1.14.3	Detailbetrachtung Hirnsdorf	426
11.6	Zusammenfassung	428
12	Darstellung der gegenwärtigen Nutzung, Erschließungspotenzial und Übernutzungsgebiete	429
12.1	Einleitung	429
12.2	Förderdaten und Fördergeschichte	429
12.3	Datenbasis, Datenqualität und Auswertemethodik	432
12.4	Nutzungsarten	433

12.5	Nutzungsgrad.....	436
12.6	Wasserverbände, Entnahmen aus geschlossenen Systemen.....	438
12.7	Verteilung der Entnahmemengen in den Verwaltungseinheiten	442
12.7.1	Freier Überlauf – Offene Systeme.....	442
12.7.2	Pumpentnahmen – Geschlossene Systeme	446
12.7.3	Gesamtentnahme (Ermittlungsvariante 1).....	448
12.7.4	Gesamtentnahme (Ermittlungsvariante 2).....	449
12.7.5	Vergleich der Gesamtentnahmen (Ermittlungsvariante 1–Ermittlungsvariante 2).....	451
12.8	Bedarfsanalyse – Entnahmemenge - Versorgungsgrad	453
12.8.1	Entnahmemenge	453
12.8.2	Bedarfsstruktur - Bedarfsanalyse	454
12.9	Tiefengrundwasserreserven	460
12.10	Erforderliche Aufbereitungsmaßnahmen	462
12.11	Notwasservorsorge	463
12.11.1	Zielsetzung	463
12.11.2	Beschreibung relevanter Szenarien für das Erfordernis einer Trinkwassernotversorgung und Ermittlung des Notwasserbedarfes im Untersuchungsgebiet.....	464
12.11.3	Eignungskriterien von Gewinnungsanlagen als Notversorgungsbrunnen	466
12.11.4	Darstellung geeigneter Wassergewinnungsanlagen für die Trinkwassernotversorgung.....	467
12.11.5	Umsetzung von Trinkwassernotversorgungsplänen	471
13	EU-Wasserrahmenrichtlinie im Projekt „NANUTIWA“	473
13.1	Allgemeines	473
13.2	Definition und erstmalige Beschreibung der Grundwasserkörper.....	473
13.3	Nachhaltige Bewirtschaftung - Hydraulischer Gleichgewichtszustand.....	476
13.4	Monitoring	477
13.4.1	Quantitatives Monitoring.....	477
13.4.1.1	Darstellung des bestehenden Monitoring	477
13.4.1.2	Vorschlag für das quantitative Monitoring.....	480
13.4.1.2.1	Lage von Messstellen der Dauerbeobachtung	480
13.4.1.2.2	Messintervalle, Messparameter	481
13.4.1.2.3	Auswertemethodik	481
13.4.2	Qualitatives Monitoring	482
13.4.2.1	Eignungsbewertung bestehender Messstellen	482
13.4.2.2	Vorschlag für das qualitative Monitoring	483
13.4.2.2.1	Lage von Messstellen	483
13.4.2.2.2	Messintervalle	483
13.4.2.2.3	Messparameter	485
13.4.2.2.4	Auswertemethodik	486
13.4.3	Monitoring – Zusammenfassung	487
13.5	Bewertung der Nachhaltigkeit der Bewirtschaftung.....	487
13.5.1	Methodische Vorgangsweise, Datenbasis	487
13.5.2	Auswertungsmethodik am Beispiel Brunnen B7 (WV Südliches Burgenland 1).....	489
13.5.2.1	B 7 – Wasserverband Südliches Burgenland 1 – Oberwart	493
13.5.2.2	B 1 – Wasserverband Stögersbachtal – Markt Allhau	495
13.5.2.3	Brunnenfeld Heiligenkreuz – Wasserverband Unteres Lafnitztal	496
13.5.2.3.1	B 7 – Wasserverband Unteres Lafnitztal – Brunnenfeld Heiligenkreuz ...	497
13.5.2.3.2	B 12 – Wasserverband Unteres Lafnitztal – Brunnenfeld Heiligenkreuz .	500

13.5.2.3.3	B 16 – Wasserverband Unteres Lafnitztal – Brunnenfeld Heiligenkreuz	502
13.5.2.3.4	B 19 – Wasserverband Unteres Lafnitztal – Brunnenfeld Heiligenkreuz	504
13.5.2.3.5	B 21 – Wasserverband Unteres Lafnitztal – Brunnenfeld Heiligenkreuz	506
13.5.2.3.6	B 23 – Wasserverband Unteres Lafnitztal – Brunnenfeld Heiligenkreuz	508
13.5.2.4	Gesamtbetrachtung Brunnenfeld Heiligenkreuz	510
13.5.3	Nachhaltige Nutzung - Grundlegende Aussagen	511
14	Gesamtzusammenfassung	513
15	Abbildungsverzeichnis	519
16	Tabellenverzeichnis	541
17	Verwendete Literatur, Studien, Beiträge	544
17.1	Geologie, Sedimentologie	544
17.2	Literatur Tektonik - Geodynamik	548
17.3	Hydraulische Auswertungen	549
17.4	Wasserwirtschaftliche Studien, EU-Wasserrahmenrichtlinie	551
17.5	Hydrochemie, Isotopenhydrologie	553
17.6	Geothermie	554
17.7	Hydrologie	555
17.8	Hydrogeologie	555
17.9	Einzugsgebiete, Neubildung, Schutz	556
17.10	Geophysik	557

1 Allgemeines, Einleitung

Mit den Teilaufträgen vom Amt der Burgenländischen Landesregierung (8. Februar 2000), vom Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (12. Dezember 2000), vom Lebensministerium (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft, 12. Dezember 2000) und vom Amt der Steiermärkischen Landesregierung (1. Juni 2001) wurde das Institut für Hydrogeologie und Geothermie der JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH mit der Durchführung des Projektes „Hydrogeologische Grundlagen für eine nachhaltige Nutzung der Tiefengrundwässer im Bereich des Oststeirischen und Pannonischen Beckens“ beauftragt.

Von Seiten der Auftraggeber waren folgende Personen Hauptansprechpartner:

- Dr. Hans Peter Heitzinger (Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit)
- Dr. Rudolf Philippitsch (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft)
- Dr. Gunther Suetter (Amt der Steiermärkischen Landesregierung)
- Dipl.-Ing. Dr. Helmut Herlicska (Amt der Burgenländischen Landesregierung)

Die Bearbeitung des Projektes, welches über eine Gesamtdauer von 3 Jahren konzipiert wurde, erfolgte durch folgende Institute bzw. Firmen:

- Joanneum Research GmbH - Institut für Hydrogeologie und Geothermie; Graz / (IHG)
Projektverantwortlicher, Projektmanagement: Dipl.-Ing. Gunnar Domberger
- Joanneum Research GmbH - Institut für Angewandte Geophysik; Leoben / (GPH)
Projektverantwortlicher: Dipl.-Ing. Marcellus Schreilechner

Die beiden Institute von Joanneum Research wurden im Jahr 2003 zu einem Institut, dem Institut für WasserRessourcenManagement (WRM) vereinigt. Aus diesem Grund werden im vorliegenden Bericht sowohl die Kürzel WRM als auch IHG und GPH verwendet.

- Dr. P. Niederbacher - Ingenieurkonsulent für Technische Geologie; Klosterneuburg / (NIE)
- Geoteam Ges.m.b.H., Gleisdorf / (GET)
Projektverantwortlicher: Mag. Christian Kriegl
- Dr. J. Meyer, Ingenieurkonsulent für Technische Geologie – Wien / (MEY)

- Dipl.-Ing. W. Erhart-Schippek, Mascha & Partner - Ziviltechniker Ges.m.b.H., Judendorf / (ESW)
- Technische Universität Graz – Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau, Graz / (SWW)
Projektverantwortlicher: Dr. Vilmos Vasvari



Abbildung 1: Auftraggebervertreter und Bearbeitungsteam

Von links nach rechts: Kriegl (Geoteam), Schild (Amt der Steiermärkischen Landesregierung), Suetter (Amt der Steiermärkischen Landesregierung), Niederbacher (Büro Niederbacher), Erhart-Schippek (Büro Erhart-Schippek), Meyer (Büro Meyer), Philippitsch (Lebensministerium), Domberger (Joanneum Research), Herlicska (Amt der Burgenländischen Landesregierung), Vasvari (TU Graz), Schreilechner (Joanneum Research). Anmerkung: Leider liegt kein Foto vor auf dem auch Dr. Heitzinger (Auftraggebervertreter des BMWA) vertreten ist.

Aus praktischen Erwägungen und Gründen der allgemeinen Darstellungsmöglichkeiten und Präsentation des Projektes wurde die Projektkurzbezeichnung NANUTIWA (**NA**chhaltige, **NU**tzung, **T**iefen**WA**sser) definiert. Weiters werden die in obiger Auflistung der Projektpartner in Klammer angegebenen Kürzel im Folgenden verwendet um den Bezug zur bearbeitenden Institution herzustellen.

Das Projektlogo, welches aus ähnlichen Gründen entworfen wurde, resultiert aus den Fahnen der Auftraggeberländer bzw. des Bundes (Länderflaggen bzw. Bundesfahne), sowie aus einer schematischen Darstellung der Genese und der Nutzung der Tiefengrundwässer im Untersuchungsgebiet.



Abbildung 2: NANUTIWA-Logo

In diesem Endbericht sind die Teilberichte der NANUTIWA-Partner verarbeitet, welche auf elektronischem Weg an das WRM übermittelt wurden.

2 Projektverlauf

2.1 Beauftragungsphase

Nach der Übermittlung des 4. Teilauftrages durch das Amt der Steiermärkischen Landesregierung im Juni 2001 war NANUTIWA zur Gänze und damit rechtsverbindlich beauftragt und es begann die Entwicklung und Vergabe von Subaufträgen von Joanneum Research an die Projektpartner von NANUTIWA. Basis dieser Subverträge waren einerseits die rechtlichen Rahmenbedingungen (Verträge zwischen den Auftraggebern und Joanneum Research GmbH) und andererseits die fachlichen Vorgaben, die im wesentlichen im Arbeitsprogramm definiert sind.

Im Rahmen der Bearbeitung erfolgten zahlreiche Arbeitsbesprechungen mit dem gesamten Team der bearbeitenden Institutionen, zahlreiche Besprechungen in kleineren Arbeitsgruppen und etwa halbjährliche Präsentationen mit Teilnahme aller Auftraggeber.

2.2 Arbeitsprogramm

Das Arbeitsprogramm von NANUTIWA, welches am WRM in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern erstellt wurde, ist Bestandteil der Subverträge zwischen den Projektpartnern und dem WRM.

Das Arbeitsprogramm ist als Leistungsverzeichnis von NANUTIWA zu sehen. Für die jeweiligen aktuellen Projektabschnitte wurde das Arbeitsprogramm möglichst detailliert formuliert und die jeweiligen geplanten Endprodukte definiert. Im Rahmen der weiteren Projektabschnitte erfolgt eine bedarfsgerechte Modifikation des Arbeitsprogramms, da der Ablauf eines derartigen Projektes nicht über die gesamte Projektlaufzeit geplant werden konnte, sondern entsprechend den Anforderungen, Möglichkeiten und Fragestellungen angepasst werden musste.

Ein wesentlicher Bestandteil der Endprodukte ist die Verarbeitung und Interpretation des erhobenen und erarbeiteten Informationspools in einem geografischen Informationssystem (GIS) und in entsprechenden Datenbanken.

2.3 Verwendete Software

Innerhalb der ersten Projektbesprechungen wurden jene Software-Pakete definiert, welche für die Bearbeitung von NANUTIWA von allen Partnern zu verwenden sind. Dies war aus Gründen der Kompatibilität der unterschiedlichen Dokumente erforderlich.

Diese Software-Pakete sind:

Allgemeine Software: Microsoft Office 2000 (MS Word, MS Excel, MS Access, MS Powerpoint)

Geografisches Informationssystem: ARC-View 3.2. Im Rahmen der Bearbeitung wurde z.T. das modernisierte Softwarepaket ARCGIS 8.x. zur GIS-Bearbeitung herangezogen. Weiters wurde diverse Spezialsoftware für die Projektbearbeitung herangezogen (z.B. ZR-Tools zur Zeitreihendarstellung, AQUACHEM zur Interpretation hydrochemischer Daten, FEFLOW und MODFLOW zur hydraulischen Modellierung usw.).

2.4 Projektorganisation

Die Projektorganisation wurde vom WRM durchgeführt. Projektverantwortlicher am WRM war Dipl.-Ing. Gunnar Domberger.

NANUTIWA wurde entsprechend dem Projektantrag in Themenbereiche gegliedert. Für diese Themenbereiche (TB) wurden TB-Verantwortliche Projektpartner definiert, welchen die Wahrnehmung fachlicher, organisatorischer und redaktioneller Aspekte innerhalb der Themenbereiche übertragen wurde.

Für die Themenbereiche gemäß dem Arbeitsprogramm sind dies:

Geologische Struktur	NIE
Aquifersystemanalyse	GET
Einzugsgebiet und Grundwasserneubildung	WRM (früher IHG)
Nutzung	ESW
Datenbank und Ergebnisdarstellung	ESW
Projektmanagement	WRM

3 Projektgebiet

Das Projektgebiet von NANUTIWA befindet sich im Südburgenland und der Oststeiermark und erstreckt sich von den östlichen Ausläufern der Ostalpen bis an die Staatsgrenze von Ungarn. Im Norden ist das Projektgebiet vom Einzugsgebiet der Pinka und im Süden vom Einzugsgebiet der Raab begrenzt.



Abbildung 3: NANUTIWA-Gebiet in Österreich

Das **erweiterte Projektgebiet** von NANUTIWA umfasst im wesentlichen das hydrografische Einzugsgebiet der Raab auf österreichischem Staatsgebiet (siehe Abbildung 4– Gelbe Grenze) und erstreckt sich bis zur Wasserscheide der Mürz bis in das Semmering-Gebiet. Das eigentliche Untersuchungsgebiet befindet sich im Bereich des tertiären Sedimentbeckens (Abbildung 4 – Rote Grenze).

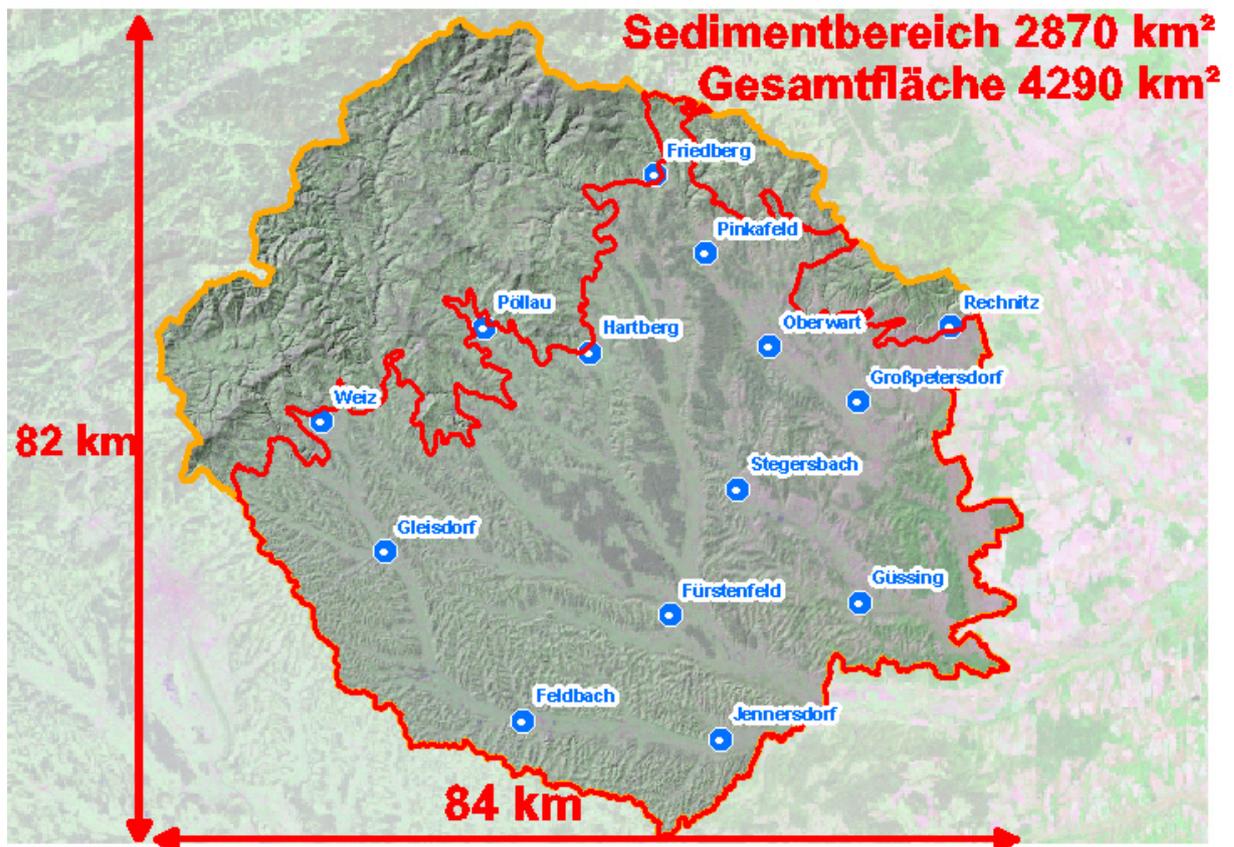


Abbildung 4: Projektgebiet von NANUTIWA im Detail

Im **eigentlichen Projektgebiet** befinden sich die Tiefengrundwasseraquifere, denen das Hauptaugenmerk in NANUTIWA gewidmet ist. Das eigentliche Projektgebiet umfasst die Oststeiermark und das südliche Burgenland. Konkret sind dies die Bezirke Weiz, Fürstenfeld, Hartberg, Feldbach, Jennersdorf, Güssing und Oberwart. Teilgebiete des eigentlichen Projektgebietes von NANUTIWA erstrecken sich auf benachbarte Bezirke (z.B. Graz-Umgebung, Oberpullendorf), sowie ein kleiner Teil in das im Norden angrenzende Niederösterreich. Im eigentlichen Projektgebiet werden die Detailuntersuchungen an Tiefengrundwasseraufschlüssen durchgeführt. Der Großteil der projektrelevanten Fragestellungen befasst sich mit den hydrogeologischen Zusammenhängen und Bedingungen in diesem Bereich.

Im **erweiterten Projektgebiet** wurden kaum Detailerhebungen und Detailuntersuchungen durchgeführt, da hier keine Tiefengrundwasseraufschlüsse vorhanden sind. Da hier jedoch das Einzugsgebiet aller Flüsse des NANUTIWA-Gebietes liegt, war es erforderlich, dieses erweiterte Untersuchungsgebiet für die Bearbeitung von Detailfragestellungen (z.B. Isotopenhydrologie, Wasserbilanzen, Anreicherung, Großraumtektonik) einzubeziehen.

Das Projektgebiet von NANUTIWA erstreckt sich über ein Gebiet von etwa 82x84 km und weist eine Gesamtfläche von 4290 km² auf. Das eigentliche Projektgebiet (Sedimentbecken) besitzt eine Fläche von 2870 km², also etwa 2/3 des erweiterten Projektgebietes.

4 Daten- und Literaturerhebungsphase

4.1 Allgemeines

Einen wesentlichen Bestandteil der ersten Projektphase bildeten die Erhebungsarbeiten, die einer Archivierung bzw. Katalogisierung vorhandener Unterlagen, Berichte, Studien und Publikationen dienten.

Um für die Bearbeitung von NANUTIWA ein möglichst vollständiges Archiv bestehender Unterlagen verfügbar zu machen, erhoben die einzelnen Projektpartner bei allen relevanten Ämtern und Organisationen die dort vorliegenden Werke. Weiters wurden jene Werke, die bei den Projektpartnern selbst vorlagen, erhoben und archiviert.

Die Verwaltung dieser Werke erfolgt in LIMEDATA, welche in Kapitel 5 des vorliegenden Berichtes beschrieben wird.

Die Partner führten die Erhebungsarbeiten bei folgenden Institutionen durch:

SWW	Wasserwirtschaftskataster
GPH	Montanuniversität Leoben
GET	Landesmuseum Joanneum, Inst.f. Geologie und Paläontologie KFU Graz
IHG	Amt der Steiermärkischen Landesregierung
NIE	Geologische Bundesanstalt, Arsenal, RAG, OMV
MEY	Amt der Burgenländischen Landesregierung, Landeswasserbaubezirksamt
ESW	Nutzungserhebung: Wasserverbände
MEY	Nutzungserhebung: Wasserverbände

4.2 Erhebung beim Amt der Steiermärkischen Landesregierung

Die Erhebungsarbeit beim Amt der Steiermärkischen Landesregierung erfolgte im Juli und August 2001 durch WRM und ist in LIMEDATA dokumentiert.

Beim Amt der Steiermärkischen Landesregierung FA 19A (vormals FA IIIa) liegen einerseits eine Vielzahl von Studien, Berichten und Gutachten vor. Andererseits liegen die Informationen aus den Versuchsbohrungen, welche im Auftrag des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung abgeteuft wurden, vor. Die Informationen bezüglich dieser Versuchsbohrungen sind in entsprechenden Ordnern zusammengefasst. Im Rahmen der Abteufung dieser Bohrungen wurden Pumpversuche durchgeführt, Bohrprofile dokumentiert usw.. Diese Unterlagen liegen ebenfalls jeweils gesammelt vor und stellen eine sehr wichtige Basis für die weiteren Untersuchungen im steirischen Teil des

Untersuchungsgebiets dar. In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, dass der in den meisten dieser Bohrungen bzw. Pegel praktizierte selektive Ausbau einzelner Aquifere die definierte Probennahme, hydraulische Auswertungen etc. begünstigt und Mehrdeutigkeiten der Interpretation reduziert.

4.3 Erhebung am Institut für WasserRessourcenManagement (WRM-IHG)

Am WRM (IHG) erfolgte die systematische Erhebung vorliegender Unterlagen ebenfalls im Sommer 2001. Neben den aktuellen Untersuchungen wurden alle bisher am IHG durchgeführten Untersuchungen erhoben. Dies beinhaltet z.T. sehr alte Untersuchungen in z.T. noch handschriftlicher Form, sowie alle Projekte seit den 70er Jahren bis zum aktuellen Zeitpunkt.

Diese Unterlagen wurden ebenfalls in LIMEDATA eingetragen.

4.4 Erhebung beim Amt der Burgenländischen Landesregierung

Erfahrungen aus dem Projekt „Artesische Wässer im Südburgenland – Erstellung wasserwirtschaftlicher Fachunterlagen“ - Endbericht vom Oktober 1996 - zufolge wurde und wird folgende Erhebungsstrategie verfolgt:

- Ersterhebung beim Amt der Burgenländischen Landesregierung bezüglich Wasserrechtsakte und den damit in Verbindung stehenden technischen Unterlagen
- anschließende Erhebung beim Landeswasserbaubezirksamt Oberwart, weiterführende technische Unterlagen, Dokumentationen Bohrlochversuche, Messungen
- anschließende Direkterhebung bei Wasserverbänden und kommunalen Wasserversorgern

Nicht geplant war die vertiefende Erhebung alter Einzelwasserversorgungsanlagen und privat genutzter Einzelarteeser mit geringer Schüttungs- und/oder Nutzungsmenge über die nunmehrige Revision im Wasserbuch hinaus, da diese bereits in den bestehenden Unterlagen (Datenbank MEY) dokumentiert sind.

Die Erhebungsergebnisse wurden per Laptop in PRODATA (siehe Kapitel 7) erfasst und sind entsprechend verfügbar.

4.5 Erhebung Wasserwirtschaftskataster

Die Erhebung der Daten und Publikationen, die im Wasserwirtschaftskataster des BMLFUW – Lebensministerium - veröffentlicht wurden, wurde vom Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau (SWW) durchgeführt.

Diese Akquirierung erfolgte systematisch in den wasserwirtschaftlichen Katalogdokumentationen, die vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft herausgegeben werden, wobei zuerst zwei Hauptkriterien zur Auswahl standen.

Folgende Kategorien waren bei der Suche relevant:

Hauptflussgebiet bzw. Bundesgebiet, Bundesländer

- Raab
- Österreich
- Steiermark
- Burgenland

Sachgebietsgruppen

- Geologie
- Hydrologie
- Siedlungswasserwirtschaft
- Allgemeine Wasserwirtschaft

Nach Erhebung der Daten nach diesen Kriterien konnten 42 Datensätze für das Projekt NANUTIWA in LIMEDATA ergänzt werden.

4.6 Erhebung beim Institut für Angewandte Geophysik (WRM - GPH)

Am WRM (GPH) wurden alle geophysikalischen Daten, die einen Bezug zu Tiefengrundwässern haben, erhoben und für weitere Bearbeitungen aufbereitet. Analoge Lagepläne wurden digitalisiert und ins Geografische Informationssystem integriert. Es handelt sich dabei um 127 Bohrungen mit geophysikalischen Bohrlochmessungen und 143 km Reflexionsseismik von Joanneum Research. Von vorhandenen reflexionsseismischen Aufnahmen der OMV und RAG wurden Lagepläne in Form von GIS-Daten mit einer Gesamtprofillänge von 2254,3 km (OMV 573,8 km; RAG 1680,5 km) erstellt (siehe Beilage WRM 3).

4.6.1 Bohrlochmessungen von WRM-GPH

Die Erhebung von in nachfolgender Tabelle aufgelisteten Bohrungen mit geophysikalischen Bohrlochmessungen wurde vom Institut für WRM durchgeführt. Die Erhebungsergebnisse liegen in digitaler Form vor. Es handelt sich dabei um 127 Bohrungen im gegenständlichen Untersuchungsgebiet. Da ein generelles Problem mit der eindeutigen Zuordnung der Bohrungen über den Bohrungsnamen bestehen kann, wurden in diese Tabelle neben Bohrungsnamen auch sog. Vulgonamen mit aufgenommen. In PRODATA erfolgte eine entgeltliche Zuordnung soweit dies möglich

war. Es ist darauf zu achten, dass sich die Messtiefe der geophysikalischen Bohrlochmessungen von der Bohrtiefe unterscheiden kann. Als Beispiel sei hier die Bohrung KAAG 2 angeführt, die nach erfolgter geophysikalischer Bohrlochmessung von 200 m Bohrtiefe auf 160 m aufgefüllt wurde. Diese Bohrung wird in der PRODATA mit 160 m Tiefe geführt, wobei die geophysikalischen Bohrlochmessungen eine Tiefe von 200 m ausweisen.

Bohrungsname	Rechtswert	Hochwert	Seehöhe	Endtiefe
SULZ 1 (ERKUNDUNGSBOHRUNG)	705104	213955	350	180
BACHSELTEN SB 01 (BO-GÜT-002)	749675	226534	311	292
BACHSELTEN SB 04 (BO-GRP-001)	747807	230835	269	315
BAD TATZMANNSDORF B1 (AT-BTA-001)	742306	244040	345	113
BAD TATZMANNSDORF B5-b	742000	244600	345	188
BAD TATZMANNSDORF, THERMAL 1	741870	241570	320	480
BIERBAUM / BLUMAU	730915	216460	272	35
BLAINDORF	713904	226495	335	130
BLUMAU 3	728684	220337	270	1205
BLUMAU TH2	730345	219634	270	2743
BLUMAU	728777	219336	270	190
BURGAU 3	732711	222633	270	82
DIENERSDORF	717270	233660	355	70
DOMBACHTAL 3	722422	231523	310	150
EBERSDORF BRUNNEN	721264	229265	310	25
EGGENDORF	724992	238663	334	201
EISENZICKEN 1 (WV Südl. Bgld.1 - Br.13a)	743867	237621	294	172
FEHRING BADBRUNNEN	724900	199230	272	38
FLATTENDORF	717322	236580	350	200
FÜRSTENFELD Gem.10 (U1)	731297	212790	255	260
FÜRSTENFELD Gem.11	731106	212422	255	251
FÜRSTENFELD Gem.12	731123	212447	255	135
FÜRSTENFELD THERMAL 1	729434	214983	260	3145
GEISELDORF 1	725000	231300	305	80
GEISELDORF	724552	230888	305	148
GLEISDORF SÜSSWASSERBOHRUNG (Mühlhausenbrunnen)	702175	217565	362	175
GLEISDORF THERME 1	702170	217570	362	700
GRAFENSCHACHEN 2 136/334	729601	248312	405	172
GREINBACH1	723280	242694	414	222
GRIESELSTEIN TH1	734388	203654	331	1730
GROSSHART 1	720238	225376	405	200
GROSSHARTMANNSDORF 2	716962	221462	310	74
GROSSPETERSDORF	749422	233694	273	163
GROSSSTEINBACH 2,	716033	222712	321	65
GROSSWILFERSDORF	725468	215900	274	22
GÜSSING-GLASING BRUNNEN 1	752978	212049	209	245
GÜTTENBACH	746450	224004	252	241
HAINERSDORF	721081	218662	295	138
HAINFELD 1	722542	214877	277	221
HATZENDORF VERSUCHSBOHRUNG	725328	203819	289	160
HIRNSDORF 1	711715	229233	358	100

Bohrungsname	Rechtswert	Hochwert	Seehöhe	Endtiefe
HIRNSDORF 2	712740	227680	358	204
HIRNSDORF 3	712742	227681	358	58
HIRNSDORF 4	712744	227682	358	144
HOPFAU/HARTBERG	724016	235061	330	199
Jennersdorf 2	735025	201033	250	415
KAAG2	711580	208398	327	200
KAINDORF WEST 3	717436	232306	320	201
KAINDORF/KOPFING 1	718945	230272	320	152
KEMETEN BRUNNEN 10 (Oberwart B10)	738248	234908	315	150
KLEINSTEINBACH	729170	220823	280	232
KOHFIDISCH 1	751464	226739	254	129
KOHFIDISCH 5	751450	226740	254	100
KOHFIDISCH 6	751700	226300	258	158
KÖNIGSDORF 1 (BT-Kön 019)	738603	207904	235	137
KROISBACH	716162	224480	340	82
KUMBERG BACHWIRT 1	690599	223000	442	150
LAFNITZTAL BRUNNEN 12	743451	205037	224	164
LAFNITZTAL BRUNNEN 16	743706	204315	223	109
LAFNITZTAL BRUNNEN 17	742330	204848	225	106
LAFNITZTAL BRUNNEN 19	741927	205467	226	100
LASSNAITZHÖHE3	694985	216029	435	101
LASSNITZHÖHE VOIT	696855	215719	406	41
LEITERSDORF 1	726727	223661	285	150
LEITERSDORF 2 BAHNHOFSTRUNNEN	727019	223774	285	98
LÖFFELBACH 1	720289	237453	360	114
MARIASDORF	741654	247371	412	123
MARKT ALLHAU 1	731980	239429	348	148
MARKT ALLHAU 6	731530	239739	344	168
MARKT ALLHAU 7	730495	238269	340	205
MARKT HARTMANNSDORF 1	713020	212752	325	100
MARKT HARTMANNSDORF W	713000	213000	325	105
MITTERDOMBACH	719655	234419	332	150
MITTERFLADNITZ 1 GEM. EICHKÖGEL	709700	209000	360	150
NESTELBACH IM ILZTAL	715990	216865	300	102
NEUDAU HAMMERMÜHLE	732014	227902	295	150
NEUDAUBERG 167/321	734299	226699	285	82
OBERSCHÜTZEN B 1	741599	246000	380	173
OBERWART B1	739500	239500	327	201
OBERWART B8	740560	237665	311	150
OBERWART BOHRUNG 1 (Oberwart B7)	741448	237598	307	150
OBERWART NADASCH B 9 (Oberwart B9)	739250	236985	312	150

Bohrungsname	Rechtswert	Hochwert	Seehöhe	Endtiefe
OED 1 (Hartmannsdorf 3)	715393	212143	305	94
OED 5 (Hartmannsdorf 5)	715470	212520	305	250
PINKAFELD Brunnen 1 (Römerbrücke)	729747	248687	304	215
PINKAFELD Brunnen 2 (Jägerhütte)	731227	249002	444	293
PINKAFELD Brunnen 3 (Gfangen, Schweinsbach)	732085	249672	435	179
PISCHELSDORF 1 SÜD	709900	226160	378	150
PISCHELSDORF 2 NORD	710640	227330	425	150
PUCH 1	703430	231620	410	150
PUCH 2 (Unterfeistritz2)	704445	233545	440	150
RAABTAL 2 (Unt. Lafnitztal 21)	742057	204028	228	109
RAABTAL 4	741792	204779	227	106
RIEDLINGSDORF B1	733916	245632	370	160
ROHR 2	710500	204250	300	100
SANKT JOHANN IN DER HAIDE B 13	728200	238800	410	48
SANKT JOHANN IN DER HAIDE BAD 1	727579	238109	360	200
SANKT JOHANN/HERBERSTEIN	711390	230444	365	40
SANKT MAREIN 1	700720	208310	360	201
SCHILDBACH 1 (Stadtwerke 5)	721368	235923	355	100
SCHILDBACH 2 (Stadtwerke 6)	721734	236955	347	100
SINABELKIRCHEN/GNIES 1	714449	217082	325	160
SPEILBRUNN 1	728243	222692	283	200
ST. MARGARETHEN 1	705299	211700	360	200
STEGERSBACH (WV Thermenld. Versuchsbr.)	737567	223189	250	140
STEGERSBACH B1	737536	223170	250	125
STEGERSBACH B3	736988	224845	256	250
STEGERSBACH B4	737001	225328	256	198
ÜBERSBACH 1	729196	208951	256	209
UNTERLIMBACH 1	730066	227256	319	102
UNTERLUNGITZ 1	727080	240750	380	200
UNTERROHR 1	729276	234032	331	200
UNTERWART - BRUNNEN 1	743150	236500	298	30
UNTERWART - BRUNNEN 2 (Oberwart B6)	741964	236373	303	132
UNTERWART - BRUNNEN 2 (WV Südl. Bgld.1 - Br.2)	743017	236109	298	63
UNTERWART - BRUNNEN 2A (2B) ((WV Südl. Bgld.1 - Br.2a)	743045	236071	297	225
UNTERWART - BRUNNEN 3 (WV Südl. Bgld.1 - Br.1)	743263	236292	298	69
UNTERWART - BRUNNEN 4 (WV Südl. Bgld.1 - Br.4)	742686	235823	298	32
UNTERWART - BRUNNEN 4A (WV Südl. Bgld.1 - Br.4a)	742682	235810	299	354
UNTERWART - BRUNNEN 5	742324	236373	301	184
URSCHA 1 (Ungerdorf 1)	703115	216898	400	86
WALTERSDORF NOR	724663	226252	295	102
WALTERSDORF SÜD	725000	225000	285	150

Bohrungsname	Rechtswert	Hochwert	Seehöhe	Endtiefe
WIESFLECK	736500	250000	420	36
WÖRTH/LAFNITZ	730177	229689	315	156
WÜNSCHENDORF (Hofstätten 2)	704395	217653	357	133
WÜNSCHENDORF BRUNNEN 3 (Hofstätten 3)	704144	217758	360	100

4.6.2 Bohrlochmessungen die beim WRM-GPH vorliegen

Name	Rechts	Hoch	Seehöhe	Tiefe
Binderberg 1	733420	205006	312	1727
Lautenberg 1	733000	204698	365	1205
Jennersdorf 1	736303	199473	238	1770
Fürstenfeld Thermal 1	729434	214983	264	3145

4.6.3 Weitere Bohrungen mit Bohrlochmessungen

Name	Kurzname	Rechts	Hoch	Seehöhe	Tiefe
Stegersbach Thermal 1	STGB TH1	736955	22536	0	3200
Stegersbach Thermal 2	STGB TH2	736146	22550	0	1201
Übersbach RAG	Übersbach	729923	20985	271	2694

4.6.4 Reflexionsseismiklinien von WRM gemessen und digital vorhanden

Im Zuge dieses Projektes konnten, bis auf eine Ausnahme (Bachselten 4b), alle im Projektgebiet vorhandenen reflexionsseismischen Linien, die seit Bestehen des WRM-GPH-Institutes aufgenommen wurden, in digitaler Form zur weiteren Bearbeitung hergestellt werden. Es handelt sich dabei um 41 reflexionsseismische Linien mit einer Gesamtlänge der Aufnahmen von 138,5 km. Die Seismiklinien Unteres Lafnitztal UL9901 und Rittschein RI9901 wurden neu processed. Zwei landesübergreifende Verbindungsprofile mit einer Gesamtlänge von 2,46 km wurden im Zuge von NANUTIWA neu aufgenommen und in die Datenbearbeitungen inkludiert. Dabei handelt es sich um die Verlängerung der Seismiklinie RI9901 um 1560 m nach Osten, um eine Verbindung mit der Seismiklinie UL9901 zu ermöglichen. Weiters wurde die Seismiklinie FF0101 um 900 m nach Osten verlängert, um auch diese mit der Seismiklinie UL9901 verbinden zu können (siehe folgende Tabelle und Beilage WRM 3).

Gebiet der reflexionsseismischen Aufnahme (Projektgebiet)	Kurzbezeichnung	Aufnahme-datum	Processing	Interpretationsziel
Bad Tatzmannsdorf	BT0401	2004	2004	Geothermie
Zickenbach	ZI0401	2004	2004	Grundwasserprospektion
Oberwart	OB0401	2004	2004	Grundwasserprospektion
Oberes Lafnitztal	OL0201	2002	2002	Grundwasserprospektion
Oberes Lafnitztal	OL0202	2002	2002	Grundwasserprospektion
Oberes Lafnitztal	OL0203	2002	2002	Grundwasserprospektion
Oberes Lafnitztal	OL0204	2002	2002	Grundwasserprospektion
Oberwart	OB0401	2004	2004	Geothermie
Zickenbach	Zi0401	2004	2004	Grundwasserprospektion
Jennersdorf	JE0101	2001	2001	Grundwasserprospektion
Jennersdorf	JE0102	2001	2001	Grundwasserprospektion
Jennersdorf	JE0103	2001	2001	Grundwasserprospektion
Jennersdorf	JE0104	2001	2001	Grundwasserprospektion
Unteres Feistritztal	FF0101	2001	2001	Grundwasserprospektion
Unteres Feistritztal	FF0102	2001	2001	Grundwasserprospektion
Pinkafeld	PF0001	2000	2000	Grundwasserprospektion
Pinkafeld	PF0002	2000	2000	Grundwasserprospektion
Rittschein	RI9901	1999	2002	Grundwasserprospektion
Unteres Lafnitztal	UL9901	1999	2002	Grundwasserprospektion
Oberwart	OB9703	1997	1997	Grundwasserprospektion
Oberwart	OB9704	1997	1997	Grundwasserprospektion
Oberwart	OB9501	1995	1995	Grundwasserprospektion
Oberwart	OB9502	1995	1995	Grundwasserprospektion
Oberwart	OB9701	1997	1997	Grundwasserprospektion
Oberwart	OB9702	1997	1997	Grundwasserprospektion
Glasing	GL9601	1996	1996	Grundwasserprospektion
Bad Waltersdorf	BW9001	1990	1990	Geothermie
Bad Waltersdorf	BW9002	1990	1990	Geothermie
Ilz	IL9301	1993	1993	Geothermie
Bad Tatzmannsdorf	BT9301	1993	1993	Geothermie
Bad Tatzmannsdorf	BT8801	1988	1988	Geothermie
Bad Tatzmannsdorf	BT8802	1988	1988	Geothermie
Bad Tatzmannsdorf	BT8701	1988	1988	Geothermie
Stegersbach	STGB8801	1988	1988	Geothermie
Friedberg/Tauchen	Ft1	1986	1986	Kohleprospektion

Friedberg/Tauchen	Ft2	1986	1986	Kohleprospektion
Kaindorf (Safental)	KDF1	1984	2004	Arteser Oststeiermark
Kaindorf (Safental)	KDF2	1985	2004	Arteser Oststeiermark
Kaindorf	KDF3	1985	2004	Arteser Oststeiermark
Kaindorf (Dombachtal)	DOT1	1985	2004	Arteser Oststeiermark
Bachselten	B10	1984	1984	Kohleprospektion
Bachselten	B11	1984	1984	Kohleprospektion

4.6.5 Reflexionsseismiklinien (analog bei WRM-GPH vorhanden)

Die reflexionsseismische Aufnahme Bachselten 4b (4,5km) liegt in analoger Form, als sogenannte Papiersektion vor. Die Daten konnten nicht digital hergestellt werden.

Gebiet der reflexionsseismischen Aufnahme (Projektgebiet)	Kurzbezeichnung der Seismiklinie	Aufnahme- und Processing datum	Processing	Projektziel
Bach	Bach4b	1984	1984	Kohleprospektion

4.6.6 Reflexionsseismiklinien der OMV AG (digital bei WRM-GPH vorhanden)

Gebiet der reflexionsseismischen Aufnahme (Projektgebiet)	Kurzbezeichnung der Seismiklinie	Aufnahme -datum	Processing -datum	Projektziel
Jennersdorf	BS14	1972	1980	Erdöl/Erdgasprospektion
Jennersdorf	BS14a	1980	1980	Erdöl/Erdgasprospektion
Jennersdorf	BS16	1972	1981	Erdöl/Erdgasprospektion
Jennersdorf	BS17	1972	1981	Erdöl/Erdgasprospektion
Jennersdorf	BS34	1972	1980	Erdöl/Erdgasprospektion
Jennersdorf	BS41	1972	1980	Erdöl/Erdgasprospektion
Jennersdorf	BS49	1981	1981	Erdöl/Erdgasprospektion
Güssing	BS31	1980	1980	Erdöl/Erdgasprospektion
Oberwart	BS11	1972	1982	Erdöl/Erdgasprospektion
Oberwart	BS4	1972	1982	Erdöl/Erdgasprospektion
Oberwart	BSV30G	1975	1975	Erdöl/Erdgasprospektion

4.6.7 Reflexionsseismiklinien der OMV AG (analog bei WRM-GPH vorhanden)

Die untenstehenden reflexionsseismischen Linien der OMV liegen als Papiersektionen vor und müssten für eine weitere Bearbeitung gescannt und vektorisiert werden.

Gebiet der reflexionsseismischen Aufnahme (Projektgebiet)	Kurzbezeichnung der Seismiklinie	Aufnahme -datum	Processing -datum	Projektziel
Stegersbach W-O	BS2			Erdöl/Erdgasprospektion
Unters Lafnitztal	BS6	1971	1981	Erdöl/Erdgasprospektion
Stegersbach N-S	BS8			Erdöl/Erdgasprospektion
Oberwart	BS12	1972	1981	Erdöl/Erdgasprospektion
Südl. von Oberwart	BSV25	1975	1975	Erdöl/Erdgasprospektion
Südl. von Oberwart	BSV26	1974	1975	Erdöl/Erdgasprospektion
Südl. von Oberwart	BSV27	1974	1975	Erdöl/Erdgasprospektion
Südl. von Oberwart	BSV29	1974	1975	Erdöl/Erdgasprospektion
Südl. von Oberwart	BSV30	1975	1975	Erdöl/Erdgasprospektion
Güssing	BS45	1981	1981	Erdöl/Erdgasprospektion
Oberwart	BS4	1972	1982	Erdöl/Erdgasprospektion
Oberwart	BS11	1972	1982	Erdöl/Erdgasprospektion

4.6.8 Reflexionsseismik der RAG (analog bei WRM-GPH vorhanden)

Die folgenden reflexionsseismischen Linien der RAG liegen als Papiersektionen vor und müssten für eine weitere Bearbeitung gescannt und vektorisiert werden.

Gebiet der reflexionsseismischen Aufnahme (Projektgebiet)	Kurzbezeichnung der Seismiklinie	Aufnahme -datum	Processing -datum	Projektziel
südl. von Hartberg	F101	1973	1974	Erdöl/Erdgasprospektion
Safental (Kaindorf)	F103	?	?	Erdöl/Erdgasprospektion
südl. Hartberg	F104	1973	1973	Erdöl/Erdgasprospektion
südl. Hartberg	F112	1973	1974	Erdöl/Erdgasprospektion
südl. Hartberg	F114	1974	1974	Erdöl/Erdgasprospektion

4.7 Erhebung beim Institut für Geophysik der Montanuniversität Leoben

Am Institut für Geophysik der Montanuniversität Leoben sind vorwiegend Daten über magnetische und gravimetrische Untersuchungen des Projektgebiets vorhanden. Im Zuge einer Projektbesprechung der Projektpartner wurde entschieden, dass diese Daten keine direkte Relevanz zum Tiefengrundwasserprojekt NANUTIWA haben.

4.8 Erhebung bei der Geologischen Bundesanstalt

Grundlage der Datenerhebungen entsprechend dem Arbeitsprogramm war das im Berichtszeitraum durchgeführte Screening der Datenbestände der Geologischen Bundesanstalt. Für Detailfragen zur zielgerichteten Auswahl der Unterlagen wurde mit den Bearbeitern der GBA Kontakt aufgenommen.

Die Datenbestände der GBA sind in den GBA-Datenbanken GEOLIT (Literaturdatenbank) und GEOKART (geologische Karten, Themenkarten, kartenähnliche Abbildungen) erfasst. Die Abfrage über die das Arbeitsgebiet betreffenden Kartenblätter und eine Variation von Suchbegriffen entsprechend der Problemstellung der Studie erbrachte über 600 Nennungen. Diese wurden nach fachlicher Relevanz und Aktualität bewertet. Von diesen Nennungen wurden ca. 60 Publikationen in die Literaturdatenbank integriert.

Folgende, das Arbeitsgebiet betreffende, generelle Kartenunterlagen und Bearbeitungen (Auswahl) sind bei der Geologischen Bundesanstalt verfügbar:

- Geologische Karte des Burgenlandes 1:200.000 (Karte und digital, 1999) mit Erläuterungsband
- Geologische Karte der Steiermark 1:200.000
- Geologische Karten 1:50.000 (siehe Abbildung 5)

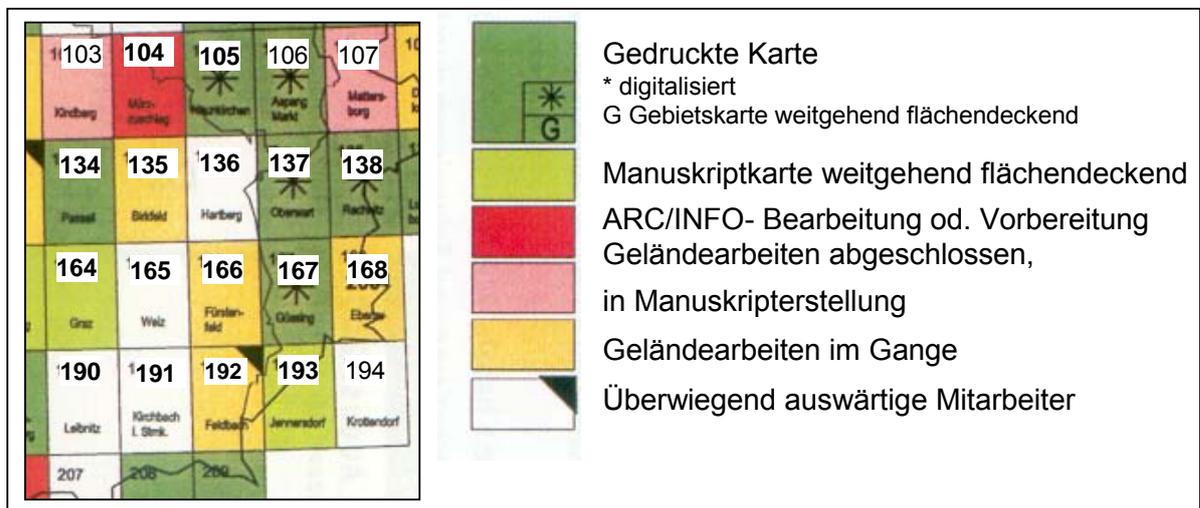


Abbildung 5: Kartenspiegel GK 50.000, Stand 2000/2001

- Komplementäre Bodengeophysik (ÜLG35/7): Fürstenfeld - Güssing (Lafnitztal, 2000)

- Beurteilung von Grundwasservorkommen im zentralen Lafnitztal (BA14; Südburgenland, 2000).
- Umweltgeologische Untersuchungen zur Beurteilung des Kontaminationsrisikos und der Schutzfunktion von Deckschichten über oberflächennahen Grundwasserleitern im periglazialen Sedimentationszyklus des südlichen Burgenlandes (Projekt BU 2/91-98; Bericht 2000; Konnex zum Thema Deckschichten).
- Aerogeophysikalische Vermessung Lafnitztal (ÜLG20, 1999)
- Themenkarten DANREG Projekt (Österreich, Ungarn, Slowenien 1997)

Die Blattschnitte in Bezug zur geologischen Übersichtskarte (Grundlage GK 1:500.000) und zur Umgrenzung des Arbeitsgebietes zeigt Abbildung 6.

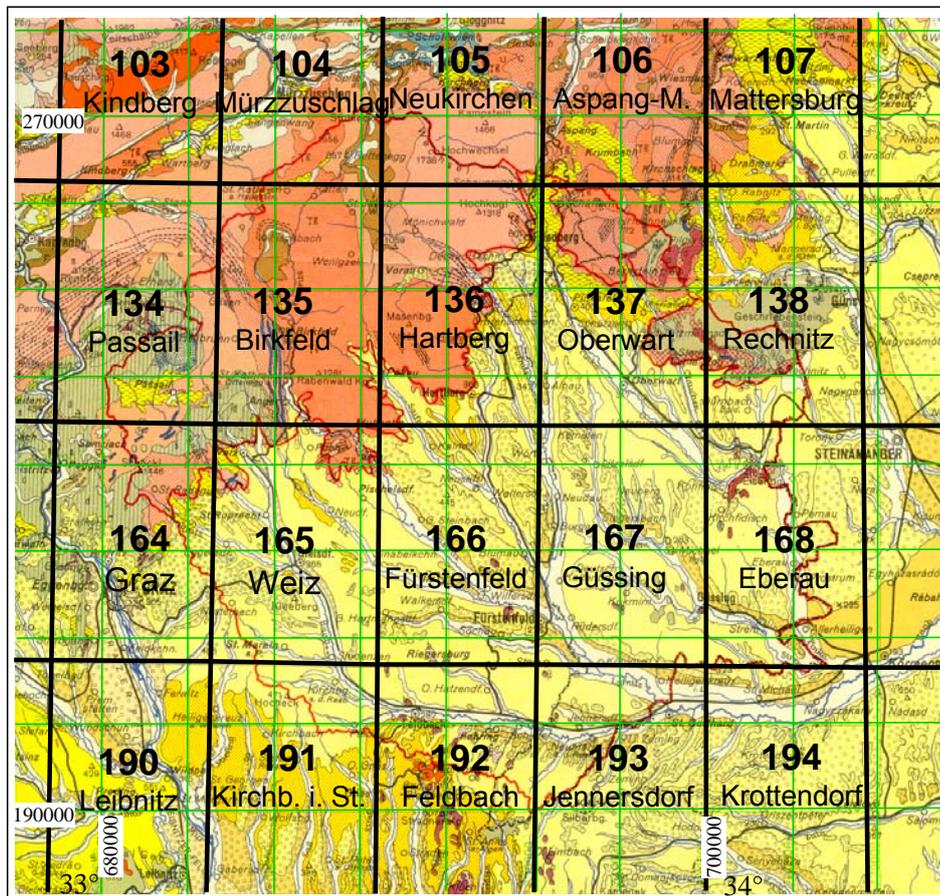


Abbildung 6: Geologische Übersichtskarte (Grundlage GK 1:500.000), Blattschnitte ÖK 50, Koordinaten BMN34 und Umgrenzung des Arbeitsgebietes (rote Linien).

4.9 Erhebung beim Büro Meyer

Sämtliche in Frage kommenden bürointernen Unterlagen (Projekte MEY) wurden gesichtet und die für die Fragestellung relevanten Arbeiten (knapp 90 Projekte) in LIMEDATA eingegeben.

Dabei handelt es sich in erster Linie um geophysikalische Geländemessungen, insbesondere um geoelektrische Tiefensondierungen, welche einerseits indirekt für das Projekt „Grundwasserhöflichkeit Südburgenland“ in mehreren Teilschritten durchgeführt wurden, andererseits als Voruntersuchungen für konkrete Grundwassererschließungsvorhaben beauftragt waren. Diese Erhebungsarbeiten betrafen größenordnungsmäßig rund 1000 geoelektrische Tiefensondierungen in den Bezirken Oberwart, Güssing und Jennersdorf, welche in Form von (teilweise standardisierten) Einzelberichten vorliegen (siehe Beilage WRM 3).

Die hauptsächlich mit der symmetrischen Vierpunktanordnung nach Schlumberger durchgeführten Tiefensondierungen (Gleichstromverfahren) wurden in Abhängigkeit des Bearbeitungszeitpunktes (beginnend etwa mit 1978) teilweise per Vergleich mit Standardkurven (Zwei- und Dreischichtkurven), in weiterer Folge mit verschiedenen Computerprogrammen ausgewertet und hydrogeologisch hinsichtlich Grundwasserhöflichkeit an Hand vorliegender Direktaufschlüsse, sofern heranziehbar, interpretiert.

Bei der nunmehrigen Aufarbeitung der Unterlagen wurden die Tiefensondierungspunkte koordinativ dokumentiert, digitalisiert sowie hinsichtlich der Eindringtiefe bewertet. Der jeweiligen Fragestellung entsprechend wurde in der diesbezüglich gesondert angelegten Datenbank neben Punktkoordinaten die Eindringtiefe der Messungen aufgrund der vorgenommenen Auslageweiten angegeben. Hinsichtlich der weiterführenden Bearbeitung durch die Projektpartner ist dazu anzumerken, dass die Tiefensondierungen für

- flurnahe Fragestellungen, etwa bis 10/20 m unter Gelände (Auslageweiten, ca. AB = 80 – 150 m)
- für mitteltiefe Fragestellungen, etwa bis 50/70 m unter Gelände (Auslageweiten, ca. AB = 300 – 400 m)
- für tiefere Fragestellung, etwa bis 150 m unter Gelände (Auslageweiten, ca. AB 600 – 800 m)

angewandt wurden.

Nach eingehender Sichtung der Unterlagen stehen im Regelfall noch die Rohdaten (direkte Geländemessdaten), insbesondere älterer Messserien, mit entsprechender Dokumentation für eine allfällige, dem derzeitigen Stand entsprechende EDV-gestützte Auswertung und Reinterpretation, nicht zuletzt aufgrund neuerer damals nicht bekannter Bohraufschlüsse, zur Verfügung.

4.10 Erhebung beim Büro Niederbacher

Im Jahr 1996 wurde vom ZT-Büro DI Erhart-Schippke und Dr. Niederbacher das Projekt "Untersuchung artesischer Wasservorkommen in der Südoststeiermark" durchgeführt. Die der Studie zugrundeliegenden geologischen Daten und Publikationen wurden in der Literaturdatenbank LIMEDATA integriert und für die Bearbeitung des Projektes NANUTIWA aufbereitet.

Mit den Erdölprospektionsfirmen OMV AG und RAG GmbH wurde Kontakt betreffend die Datensichtung und Erörterung der verfügbaren Unterlagen (Basemap Seismik, Bohrungsdaten), aufgenommen.

Weiters wurde mit Prof. A. Kröll, dem Bearbeiter der Themenkarten "Steirisches Becken - Südburgenländische Schwelle" (Schwerekarte, Aeromagnetik, Reliefkarte des prätertiären Untergrundes, Geologische Karte des prätertiären Untergrundes, 1:200.000; GBA 1988) Kontakt aufgenommen um Zugang zu Übersichtsunterlagen zu erhalten. Ziel war u.a. die weitgehende Komplettierung von ausgewählten Strukturdaten (z. B. Darstellung des Top Sarmat) im Arbeitsgebiet.

4.11 Erhebung am Landesmuseum Joanneum

Das Landesmuseum Joanneum, Abteilung für Geologie, hat seine gesamte im Hause zur Verfügung stehende Fachliteratur in eine dBase-Datenbank aufgenommen. Diese Datenbank besteht aus rund 37.000 Zitaten und beinhaltet neben dem Titel und einer Inventarnummer, den Autor, das Erscheinungsjahr, das Publikationsorgan sowie die Anzahl der Abbildungen. Die Einträge sind jedoch nicht beschlagwortet, deshalb war eine automatisierte Suche über Stichworte bzw. Ortseingaben etc. nicht möglich. Aus diesem Grund mussten die gesamten Datensätze mit freundlicher Genehmigung des Abteilungsleiters Dr. Ingomar Fritz auf einer Workstation durchsucht und anhand des Titels ausgewählt werden.

Insgesamt wurden ca. 100 Zitate ausgewählt. Es handelt sich dabei größtenteils um ältere Literatur aus den Jahren zwischen 1960 und 1980. Die Unterlagen stammen in der Hauptsache von den Bearbeitern A. WINKLER-HERMADEN, A. THURNER, K. NEBERT und H. HERITSCH.

Die ausgewählten Zitate wurden von Geoteam in die Literaturdatenbank LIMEDATA eingegeben und können bei Bedarf beim Landesmuseum angefordert werden.

Am Landesmuseum Joanneum liegt weiters eine dBase-Datenbank vor, die sämtliche in der Steiermark archivierten Bohrungen, unabhängig von ihren Endteufen, beinhaltet. Da die Bohrungen koordinatenmäßig erfasst sind, kann eine Darstellung und Abfrage im GIS erfolgen.

Die Bohrungen wurden in die Projektdatenbank PRODATA integriert.

4.12 Erhebung am Institut für Geologie und Paläontologie der Karl-Franzens-Universität Graz

Auch am Institut für Geologie und Paläontologie der Karl-Franzens-Universität Graz wurde eine Literaturrecherche betrieben. Hier wurde der Kontakt mit Mag. Martin Gross hergestellt, der sich intensiv mit der stratigraphischen Überarbeitung und Neugliederung der neogenen Beckensedimente beschäftigt. Dankenswerter Weise wurden von ihm die aktuellsten Unterlagen und Publikationen betreffend das Projektgebiet, im Speziellen die stratigraphische Neubearbeitung und Neugliederung von Pannon und Sarmat, zur Verfügung gestellt. Die erhobene Literatur wurde in LIMEDATA eingetragen. Die neuen stratigraphischen und lithostratigraphischen Erkenntnisse fanden in der geologischen Modellerstellung Berücksichtigung.

4.13 Erhebung bei Geoteam GmbH

In der Firma Geoteam wurden Literaturzitate im Allgemeinen mittels einer speziellen Software, dem Programm "Endnote", aufgenommen und archiviert. Dieses Programm erlaubt auch die Eingabe von Stichwörtern, mit denen der Inhalt klassifiziert werden kann. Ein geografischer Bezug ist derzeit lediglich über Ortsnamen realisiert. Bis dato war ein geografischer Bezug der Zitate über Koordinaten nicht notwendig. Deshalb mussten auch hier die gesamten Zitate (ca. 2.000) manuell auf einen passenden Eintrag durchsucht werden. Zum Teil wurden ältere Geoteam-Berichte nachgetragen.

Eine direkte Verknüpfung der Geoteam-Literaturdatenbank mit LIMEDATA war über eine Exportfunktion nicht möglich. Der strukturelle Aufbau der Datenbanken ist zu unterschiedlich – eine Automatisierung hätte nur in Teilbereichen stattfinden können und hätte im Endeffekt einen größeren Zeitaufwand benötigt als eine händische Eingabe der Einträge in LIMEDATA.

Es wurden 261 Zitate ausgewählt, die sich aus 127 Berichten und 134 Publikationen zusammensetzen. Um eine Einbindung in das GIS zu ermöglichen, wurden die Zitate auch mit den Koordinaten des betreffenden Gebietes ergänzt.

4.14 Erhebung Satellitenbilder/ Luftbilder

Ziel der geologischen Fernerkundung innerhalb NANUTIWA war die Ausweisung von Lineamenten. Lineamente stellen im Arbeitsgebiet, in welchen eine geringe Aufschlussdichte sowie junge Beckensedimente vorliegen und moderne tektonische Untersuchungen fehlen, eine gute Möglichkeit dar, tektonische Strukturen zu kartieren.

In einer Lineamentanalyse wurden großtektonische Elemente diskriminiert und in Bezug zum Oststeirischen und Westpannonischen Becken interpretiert. Damit konnten große Störungszonen erkannt und in ihrer Bedeutung für die Beckengeneese sowie den Beckeninhalte bearbeitet werden.

Unter Einbindung der Seismik und in Rückkopplung mit punktuellen strukturgeologischen Geländebegehungen wurde somit die tektonische Grundlage des geologisch-tektonischen Arbeitsmodells geschaffen.

Für eine Lineamentanalyse des Projektgebietes waren zwei Arten von Bildmaterialien vorgesehen, die für NANUTIWA angekauft bzw. beschafft wurden. Einerseits wurden für eine überblicksmäßige Lineamentauswertung Satellitenbilddaten benötigt, andererseits waren für Detailauswertungen Luftbilder erforderlich.

Da der Erwerb von das gesamte Projektgebiet überlagernden Satelliten- und Luftbilddaten sehr teuer war, wurde versucht, den ökonomisch günstigsten Weg zu finden. Das bedeutet, dass bei allen maßgeblichen Ämtern der Steiermärkischen und Burgenländischen Landesregierung bzw. bei Ministerien nachgefragt wurde, ob für diverse öffentliche Aufträge Luft- bzw. Satellitenbilder angeschafft worden sind. In diesem Fall wäre eine weitere Nachnutzung der Bilder für das gegenständliche Projekt die günstigste Variante gewesen.

Luftbilder: Eine Nachfrage beim Land Steiermark (GIS Steiermark) ergab, dass sich stereoskopisch überlagernde Luftbilder nur von Teilbereichen der Oststeiermark von eigenen Befliegungen vorhanden sind (gesamtes Raabtal und die Strecke zwischen Laßnitzhöhe und Gleisdorf). Diese Bilder standen für das Projekt zur Verfügung.

Das BEV (Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen) teilte auf Anfrage mit, dass es grundsätzlich von der gesamten Oststeiermark und dem Burgenland stereoskopische Bilder gibt, die aber käuflich erworben werden müssten. Eine Auskunft, ob diese Bilder von öffentlichen Stellen bereits einmal erworben wurden, konnte aus Datenschutzgründen nicht gegeben werden.

Stereoskopische Luftbilder des betroffenen Teils des Südburgenlandes liegen bei der Abteilung für Raumplanung der Burgenländischen Landesregierung auf. Eine Verwendung für das gegenständliche Projekt war, ähnlich wie in der Steiermark, auch hier möglich.

Eine Ergänzung zu den Luftbildern ist das digitale Höhenmodell. Auch hier ist eine Fotolineamentanalyse möglich, wenn auch nicht in der vom Luftbild bekannten Qualität. Ein derartiges Geländemodell wurde am Institut für digitale Bildbearbeitung des Joanneum Research entwickelt und stand für NANUTIWA zur Verfügung.

Satellitenbilder: Satellitenbilddaten werden in Österreich vom OFD (Österreichisches Fernerkundungsdatenzentrum) verwaltet bzw. verkauft. Auch hier wurden Auskünfte über Bilder, die an öffentliche Institutionen verkauft wurden, nicht gegeben. Nachfragen bei der Steiermärkischen und Burgenländischen Landesregierung ergaben, dass stereoskopisch überlagernde Szenen nicht vorhanden sind.

Somit wurde der Erwerb einer stereoskopischen Szene die einen Großteil des Arbeitsgebietes umfasst, beschlossen. Die Auswahl fiel dabei auf SPOT-Daten. Abgesehen von einem Preisvorteil gegenüber anderen Systemen, stellen sie eine optimale Projektgebietsüberdeckung und eine für die gegenständliche geologisch-tektonische Fragestellung ideale Bodenauflösung von 10 x 10 m als wichtigsten Auswahlkriterien dar.

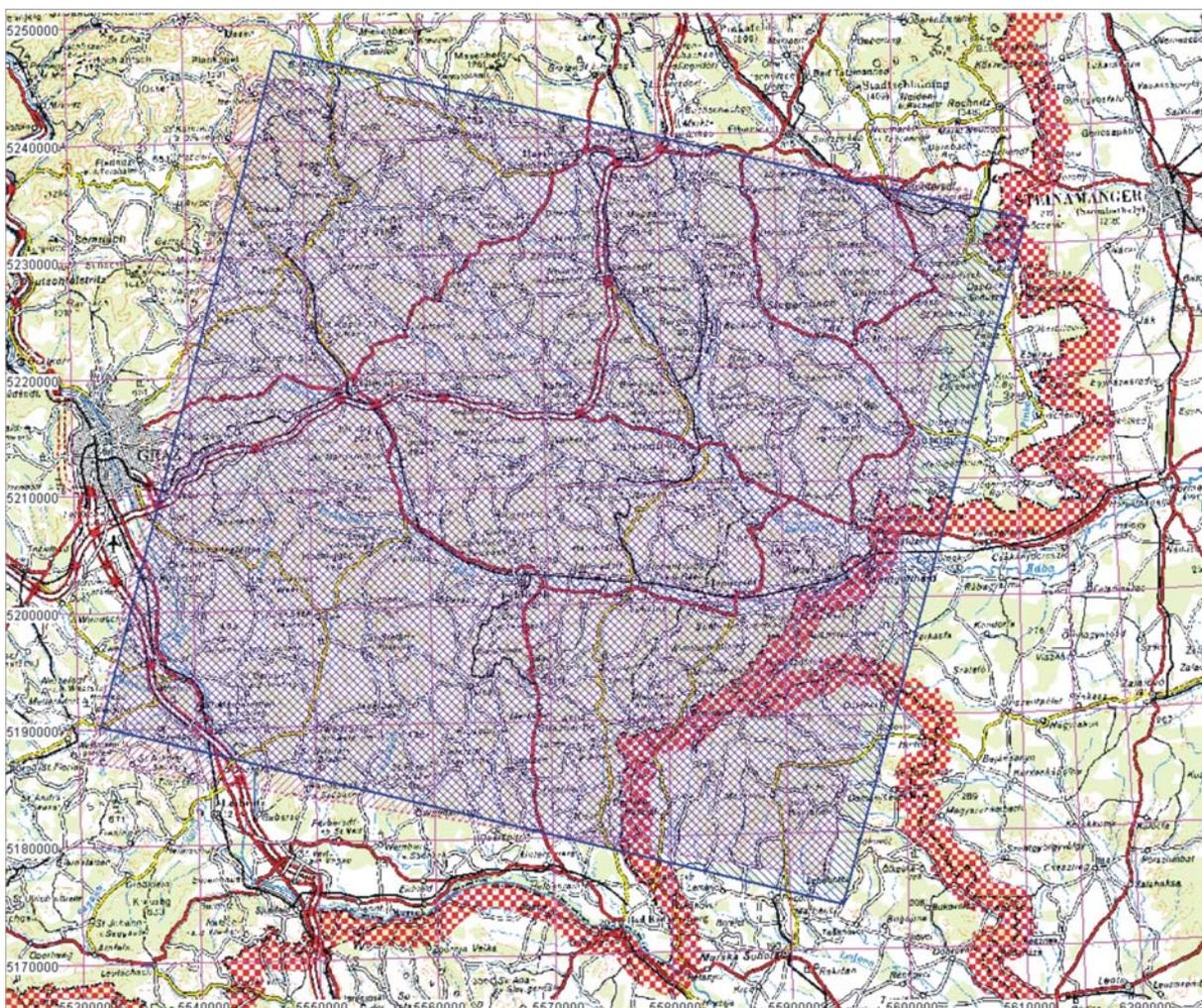


Abbildung 7: Lage der für das Projektgebiet erworbenen SPOT-Szene.

Die vom WRM angekaufte Szene überdeckt fast das gesamte Projektgebiet in der Steiermark und einen Großteil des burgenländischen (siehe Abbildung 7). Die auszuwertende Fläche beträgt 75 x 75 km². Die Daten wurden auf einer CD-ROM geliefert, auf die die digitalen Daten im Originalformat (DAT-Bänder) kopiert wurden. Diese mussten in ein mit herkömmlicher Software lesbares Format konvertiert werden und stehen nun als TIFF zur Verfügung.

4.15 Erhebung beim Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau

Aufgrund der Emeritierung von Prof. Bergmann und des Auflösens des Institutes für Hydraulik und Hydrologie hat das Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau die Aufgabe des Institutes für Hydraulik und Hydrologie übernommen. Aus diesem Grund wurde die Datenakquirierung bei beiden Instituten durchgeführt.

Die Daten können grundsätzlich in folgende Hauptgruppen eingeteilt werden (siehe dazu Abbildung 8):

- Publikationen und Veröffentlichungen
- Dissertationen
- Berichte über Auswertungen der Druckspiegelmessungen in der Oststeiermark
- Berichte der wasserwirtschaftlichen Planung des Amtes der Stmk. Landesregierung
- Gutachten über Pumpversuche

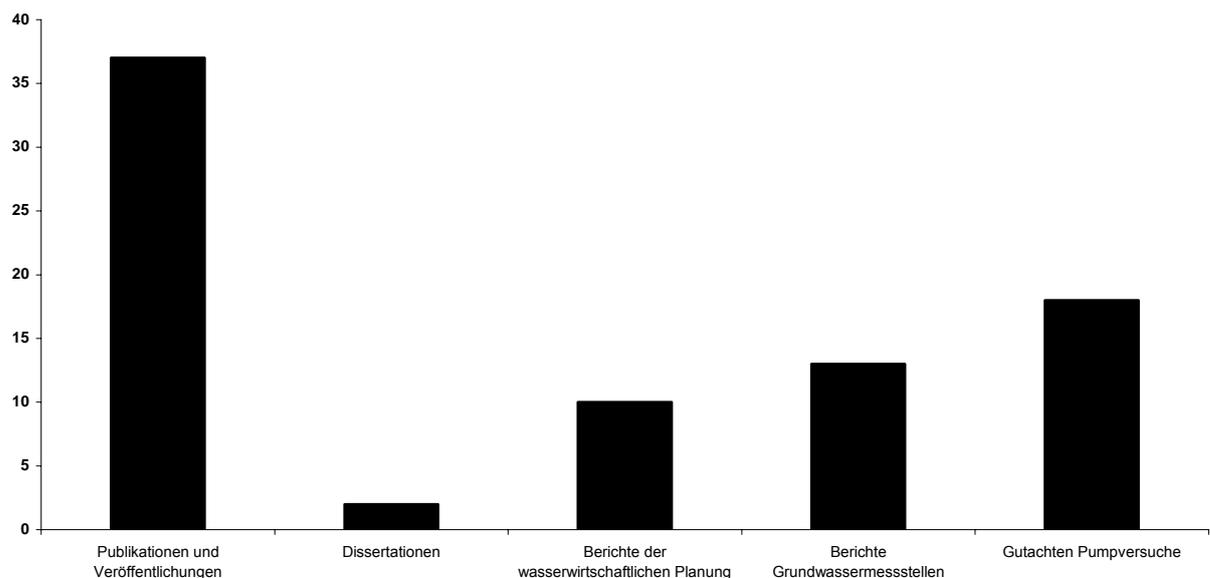


Abbildung 8: Verteilung der erfassten Veröffentlichungen nach Hauptgruppen

Folgende, insgesamt 81, Datensätze wurden vom Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau erhoben.

13 Datensätze befassen sich mit Grundwassermessstellen in Tiefenaquiferen und den zugeordneten (nächstgelegenen) Niederschlagsmessstellen (Waltersdorf, Herberstein, Sinabelkirchen, Großwilfersdorf, Wörterberg).

18 Datensätze beinhalten verschiedene Gutachten, insbesondere Gutachten über Bohrungen, Pumpversuche und die Ermittlung der Konsensmengen der Brunnen.

Von den 49 Datensätzen, die Publikationen beinhalten, sind zahlreiche Veröffentlichungen und zwei Dissertation von ÜBERWIMMER (1992) und VASVÁRI (1996).

5 Literaturdatenbank LIMEDATA

5.1 Grundlagen von LIMEDATA

LIMEDATA (**L**iteratur – **ME**ta**DAT**enbank) wurde konzipiert um ein effizientes Werkzeug für die Bearbeitung des Projektes NANUTIWA zu Verfügung zu haben.

LIMEDATA ist eine zusammenfassende Datenbank bestehender Literatur, Gutachten und Studien. LIMEDATA stellt auch einen Bezug zur geografischen Lage der jeweiligen Untersuchungsgebiete her und ermöglicht dadurch einen raschen Überblick über die Datenlage für eine effiziente Bearbeitung der jeweiligen Fragestellung.

LIMEDATA bestand aus Wartungsgründen aus 2 Teilen und ist in MS ACCESS 2000 realisiert. Der Datenbankapplikation (LIMEDATA_APPL_V0x) und dem eigentlichen Dateninhalt (LIMEDATA_DATA_V0x).

Die Datenbank LIMEDATA_DATA_V0x_XXX wurde als Replikat des Datenteiles LIMEDATA_DATA_V01 zur Bearbeitung an die Bearbeiter elektronisch versandt. Die bearbeiteten Replikate wurden an das Institut für Hydrogeologie und Geothermie zurückgesandt und wieder zu einer gesamten Version synchronisiert. In der Endversion von LIMEDATA wurden die beiden Datenbankteile zusammengeführt.

Für die Eingabe wurden Grundlagetabellen (Themen, ÖK, Bezirke, Gemeinden, Flussgebiete) erstellt, die in den jeweiligen Eingabemasken eingebunden wurden sind.

Um den geografischen Bezug zwischen Projekt und dem Gebiet herzustellen, in dem das Projekt durchgeführt wurde, wurden entsprechende Datenbankfelder definiert.

Die geografische Zuordnung ist im Formular Projektgebiet beinhaltet.

Die Projektgebiete werden später in GIS-Elementen verwaltet. Die dann zu verwendende GIS-ID ist im Formular Projektgebiet einzutragen.

Für die Eingabe der Koordinatenbereiche wurde mit den GIS-Abteilungen der Länder BMN-M34 festgelegt. Die Eingabe des Koordinatenbereiches ermöglicht auch ohne GIS einen Koordinatenbezug des Untersuchungsgebietes herzustellen.

5.2 Aufbau von LIMEDATA

LIMEDATA ist auf Basis verschiedener Formulare realisiert, die die Eingabe möglichst rasch durchführbar und übersichtlich machen (siehe Abbildung 9 bis Abbildung 11).

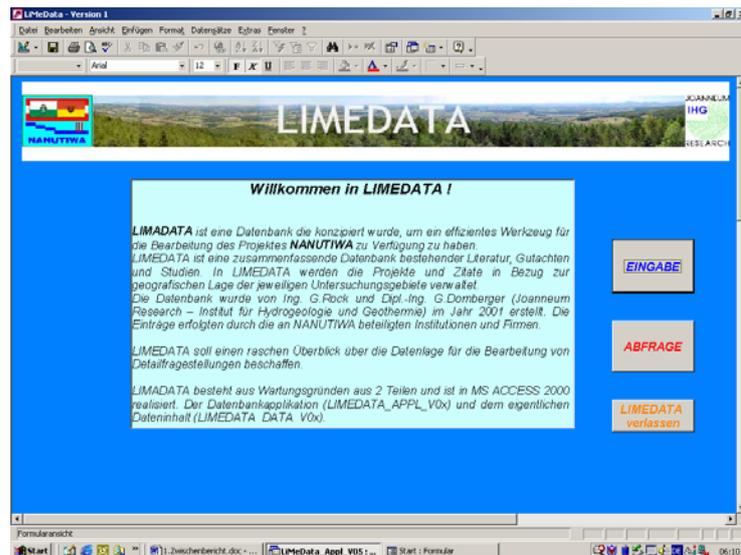


Abbildung 9: LIMEDATA - Startformular

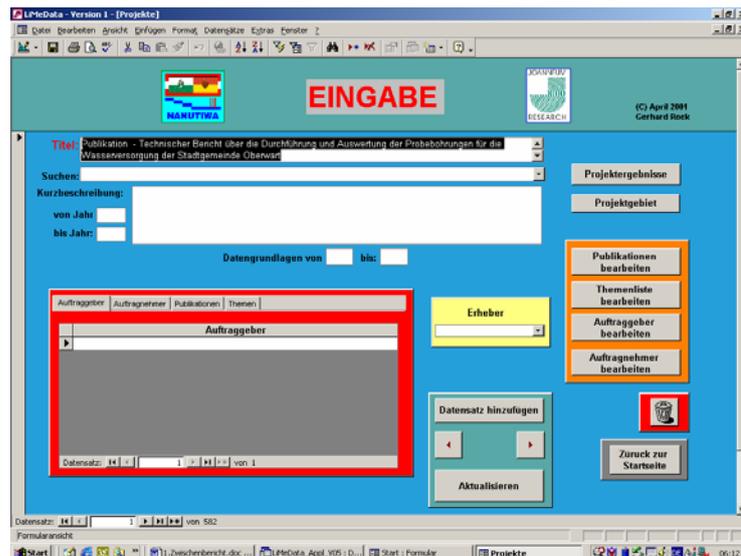


Abbildung 10: LIMEDATA – Eingabehauptformular

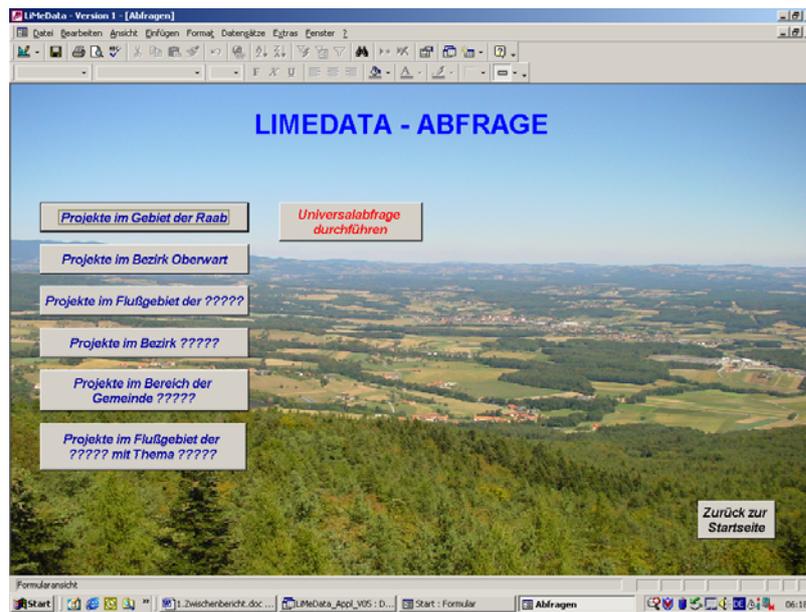


Abbildung 11: LIMEDATA - Abfrageformular

Der Abfrageteil (siehe Abbildung 11) wurde so gestaltet, dass auch Anwender ohne gute Datenbankkenntnisse zu den erforderlichen Informationen für die Bearbeitung von NANUTIWA in LIMEDATA kommen.

Die implementierte SQL-Universalabfrage ist zentraler Bestandteil der Nutzung von LIMEDATA für NANUTIWA. Diese Abfrage ermöglicht kombinierte Abfragen nach Gemeinde, Bezirk, Flussgebiet, Thema und Erheber. Für die allgemeine Bearbeitung hatte dieser Abfragetypus eine große praktische Bedeutung.

Im Rahmen der gesamten Projektbearbeitung wurde LIMEDATA ständig ergänzt und mit den erhobenen Datensätzen vervollständigt.

5.3 Einträge und Datenbestand in LIMEDATA

Die erhobenen Literaturzitate, Studien und Berichte wurden in LIMEDATA eingearbeitet und koordinativ festgelegt. Dies erfolgte in Form von rechteckigen Koordinatenbereichen, denen eine GIS-Identifikationsnummer (GIS-ID) zugeordnet wurde. Diese GIS-ID ermöglicht die Verknüpfung von LIMEDATA mit dem gesamten GIS-Projekt in NANUTIWA. Die zu den Projektiteln und Literaturzitate zugeordneten Koordinatenbereiche sind so im GIS darstellbar und erleichtern die Projektbearbeitung (siehe Abbildung 12).

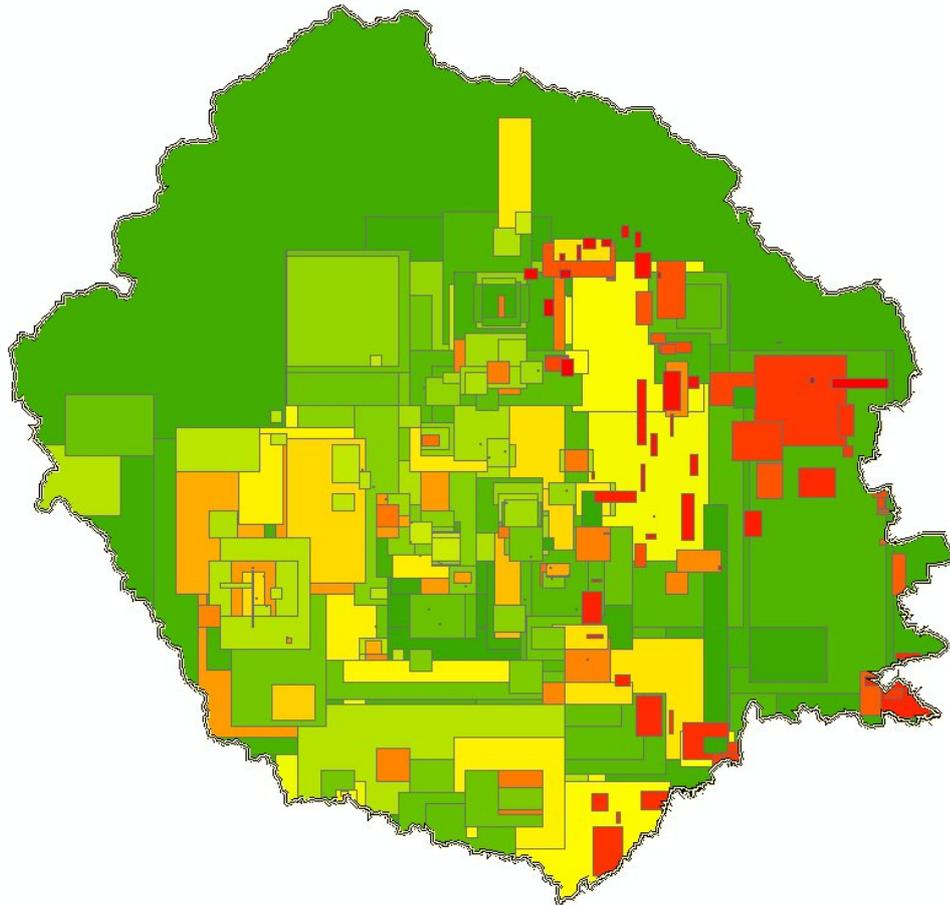


Abbildung 12: Ergebnisdarstellung der LIMEDATA-Einträge im GIS

In LIMEDATA erfolgten insgesamt 632 Einträge. Diese Gesamtzahl fasst 166 Publikationen und 466 Studien und Berichte zusammen. Für die GIS-Umsetzung der Projektgebiete wurde 424 Projekten ein Projektgebiet zugeordnet. Um den geografischen Bezug in der LIMEDATA auch ohne GIS-Applikation zu ermöglichen wurden den Projektgebieten Flussgebiete (siehe z.B. Abbildung 14), teilweise politische Einheiten zugeordnet (Gemeinde, Bezirke, Länder) zugeordnet.

Ein Überblick der Anzahl der erhobenen Beiträge und den Standort der Publikationen bietet Abbildung 13.

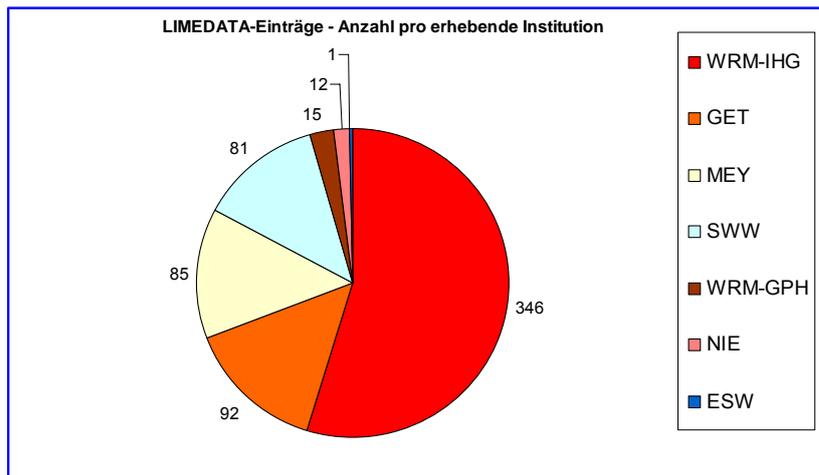


Abbildung 13: Einträge pro erhebende Institution

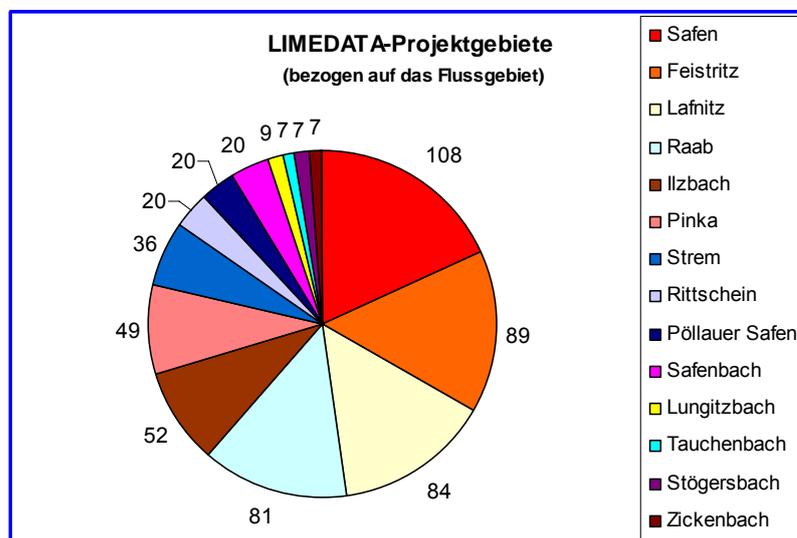


Abbildung 14: LIMEDATA-Einträge mit Flussgebietsbezug

6 GIS Daten

6.1 GIS Grundlagen

Als NANUTIWA-interner GIS-Standard wurde zu Projektbeginn das ESRI-Softwarepaket ArcView 3.2a festgelegt. Im Laufe des Projektes wurde von der Software-Firma ESRI eine gänzlich neue Software ARCGIS 8.x angeboten, welche von einigen Projektbearbeitern aufgrund einer wesentlichen Verbesserung der Bedienerfreundlichkeit und erweiterten Darstellungsmöglichkeiten herangezogen wurde. CAD-Software war AutoCad 14.

Datenformate: Vektordaten (z.B. Shape-Files)
Rasterdaten (Grids, Bitmaps, Luftaufnahmen etc.)
Koordinatensystem: BMN M34

Die gesamte Ergebnisumsetzung erfolgt im GIS, welches eine intensive Verknüpfung mit der Projektdatenbank PRODATA aufweist.

6.2 GIS Datenherkunft und Erhebung

Die GIS Daten wurden überwiegend von den Auftraggebern in digitaler Form zur Verfügung gestellt. Eine ausführliche Dokumentation der Datengrundlage sowie ihrer Qualität (Metadatendokumentation) liegt dem Bericht als Beilage - GIS-Daten-Grundlagen - bei.

6.3 GIS Datenverarbeitung

Die von den Auftraggebern zur Verfügung gestellten GIS-Basisdaten lagen in unterschiedlichen, z.T. nicht den Vorgaben des internen GIS-Datenstandards entsprechenden, Formaten vor.

Nach einer Inventarisierung der GIS-Basisdaten und einer Vereinheitlichung der Datenformate der Vektordaten erfolgte nach Festlegung eines projektspezifischen Koordinatenausschnittes für die Kartenerstellung (clippen) eine Zusammenführung (mergen) der GIS Basisdaten der Länder Steiermark und Burgenland. Dadurch wurde eine einheitliche Kartengrundlage für das gesamte Projekt geschaffen, die bisher nicht vorlag.

Neben der Verarbeitung der GIS-Basisdaten wurden von den Projektpartnern eigene Themen im Zuge der Projektbearbeitung erstellt. Die Dokumentation der erstellten GIS-Datasets liegt dem Bericht als Beilage GIS-Daten-Grundlagen bei.

7 Projektdatenbank PRODATA

7.1 Allgemeines, Stellung im Projekt, Bearbeitung

Der Aufbau der Projektdatenbank PRODATA unter Verwendung des DBMS MS ACCESS 2000 war Teil des von NANUTIWA-Arbeitsprogrammes. Innerhalb der Projektbearbeitung waren folgende Teilschritte erforderlich:

- Abstimmung und Festlegung eines einheitlichen Datenbankdesigns der Projektdatenbank PRODATA
- Erstellen der Projektdatenbank
- Übernahme bestehender Daten in die Datenbanken
- Laufende Aktualisierung
- Versionsmanagement
- Zugriffskontrolle und Datensicherung
- Abstimmung und Festlegung einer einheitlichen Struktur zur Verwaltung räumlicher Daten
- Dokumentation des PRODATA-Aufbaues und der Inhalte
- Übergabe der Datenbank an die Auftraggeber

Die Bearbeitung von PRODATA erfolgte durch die Projektpartner.

7.2 Grundlagen und Quellen

Die Projektdatenbank PRODATA ist eine Weiterentwicklung bestehender Datenbanken, die im Rahmen der Projekte „Artesische Wässer im Südburgenland, Erstellung wasserwirtschaftlicher Grundlagen“ vom Büro Dr. J. MEYER in den Jahren 1994 bis 1996 und „Untersuchung artesischer Wasservorkommen in der Südoststeiermark, Wasserwirtschaftliche Grundlagenerhebung“ von ERHART-SCHIPPEK, MASCHA & PARTNER in den Jahren 1996-1997 erstellt wurden.

Beide Grundlagendatenbanken besaßen historisch bedingt eine unterschiedliche Tabellenstruktur, sodass eine Anpassung der Datenbanken hinsichtlich des Datenbankdesigns, der Feldinhalte etc. erforderlich war. Ergänzende projekterforderliche Datenbankfelder wurden nach Rücksprache mit allen Bearbeitungsverantwortlichen in PRODATA aufgenommen. Zusätzlich wurden Erhebungsergebnisse Dritter und Aktualisierungen im Rahmen des gegenständlichen Projektes in PRODATA überführt, sodass nunmehr die Ergebnisse nachstehender Erhebungen in PRODATA zur Verfügung stehen:

- Artesische Wässer im Südburgenland, Erstellung wasserwirtschaftlicher Grundlagen, Büro Meyer, 1994-1996
- Untersuchung artesischer Wasservorkommen in der Südoststeiermark, Wasserwirtschaftliche Grundlagenerhebung, Joanneum Research, 1994

- Untersuchung artesischer Wasservorkommen in der Südoststeiermark, Wasserwirtschaftliche Grundlagenerhebung, ESM&P, 1996-1997
- Arteseraufnahmen des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung, Fa 3a, 1997-2002
- Ergänzende Aufnahmen artesischer Brunnen für den Bereich Burgenland, Büro Meyer, 2001-2002
- Erhebung von CF-Bohrungen für den Bereich Burgenland, Büro Meyer 2001-2002
- Erhebung von Bohrungen für den Bereich Steiermark beim Landesmuseum Joanneum, Geoteam, 2002
- Bohrungen mit Bohrlochlogs, Joanneum Research – GPH, 2002

Gegenstand der Erhebung waren Angaben zur Lage, Grundstückseigentümer und Wasserberechtigter, bauliche und wasserrechtliche Angaben, Beschreibung der Nutzung, der Beprobungsmöglichkeiten, aktuelle und historische Fördermengen, chemische sowie Isotopenanalysen und hydraulische Tests.

7.3 Datenbankstruktur

Eine ausführliche Beschreibung des Datenbankaufbaus (Tabellen- und Formularstruktur) sowie eine Kurzanleitung zur Benutzung liegt als separates Manual vor (siehe Beilagen: PRODATA 5.7 – Bedienungsanleitung, Datenbankdokumentation)

7.4 Datenqualität

Während im Burgenland die Erhebung flächendeckend von einer Institution im Rahmen einer Kampagne durchgeführt und somit eine einheitliche Qualität der erhobenen Daten erzielt wurde, erfolgte im Gegensatz dazu die Erhebung im Bundesland Steiermark durch eine Reihe unterschiedlicher Institutionen im Rahmen mehrerer Kampagnen zwischen 1994 und 2002 (siehe auch Abbildung 15).

Der Erhebungsstatus der jeweiligen Gemeinden, der angibt ob in der Gemeinde eine Erhebung durchgeführt wurde und ob Arteser existieren oder nicht, ist in Abbildung 16 dargestellt.

Insgesamt sind derzeit 4709 Datensätze in PRODATA vorhanden, wobei 4001 innerhalb des Untersuchungsgebietes liegen.

Die Qualität der nutzungsrelevanten Daten zu diesen Brunnen (Förderung, Verbrauch, Nutzungsgrad, Qualität) wird ausführlich im Kapitel 12 beschrieben.

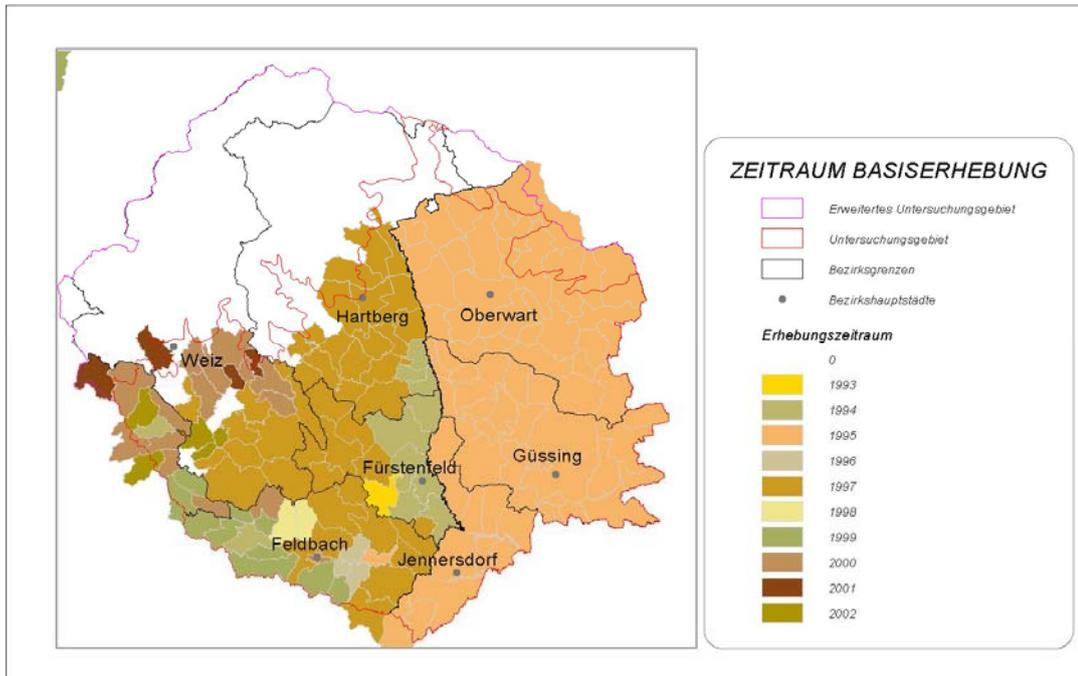


Abbildung 15: Zeitraum der Basiserhebungen

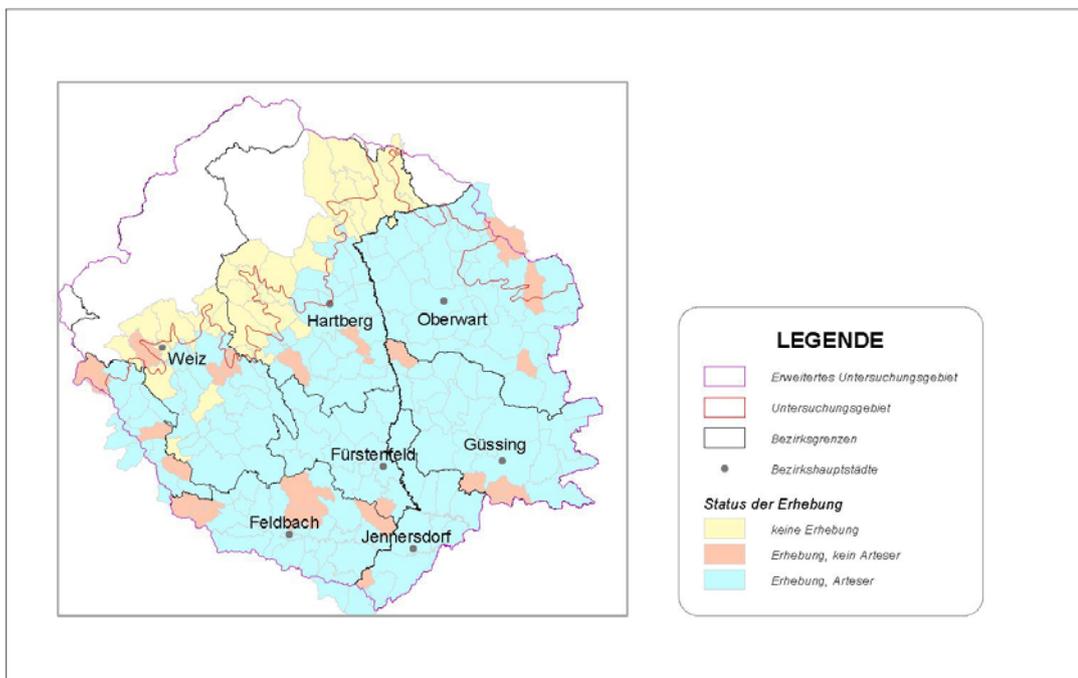


Abbildung 16: Räumliche Abdeckung

8 Geologische Struktur

8.1 Problemstellung, Zielsetzung

Der Themenbereich „Geologische Struktur“ umfasst die Darstellung der geologisch-strukturellen Grundlagen des Projektgebietes auf Grundlage einer umfassenden Daten- und Unterlagenakquisition.

Ziel der Vorgangsweise war es, die über die zusammenfassenden Bearbeitungen von KOLLMANN (1965) und EBNER & SACHSENHOFER (1991) hinausgehenden neueren Forschungen aus allen relevanten Teilbereichen der Geowissenschaften als Datenbasis für die aufbauenden Bearbeitungsschritte der Themenbereiche Aquifersystemanalyse, Einzugsgebiet und Grundwasserneubildung, sowie Nutzung darzustellen und aufzubereiten.

8.2 Bearbeitungsschwerpunkte

Entsprechend dem Arbeitsprogramm erfolgte in diesem Themenbereich die Erhebung und Inventarisierung bestehender Unterlagen, die Bewertung geophysikalischer Daten für eine seismostratigraphische Gliederung, die Korrelation von Ablagerungen und Leithorizonten, die hydrogeologische Bewertung der Beckengenese und der Aufbau eines geologisch-tektonischen Arbeitsmodells sowie dessen Ergebnisdarstellung.

8.3 Arbeitsgebiet, Gebietsdefinition

Das Untersuchungsgebiet umfasst den mittleren und nördlichen Teil des Steirischen Tertiärbeckens in der Südoststeiermark und dem südlichen Burgenland. Als unmittelbares Projektgebiet wurde der Bereich zwischen Pinka und Raab bis zum Grundgebirgsrand festgelegt. Die Ostbegrenzung bildet die österreichisch-ungarische Staatsgrenze. Dieser Bereich des engeren Bearbeitungsgebietes umfasst eine Fläche von ca. 2.870 km² und damit ca. 2/3 der geologischen Landschaft des Steirischen Tertiärbeckens.

Für die Bearbeitung der Genese und Einzugsgebiete der Tiefengrundwässer war zudem das nordwestlich anschließende orografische Einzugsgebiet im Bereich der Grundgebirgsumrahmung des Steirischen Beckens einzubeziehen. Das erweiterte Bearbeitungsgebiet umfasst ca. 1.420 km². Das gesamte Untersuchungsgebiet hat eine Fläche von 4.290 km².

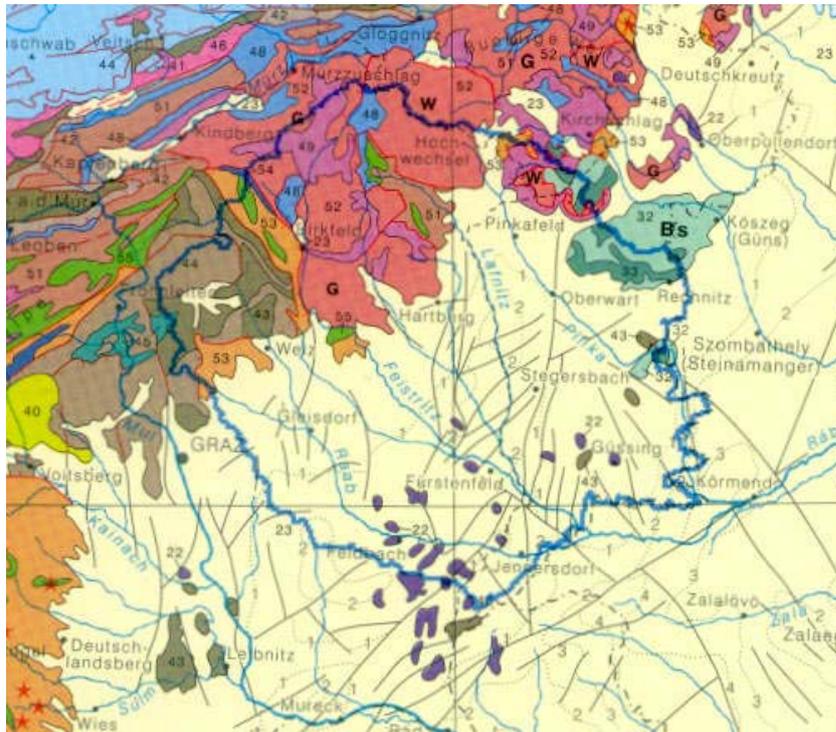


Abbildung 17: Umgrenzung des Untersuchungsgebietes (Ausschnitt aus der Geologischen Karte 1:1.5 Mio vergrößert auf 1:1 Mio GBA)

Die Bearbeitung im engeren Projektgebiet konzentriert sich auf die hangende Schichtfolge bis zu einer Tiefe von etwa 300 m bis 400 m u.GOK, in welcher nutzbare Tiefengrundwässer auftreten.

8.4 Methodik, Datengrundlagen

Zur Erfassung und Aktualisierung der Datengrundlage wurden Recherchen zu folgenden Schwerpunkten durchgeführt:

- Literatur- und Projektrecherche
- Geologische Karten, Themenkarten
- Seismik, Geoelektrik, Bohrlochmessungen
- Brunnen, Bohrungen
- Tiefbohrungen (Kohlenwasserstoff- und Thermalwasserexploration)
- Photo- und Satellitenbildlineamente

Die Literaturdaten wurden in der Datenbank LIMEDATA archiviert.

Die ortsbezogenen und administrativen Basisdaten wurden als GIS-Daten erfasst.

Daten von Bohrungsaufschlüssen, hydrochemische und hydraulische Informationen wurden in der Datenbank PRODATA erfasst (siehe Kapitel 7).

8.5 Bezeichnungskonventionen

Bedingt durch die historische Entwicklung der geologischen Forschung bestehen für Schichtglieder und geologische Zeitabschnitte und Untergliederungen verschiedene Bezeichnungskonventionen.

In der vorliegenden Arbeit werden, gegenüber den international normierten Bezeichnungen der Stufen der Zentralen Parathethys wie Karpatium, Badenium, Sarmatium oder Pannonium zur Erleichterung der Lesbarkeit die in der allgemeinen Fachdiskussion überwiegend verwendeten vereinfachten Bezeichnungen wie Karpat, Baden, Sarmat oder Pannon verwendet.

8.6 Geologische Karte des Projektgebietes

Das Projektgebiet ist durch die geologischen Übersichtskarten der Bundesländer Steiermark (FLÜGEL H.W. et al, GBA 1984) und Burgenland (PASCHER G.A. et al, GBA 1999) im Maßstab 1:200.000 abgedeckt (siehe Abbildung 18).

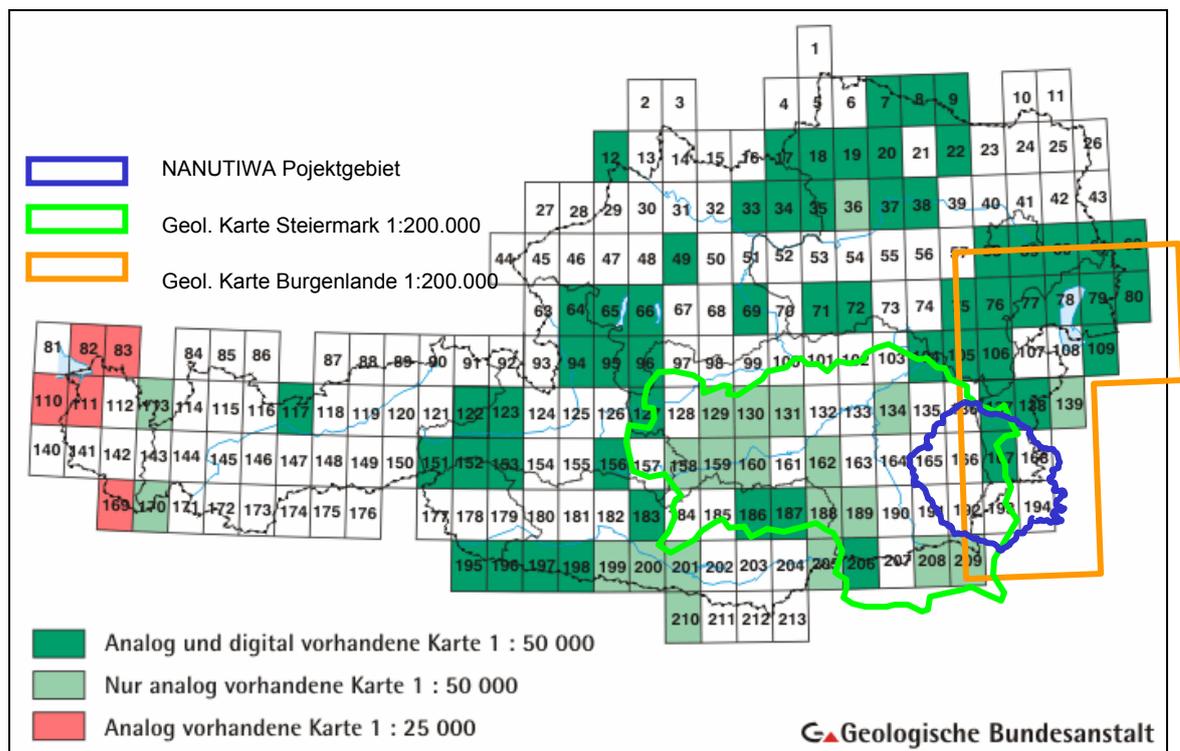


Abbildung 18: Übersicht geologische Kartenwerke der Österreichischen Geologischen Bundesanstalt 1:50.000 und 1:200.000
 (Datenquelle: <http://www.geolba.ac.at>, Kartenspiegel GK Steiermark , Burgenland 1:200.000 und Projektgebiet ergänzt)

Für die Erstellung einer einheitlichen geologischen Kartengrundlage auf GIS-Basis wurden die hinsichtlich Detaillierungsgrad unterschiedlichen Datensets der geologischen Karte der Steiermark von GIS-Steiermark und der geologischen Karte des Burgenlandes (digitales Datenset der GBA) zusammengeführt. Als Schnittstelle wurde pragmatisch die steirisch-burgenländische Landesgrenze gewählt.

Die geologischen Attribute der Polygone wie Schichtbezeichnungen, Alter etc. der beiden Datensets wurden beibehalten. Für die Farbdarstellung erfolgte eine Abstimmung, Vereinheitlichung und teilweise Zusammenführung von Formationen der prätertiären Umrahmung im Hinblick auf deren hydrogeologische Eigenschaften wie z.B. relative Stauer bzw. Geringleiter (Gneise, Glimmerschiefer, Phyllite), Karstaquifere (verkarstungsfähige Karbonate) Kluftaquifere (Sandsteine).

8.7 Untergundaufschlüsse im Steirischen und Westpannonischen Becken

8.7.1 Datenerfassung Untergundaufschlüsse

Die bestehenden Untergundaufschlüsse (Brunnen, Tiefbohrungen, CF-Bohrungen, Erkundungsbohrungen, Thermalwasserbohrungen) aus dem NANUTIWA-Gebiet sind in PRODATA erfasst (siehe Beilage WRM 2). Insgesamt umfaßt PRODATA derzeit 4001 Einträge.

8.7.2 Brunnen

Insgesamt sind derzeit in der Projektdatenbank 1947 Brunnen unterschiedlicher Nutzungsgrade und Nutzungszwecke erfasst. Von 131 Brunnenbohrungen liegen geophysikalische Bohrlochmessungen (Logs) vor.

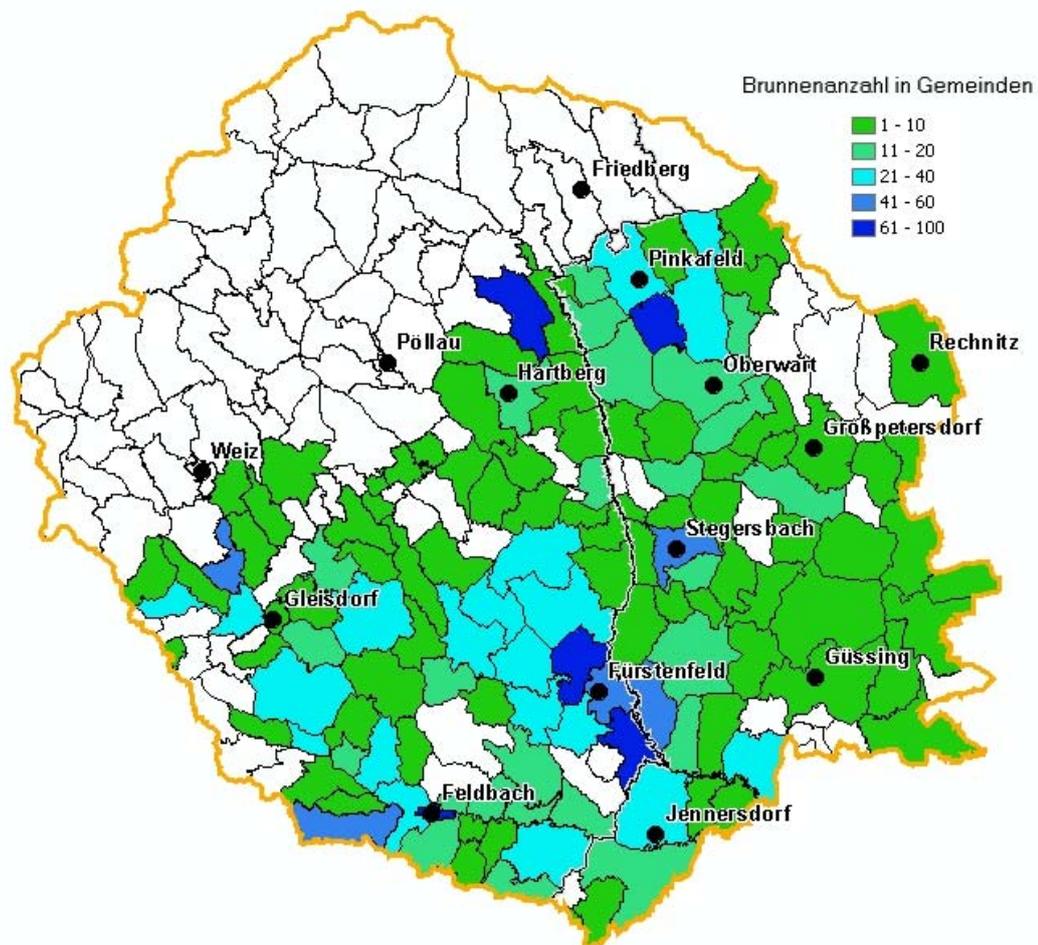


Abbildung 19: Anzahl aller Brunnen in den Gemeinden

8.7.3 Tiefenaufschlüsse

Im Untersuchungsgebiet wurden im Zuge der Kohlenwasserstoffexploration der Rohöl-Aufsuchungs-GmbH (RAG) und der OMV AG (OMV) bzw. deren Vorgängern Tiefenaufschlüsse im Steirischen Becken durchgeführt. Die Explorationstätigkeit führte zu einem nichtkommerziellen Gasfund in Karbonaten des Baden nordwestlich von Gleisdorf (Bohrungen Ludersdorf 1 und 2). Bei einigen Tiefbohrungen der KW-Exploration wurde Thermalwasser angetroffen (z.B. Binderberg 1), das in weiterer Folge ausgebaut und touristisch genutzt wurden. Aus den Ergebnissen der Tiefbohrungen in Verbindung mit den durchgeführten geophysikalischen Untersuchungen (Seismik, Gravimetrie, Magnetik) resultieren die Daten zum Bau und der Entwicklung des Ablagerungsraumes des Steirischen Beckens.

8.7.3.1 Bohrungen zur Rohstoffexploration

Zur Kompilation der Basisdaten (Kurzprofil nach dem Muster der standardisierten OMV-Kurzprofile) wurden die stratigraphischen Bohrprofile sowie die Daten der Aufschlagpunkte von elf Kohlenwasserstoffexplorationsbohrungen im Projektgebiet erhoben. Da die gewünschten Angaben in dieser komprimierten Form bisher noch nicht verwendet wurden, stand keine einheitlich gestaltete, zusammenfassende Tabelle oder Datenbank zur Verfügung. Die Daten wurden diversen Unterlagen (Publikationen, Logs, Berichten etc.) entnommen. Die stratigraphische Differenzierung erfolgte, wenn es die herangezogene Unterlage erlaubte, bis auf die Ebene der Formation. Oft war es jedoch nur möglich, auf dem Niveau der stratigraphischen Stufe zu unterscheiden.

Die erhobenen stratigraphischen Stufen der Explorationsbohrungen sind in Tabelle 1 zusammengefasst, die Lage der Tief- und Thermalwasserbohrungen findet sich in der beiliegenden geologischen Karte des NANUTIWA-Gebietes (siehe Beilage WRM 1). Angaben zu Unterstufen und Formationen (z.B. Sandschalerzone) liegen - soweit sie differenziert wurden – in Tabellenform vor.

8.7.3.2 Thermalwasserbohrungen

Ebenso wie für die KW-Explorationsbohrungen wurden für die Thermalwassererkundungs- und -erschließungsbohrungen stratigraphische Kurzprofile anhand der zur Verfügung stehenden Unterlagen erstellt. Die stratigraphischen Daten sind ebenfalls Tabelle 1 zu entnehmen; die Lage der Thermalbohrungen ist ebenfalls in der geologischen Karte des NANUTIWA-Gebietes ersichtlich. Wenn eine Auflösung der stratigraphischen Stufe erfolgte, sind die Detailangaben in einer erweiterten Tabelle eingetragen, die bei GET verfügbar ist.

8.7.4 Bohrdatenbank des Landesmuseum Joanneum

In der Bohrdatenbank des Landesmuseums Joanneum sind sämtliche Bohrungen erfasst, deren Koordinaten und Profile beim Landesmuseum Joanneum aufliegen. Die im NANUTIWA-GIS

dargestellten Bohrungen sind mit einer Datenbank verknüpft und wurden für das Untersuchungsgebiet vom Landesmuseum Joanneum im August 2002 zur Verfügung gestellt. Diese Datenbank des Landesmuseums wurde in PRODATA übernommen, wodurch die beinhalteten Bohrungen für die Bearbeitung von NANUTIWA zur Verfügung standen. Die Datenbank beinhaltet neben der Tiefe noch genaue Angaben zur Lage und zum Auftraggeber. Benötigte Bohrprofile können über die Inventarnummer beim Landesmuseum Joanneum abgefragt werden.

Bohrung	Bohrfirma	Jahr	Seehöhe (m ü. A.)	x	y	Endteufe	Quartär	Pannon	Sarmat	Baden	Karpat	Ottnang	Prätertiär
Thermalwasser													
Binderberg 1	RAG	1972	312,2	205005,53	733419,59	-1727		-358,4	-1089,4	-1225	-1645,4		-1728,7
Blumau 1/1a	RAG		273,98	220735,65	728287,35	-2929	-9	-94,5	-1008	-1932	-2563		-2929
Blumau 2	Stoffner	1996	277,8	219634,00	730345,00	-2840	-17	-165	-1146	-2115	-2361,5		-2840
Blumau 3	Stoffner	1995	270,75	220337,00	728684,00	-1150	-13	-120	-1017	-1150			
Fürstenfeld FF1	RAG	1999	251	212073,55	731625,38	-1950	-5	-230,5	-1087	-1950			
Fürstenfeld FF2	RAG	1999	252	212645,66	730674,59	1800	-10	-194	-1037	-1800			
Fürstenfeld Th 1	Stoffner	1985	263,73	214983,49	729433,95	-3140	-5,8	-192,3	-1090,4	-2141,7	-2745,5		-3145
Gleisdorf Th 1	OMV	1990	395	217570,00	702170,00	-700	-10	-103	-498	-700			
Grieselstein Th 1		2004	266	203509,00	734472,00	-1730							-1730
Ilz Thermal 1	Stoffner	1998	297	216545,00	717690,00	-1906	-2,5	-75	-573	-1240	-1465		-1906
Lautenberg 1	H. Anger		365	204692,00	733002,00	-1205		-414	-1173,3	-1205			
Ottendorf Th1	E+M	2002	287,39	212672,18	719821,33	-970		-65	-716	970			
Stegersbach Th 1	Stoffner	1989	254	225365,00	736955,00	-3200		-497,5	-1246,2	-3077	-3200		
Stegersbach Th 2	E+M	1999	279,75	225505,99	736146,15	-1201		-483	-1201				
Tatzmannsdorf Th 1	Bohr ARGE	1988	319,9	241570,00	741870,00	-896		-272	-454	-896			
Tatzmannsdorf Th 2	E+M	2003	312,51	240621,63	740931,68	-1620	-6,7	-317,2	-739	-1620			
Waltersdorf 1	RAG		310,94	225517,53	726803,61	-1553	-0,4	-57,5	-706,5	-1094			-1553
Waltersdorf 2/2a	OMV		295	224600,00	725500,00	-1420	-5,3	-50,8	-707,6	-1152,2			-1420,2
Waltersdorf 4	E+M	2002	300	226600,00	724670,00	-1061		-48	-712	-1063			
KW-Prospektion													
Arnwiesen 1	RAG	1984	349,31	219217,10	706979,60	-951			-312,8	-340,6			-951,7
Bachselten	RAG		269,42	229300,00	747600,00	-569		-543,5	-569				
Güssing 1	OMV	1982	219,95	211849,14	747513,05	-532		-455					-532
Jennersdorf 1	OMV	1983	238,15	199473,29	736302,97	-1769		-566	-1068	-1691			-1769
Litzelsdorf 1	OMV	1974	271,5	229686,60	736794,00	-2436		-496	-1207	-1980	-2243		-2436
Ludersdorf 1	OMV	1982	369,72	219891,89	700029,72	-1148		-128	-443	-775			-1148
Ludersdorf 2	OMV	1983	352,04	218928,04	701547,74	-558,4	-17	-96	-422	-558,4			
Paldau 1	RAG	1964	309,54	200077,08	709173,79	-1439,4	-4	-147	-889	-1087	-1440,4		
Übersbach 1	RAG	1959	270,75	209852,74	729923,35	-2692	-8	-209	-1023	-1582	-2346,5	-2636	-2694
Walkersdorf 1	RAG	1964	290,14	212686,72	719844,34	-2141	-3	-20	-720	1046	-2089		-2143
Wollsdorf 1	OMV	1983	366,08	221718,41	700493,80	-800		-98	-413	-568			-800

Tabelle 1: Zusammenfassung der erhobenen stratigraphischen Daten der KW- bzw. Thermalwasserbohrungen im Projektgebiet

(Anm.: Ehemalige KW-Prospektionsbohrungen, die für Thermalwassernutzung Verwendung finden, werden als Thermalwasserbohrungen bezeichnet)

8.8 Geophysikalische Untersuchungen

8.8.1 Reflexionsseismik

Die etwa 140 km reflexionsseismische Linien, die von Joanneum Research gemessen wurden, wurden in eine Interpretationssoftware geladen und für Detailfragen neu interpretiert. Die verwendeten Linien sind in Abbildung 20 ersichtlich. Ein wesentliches Ziel ist die Darstellung der Unterkante des Sarmat. In jenen Bereichen des Beckens, wo stratigraphische Informationen aus Bohrungen zur Verfügung standen, konnten diese als sogenannte Formations-Tops in die Interpretation geladen werden. Dort, wo keine stratigraphische Informationen aus Tiefbohrungen vorhanden waren, wurde versucht aus sequenzstratigraphischen Überlegungen lithostratigraphische Unterteilungen der neogenen Beckenfüllung vorzunehmen. In den untenstehenden Kapiteln sind Auszüge dieser Interpretationen dargestellt.

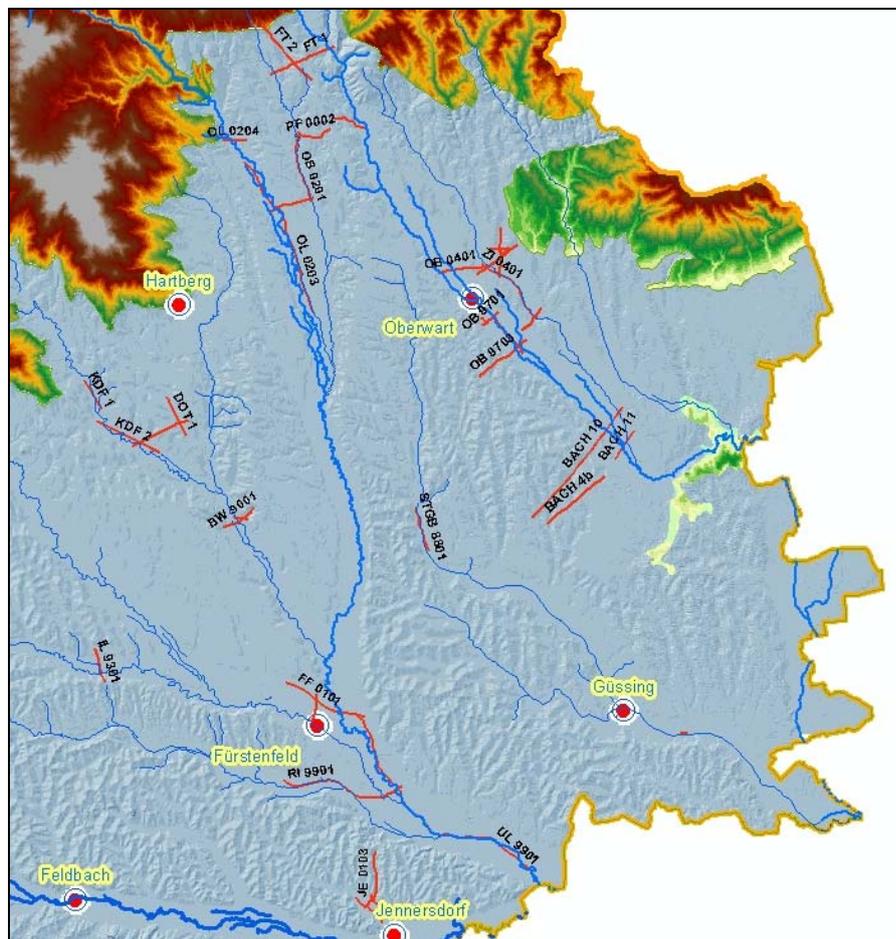


Abbildung 20: Verwendete Seismiklinien

8.8.1.1 Interpretationen von Seismiklinien

Mit Hilfe der sequenzstratigraphischen Interpretation reflexionsseismischer Daten (Seismostratigraphie) wird über die Rekonstruktion der Sedimentationsgeschichte versucht auf die lithologischen Eigenschaften der einzelnen Sedimentpakete zu schließen. Die einzelnen Sedimentpakete wurden in den untenstehenden Abbildungen verschieden eingefärbt. Mit roten Pfeilen wurden einige Reflexionen hervorgehoben, deren Enden auf markante Ereignisse in der Sedimentation hinweisen.

8.8.1.1.1 Unteres Lafnitztal, Rittscheintal und Feistritztal

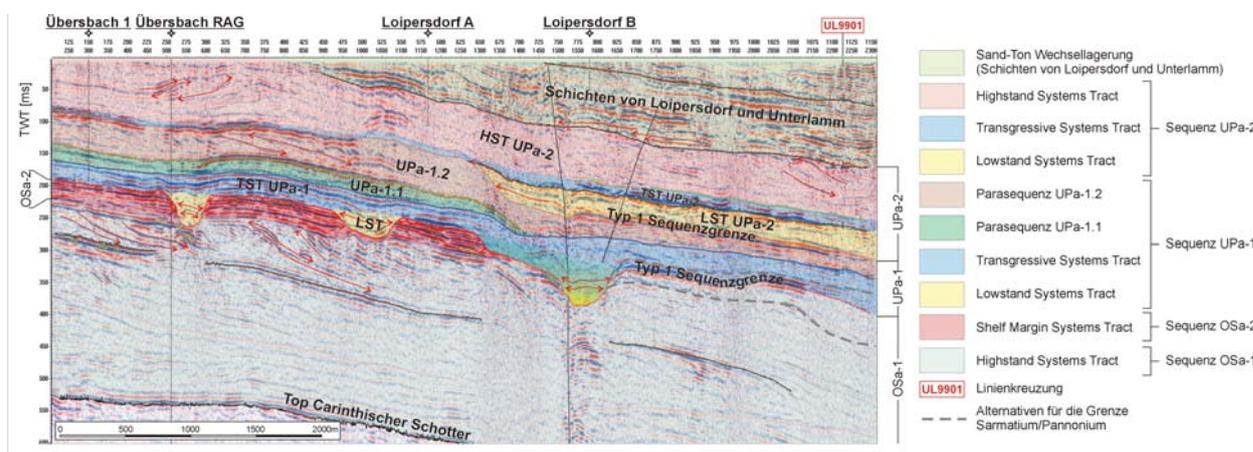


Abbildung 21: Interpretation der Reflexionsseismik RI 9901 (West – Ost)

In Abbildung 21 ist die Seismiklinie Rittschein RI 9901 und deren Interpretation dargestellt. Der Ostteil, der sich im Burgenland befindet, wurde im Zuge des Projektes NANUTIWA aufgenommen und interpretiert. Die Oberkante des tiefliegenden roten Sedimentpaketes stellt die Oberkante des Sarmat (OSa-2) dar. Hierbei handelt es sich um eine Sedimentation während eines relativen Hochstandes des Meeres. Durch Meeresregression am Ende des Sarmat kam es zu markanten Erosionen und damit zu Tal- und Rinnenbildungen. Die Auffüllungen dieser Rinnen im nächsten Transgressionszyklus sind in Abbildung 21 gelb eingezeichnet und sind bereits ins Pannon zu stellen. Darüber liegen im wesentlichen zwei vollständige Sedimentationszyklen mit der Ausbildung von Meeresspiegelniederständen (LST), Meeresspiegeltransgressionen (TST) und Meeresspiegelhochständen (HST) des Pannon. Diese Sedimentationszyklen werden in einer Arbeit von KOSI et al (2003) als UPa-1 und UPa-2 bezeichnet. Im Hangenden befinden sich Sand-Ton-Wechsellagerungen, die durch das Brunnenfeld Heiligenkreuz für die Wasserversorgung genutzt werden. Aufgrund ihrer einheitlichen seismischen Fazies werden diese Schichten einem flachen

Ablagerungsmilieu zugeschrieben und als Schichten von Loipersdorf und Unterlamm bezeichnet. Stratigraphisch werden diese Schichten ins Pannon D-E gestellt (GROSS, 2003).

Die Reflexionsseismik Unteres Lafnitztal UL 9901 (siehe Abbildung 22) kreuzt die Seismiklinie RI 9901 und weist einen ähnlichen Schichtaufbau auf. Im Hangenden befinden sich die Schichten von Loipersdorf und Unterlamm, in denen die Brunnen des Brunnenfeldes um Heiligenkreuz positioniert sind.

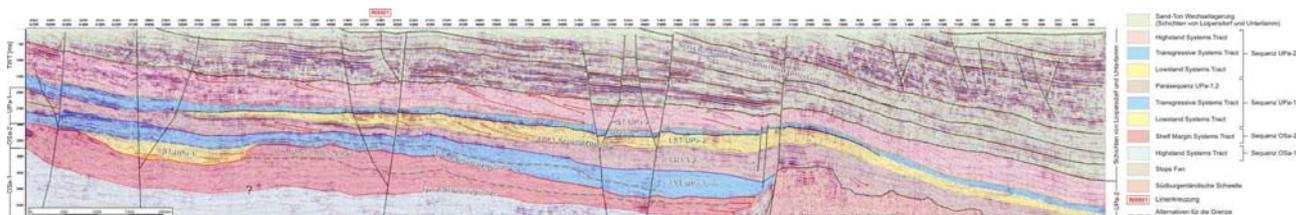


Abbildung 22 : Interpretation der Reflexionsseismik UL 9901 (Nord-Süd)

Im südlichen Abschnitt ist in der Seismiklinie UL 9901 in einer Tiefe von rund 500m unter GOK im Bereich der Ortschaft Poppendorf das Grundgebirge in Form der Südburgenländischen Schwelle sichtbar. Nördlich dieser Schwelle bricht das Steirische Becken entlang einer Abschiebung steil ab. Diese Abschiebung war mindestens bis in das Pannon aktiv.

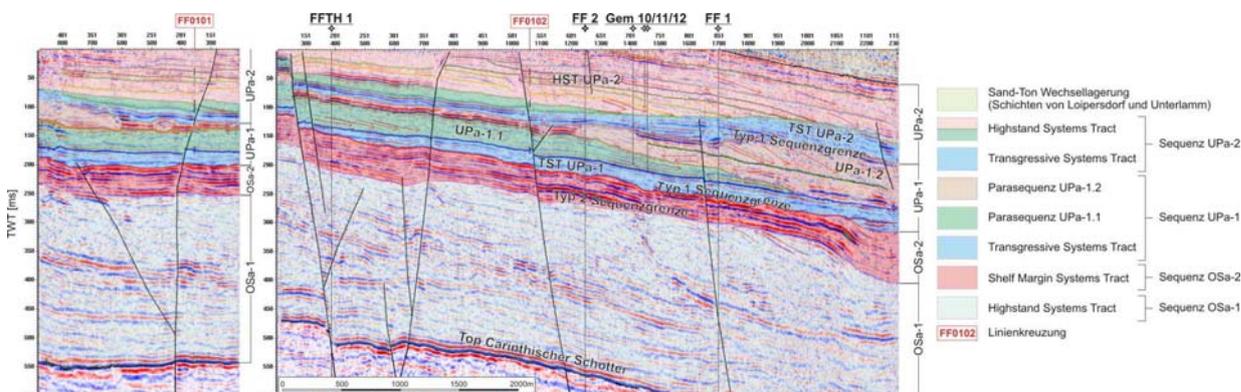


Abbildung 23: Interpretation der Reflexionsseismiklinien FF0101 (rechts; West-Ost) und FF0102 (links; Nord-Süd)

In den dargestellten Seismiklinien des Unteren Feistritztales (siehe Abbildung 23), nördlich der Stadt Fürstenfeld, sind ähnlich wie in den oben beschriebenen Seismiklinien RI 9901 und UL 9901 Sedimente des Obersarmat und des Pannon ausgewiesen. Markant sind auch Störungen, die bis an die Geländeoberfläche durchschlagen, erkennbar.

8.8.1.1.2 Bereich Jennersdorf – Loipersdorf

Die Seismiklinien nördlich der Stadt Jennersdorf wurden zur Korrelation der vorhandenen Bohrungen beauftragt. Die Seismiklinie JE 0101 (siehe Abbildung 24) zeigt Sedimente des Pannon und sehr

markante Reflektoren mit großen Amplituden im Obersarmat. Eine detaillierte stratigraphische Zuordnung fehlt jedoch. Diese Grenze Pannon Sarmat wurde aus den Bohrungen Binderberg 1 und Lautenberg 1, jedoch aus großer Projektionsdistanz und damit mit einigen Unsicherheiten, übernommen.

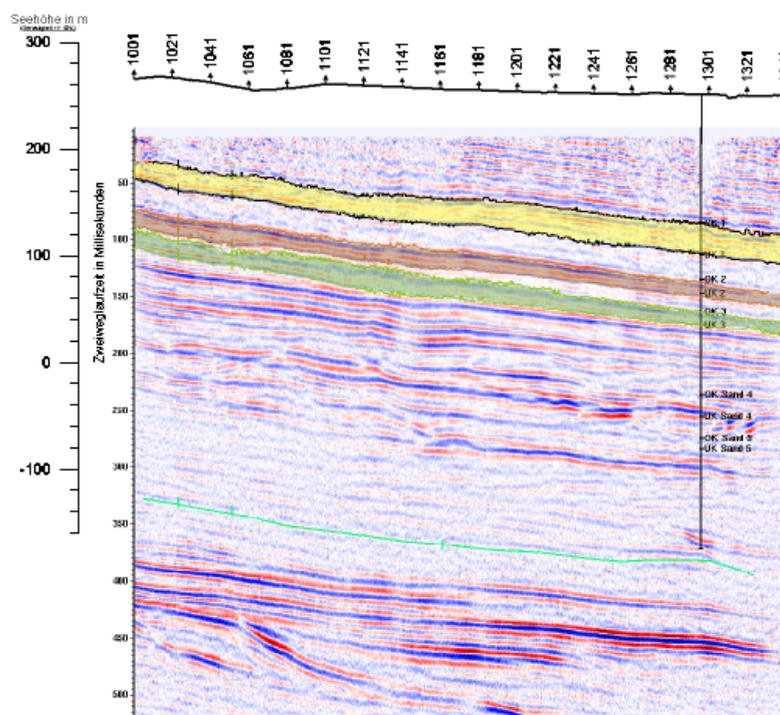


Abbildung 24: Seismiklinie JE 0101 (Nordwest-Südost) mit dem Brunnen 1

Es ist geplant in der neu abgeteufte Bohrung Grieselstein Thermal 1, die sich in der Nähe der Seismiklinie JE 0103 (Abbildung 26) befindet, stratigraphische Aufnahmen zu tätigen. Diese stratigraphischen Informationen können sodann über die Seismiklinien in die Fläche getragen werden. Erst ein „Einhängen“ von verlässlicher stratigraphischer Information rechtfertigt eine Neuinterpretation der Seismiklinien im Bereich von Jennersdorf. In der Abbildung 25 (Linie JE 0102) ist rezente tektonische Aktivität in Form von Abschiebungen gut ersichtlich.

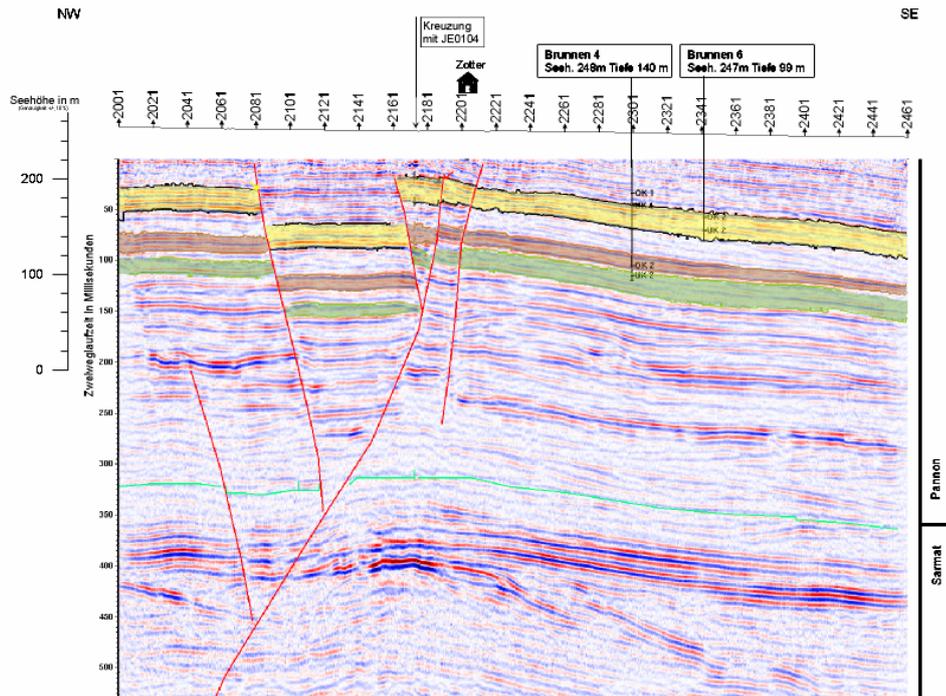


Abbildung 25: Interpretation der Reflexionsseismiklinie JE 0102 Nordwest-Südost)

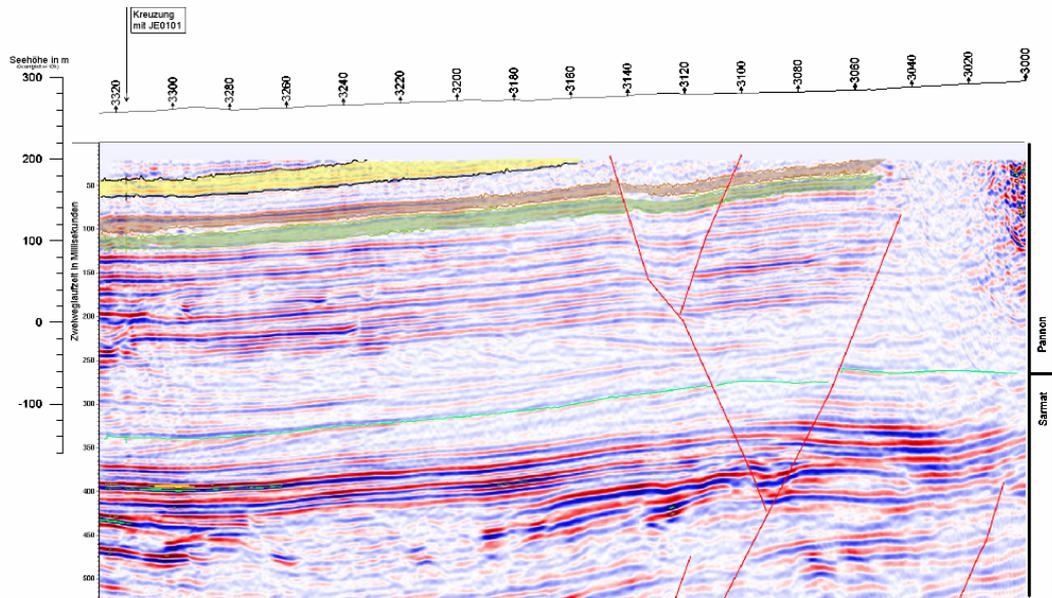


Abbildung 26: Interpretation der Reflexionsseismiklinie JE 0103 (Süd-Nord)

Trotz der Unsicherheiten in der stratigraphischen Zuordnung, vor allem jedoch in der fehlenden Unterteilung der Großeinheiten, erscheint jedoch gesichert zu sein, dass die Brunnen nördlich von Jennersdorf ausschließlich Sedimente des Pannon aufschließen.

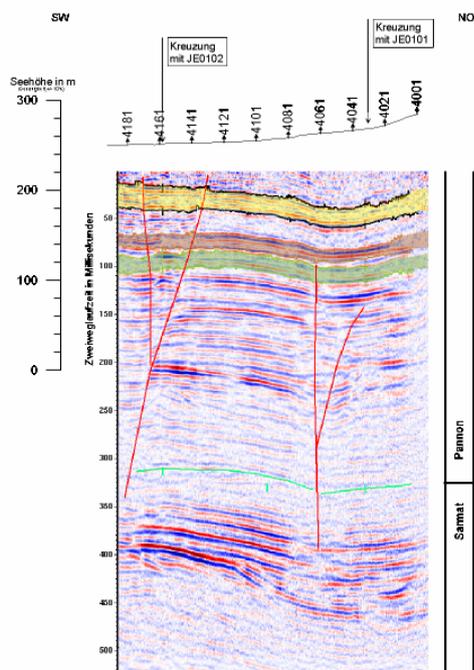


Abbildung 27: Interpretation der Reflexionsseismiklinie JE0104 (Südwest-Nordost)

Bezüglich der Bewertung der Qualität der vorhandenen Seismikdaten, die im Zuge dieses Projektes Neubearbeitet wurden, können folgende Überlegungen angestellt werden. Im wesentlichen sind im Projektgebiet Seismikdaten der Kohlenwasserstoffprospektion und einer bereits auf dieses Thema angepassten Tiefengrundwasserprospektion vorhanden. Die Abbildung 28 zeigt einen Vergleich zweier reflexionsseismischer Aufnahmen an derselben geologischen Position zum Zecke der Kohlenwasserstoffprospektion aus dem Jahr 1980 (links) und einer reflexionsseismischen Aufnahme zur Grundwasserprospektion aus dem Jahr 2001, JE 0103 (rechts).

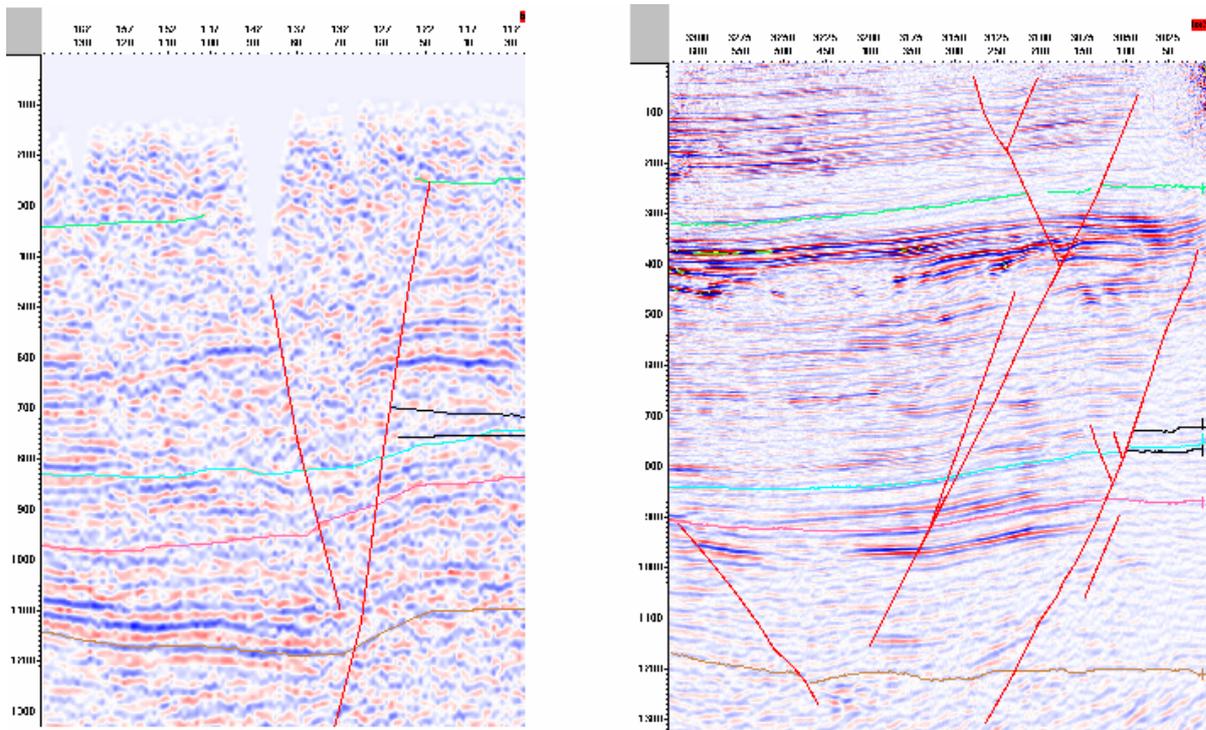


Abbildung 28: Vergleich zweier Seismiklinien an der selben geologischen Position

Beachtet man die Zeitskala an der linken Seite der Seismikbilder, so ist zu bemerken, dass die Seismiklinie der Erdölindustrie die ersten reflexionsseismischen Einsätze bei rund 200 Millisekunden (das entspricht im Neogenbecken rund 200 Meter) aufweist. Genau in diesem Tiefenbereich sind jedoch die meisten Bohrungen für den Aufschluss von Tiefengrundwässern situiert. Weiters ist die Datenqualität der beckeninternen Reflexionen in einer für die Kohlenwasserstoffprospektion geplanten Seismiklinie aus den Jahren 1980 für eine Interpretation auf Tiefengrundwässer zumeist zu niedrig. Einen wesentlichen Informationsgewinn erhält man aus einer Erdölseismik jedoch bezüglich der großtektonischen Strukturen, der Beckengeometrie und der generellen stratigraphischen Position einer speziellen Untersuchung in einem Sedimentbecken.

Daher ist es sinnvoll die Informationen aus den Erdölseismiklinien (geologische Position, stratigraphische Eingliederung, großtektonische Position udgl.) mit den Informationen aus den Seismiklinien, die gezielt zur Positionierung und zur Nutzung von Tiefengrundwässern angelegt wurden, zu verbinden.

8.8.1.1.3 Ilztal

Die reflexionsseismische Aufnahme im Ilztal wurde im Zuge von NANUTIWA wieder digital hergestellt (siehe Abbildung 29) und steht daher zur weiteren Bearbeitung zur Verfügung. Es wurde aus Aktualitätsgründen darauf verzichtet weiterführende Interpretationen durchzuführen. Diese Seismiklinie befindet sich als einzige Linie im Ilztal. Daher wäre es sehr schwierig, ein geologisches Modell zu kreieren.

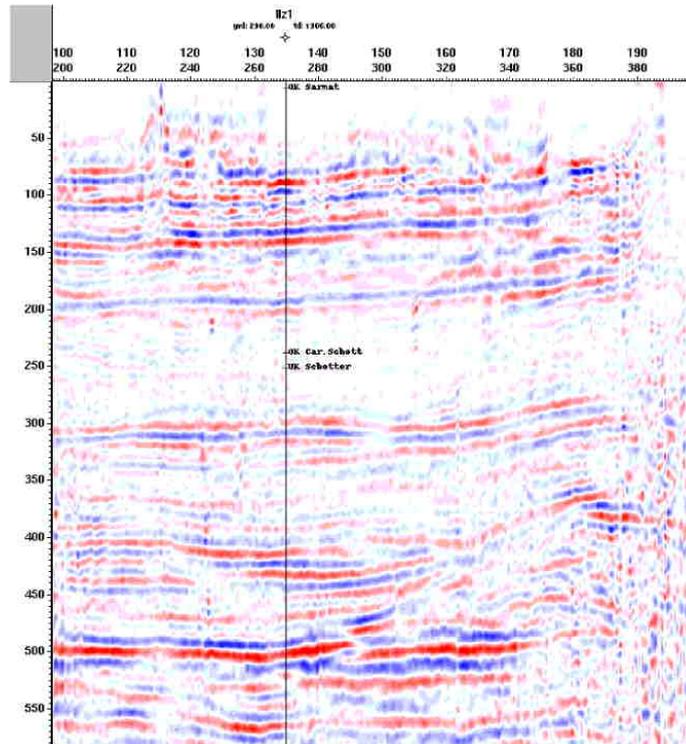


Abbildung 29: Reflexionsseismiklinie IL 9301(Nord-Süd)

Für etwaige weiterführende Bearbeitungen im Ilztal wird eine neue Datenbearbeitung (Reprocessing) empfohlen. Der Bearbeitungsstand dieser Seismiklinie liegt aus dem Jahr 1993 vor.

8.8.1.1.4 Bad Waltersdorf

Die seismischen Aufnahmen von Bad Waltersdorf (siehe Abbildung 30 und Abbildung 31) wurden im Rahmen von NANUTIWA ebenfalls digital rekonstruiert und stehen für weitere Bearbeitungen zur Verfügung. Untenstehende Abbildungen zeigen nur den jetzigen Bearbeitungsstand ohne Neuinterpretation. Auch an diesen Linien wurde aus Aktualitätsgründen darauf verzichtet weiterführende Interpretationen durchzuführen.

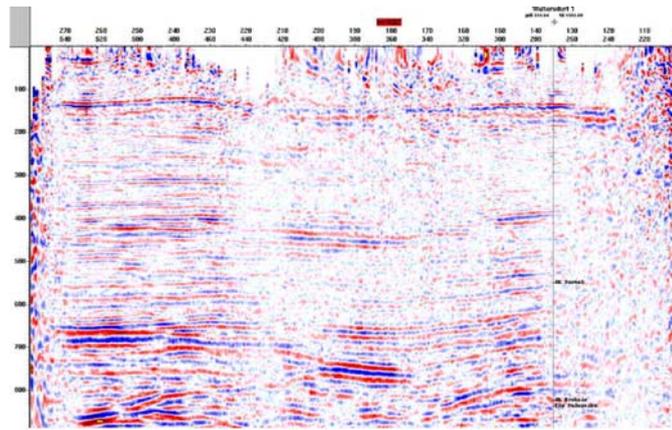


Abbildung 30: Reflexionsseismiklinie BW 9001 (Südost-Nordost)

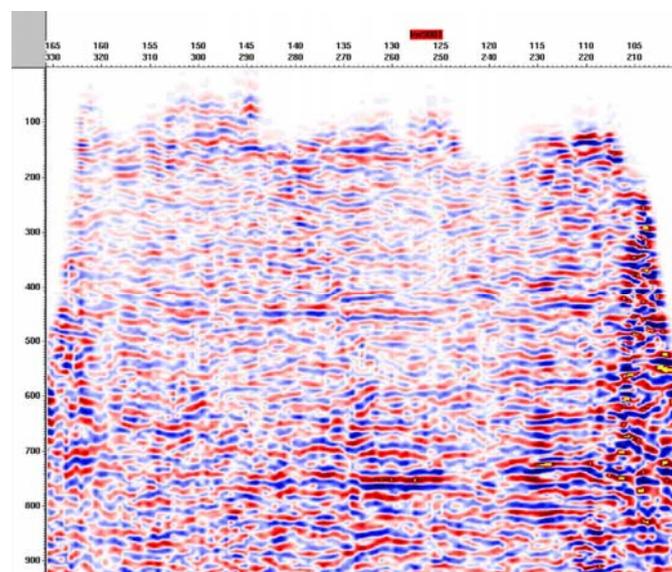


Abbildung 31: Reflexionsseismiklinie BW 9002 (West-Ost)

Die Seismiklinien Bad Waltersdorf BW 9001 und BW 9002 wurde im Jahr 1990 ausgewertet und interpretiert. Auch hier wird für eine etwaige Neuinterpretation eine Datenbearbeitung (Reprocessing) dringend empfohlen.

8.8.1.1.5 Oberes Lafnitztal/Stögersbachtal

Im oberen Lafnitztal und Stögersbachtal wurden im Jahr 2002 vier neue reflexionsseismische Aufnahmen durchgeführt. Die beiden Hauptlinien befinden sich einerseits im Stögersbachtal (OL 0201) zwischen Grafenschachen und Loipersdorf im Burgenland und andererseits im parallel liegenden Lafnitztal (OL 0203) zwischen Neustift an der Lafnitz und Markt Allhau. Die Seismiklinie OL 0202 dient als Verbindungslinie der beiden oben erwähnten Täler. Im Bereich nördlich der Ortschaft Neustift an der Lafnitz wurde eine „einzeln stehende“ Seismiklinie OL 0204 aufgenommen.

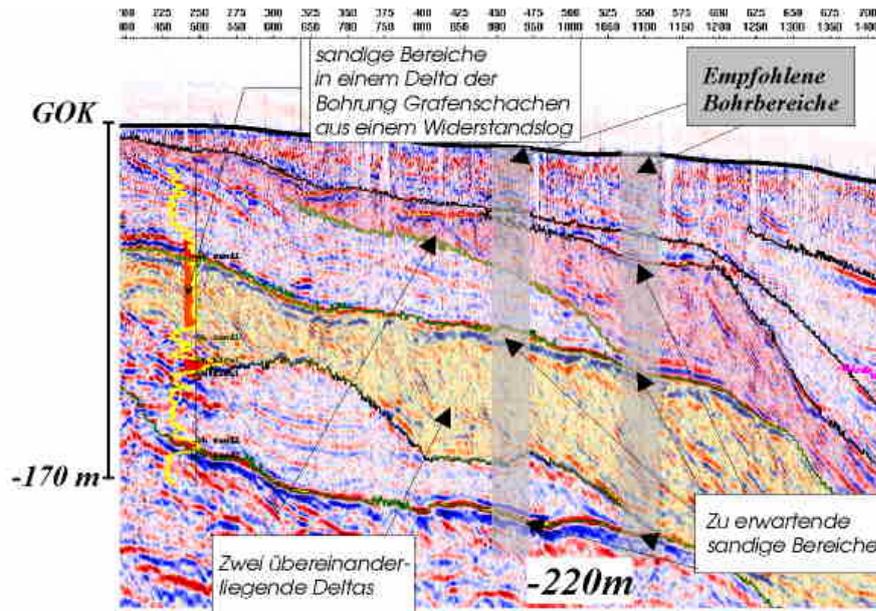


Abbildung 32: Reflexionsseismiklinie OL 0201 (Nord-Süd)

Am nördlichen Ende des Profiles im Stögersbachtal (OL 0201) sind mehrere Zyklen von deltaischen Einschüttungen, die zeitlich dem Baden zuzuordnen sind, ersichtlich. Die geologisch jüngste Ablagerungsphase innerhalb des Baden und damit das küstenferne Ende der Deltas liegt im Bereich des südlichen Endes der Ortschaft Grafenschachen (Abbildung 32, Position 550). Das frühe Stadium der Sedimenteinschüttung wurde als Alluvialfächer und beginnende Deltaablagerungen durch die Bohrungen Römerbrücke 1-3 und Grafenschachen 2 bereits aufgeschlossen. Innerhalb dieser Einheiten zeichnen die schräg- und steilstehenden Reflexionen die ehemaligen Deltafronten nach. Die starken Reflexionen am Top der schrägstehenden Reflexionen markieren grobklastische Sedimente. Aus dem vorhandenen Widerstandslog in der Bohrung Grafenschachen 2 wurde das Top als „Oberkante Sand 1“ ausgewiesen. In der Bohrung Römerbrücke 1 wurden in diesem Bereich durch eine Sedimentanalyse des Bohrmaterials Kiese nachgewiesen und dem oben erwähnten Horizont als „Oberkante Kies 1“ zugeordnet.

Es kann davon ausgegangen werden, dass diese deltatischen Ablagerungen im Bereich der Ortschaft Grafenschachen (Position 550) als mittel- bis grobklastische Sedimente in einer Tiefe bis rund 190 m in mehreren Abschnitten von großem wasserwirtschaftlichen Interesse sind.

Wie aus dem seismischen Profil OL 0201 ersichtlich, handelt es sich hier um mindestens zwei übereinander liegende Sedimentabfolgen, die jeweils an ihrem Top die maximale Korngröße erreichen. Die Deltasedimente weisen in diesem Bereich außerdem ihre größte Mächtigkeit auf.

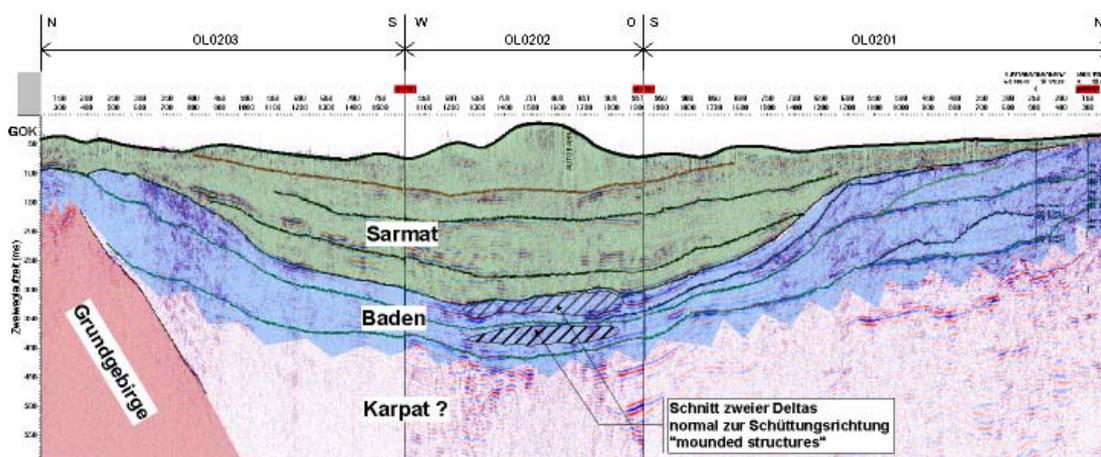


Abbildung 33: Seismiklinien OL 0203, OL 0202 und OL 0201

Die Seismiklinie OL 0202 liegt im Streichen der neogenen Sedimentation. Damit können etwaige wasserwirtschaftlich interessante Bereiche nicht in ihrer typischen Reflexionskonfiguration erfasst werden. Außerdem liegt das Profil OL 0202 bereits am südlichen Ende des im Profil OL 0201 abgebildeten Deltas (siehe Abbildung 32). Markant erscheint der südliche Auslauf der jüngsten Einschüttungen im Baden anhand sogenannter „mounded structures“ in einer Zeittiefe von rund 320 ms (siehe Abbildung 33). Daraus lässt sich schließen, dass das Delta seine größte südliche Ausbreitung unter dem Geländerücken zwischen dem Stögersbachtal und dem Lafnitztal besitzt. Ansonsten wurde das Profil OL 0202 vorwiegend dafür verwendet, um geologische Informationen aus den Bohrungen Grafenschachen 2 und Römerbrücke in das Lafnitztal zu übertragen.

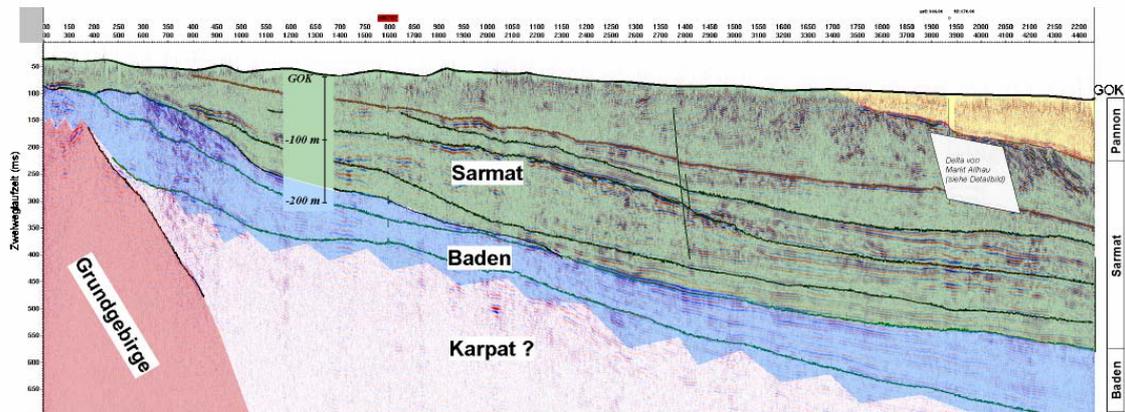


Abbildung 34: Reflexionsseismiklinie OL 0203 (Nord-Süd)

Das Gesamtbild der reflexionsseismischen Linie OL 0203 im Oberen Lafnitztal weist vergleichbare Sedimentationsbedingungen wie jene im Stögersbachtal auf. Im nördlichen Abschnitt dieses Profiles sind wiederum markante deltatische Einschaltungen (Position 200 bis Position 500) aus dem Baden zu erkennen. An deren Oberkante lassen sich mittel- bis grobklastische Ablagerungen, die für die Wassergewinnung von großem Interesse sind, vermuten. Letztere Einheiten werden nach oben durch sogenannte „onlaps“ begrenzt. Dies weist auf eine Transgression des ehemaligen Meeres hin. Die notwendigerweise vorausgegangene Regression des badenischen Meeres schließt die Ablagerungen der Einheiten des Baden ab. Durch den niedrigen Wasserstand traten diese in weiterer Folge an die Oberfläche und wurden dadurch teilweise wieder erodiert. Damit ist die Oberfläche dieser Deltaschüttungen als Erosionsrelief der Oberkante des Baden zuzuordnen.

Die hangenden Sedimente des Sarmat wurden wiederum durch mehrere Regressions- und Transgressionszyklen abgelagert. Die Grenze zwischen dem Unter- und Obersarmat als Transgressionsoberfläche bilden die sogenannten „Carinthischen Schotter“. Am Ende des Sarmat wurde ein mächtiges Delta, das am südlichen Ende der Linie OL 0203 reflexionsseismisch erfasst wurde, abgelagert. Die Oberkante dieses gut zu erkennenden Deltas ist der Sarmatoberkante zuzuordnen.

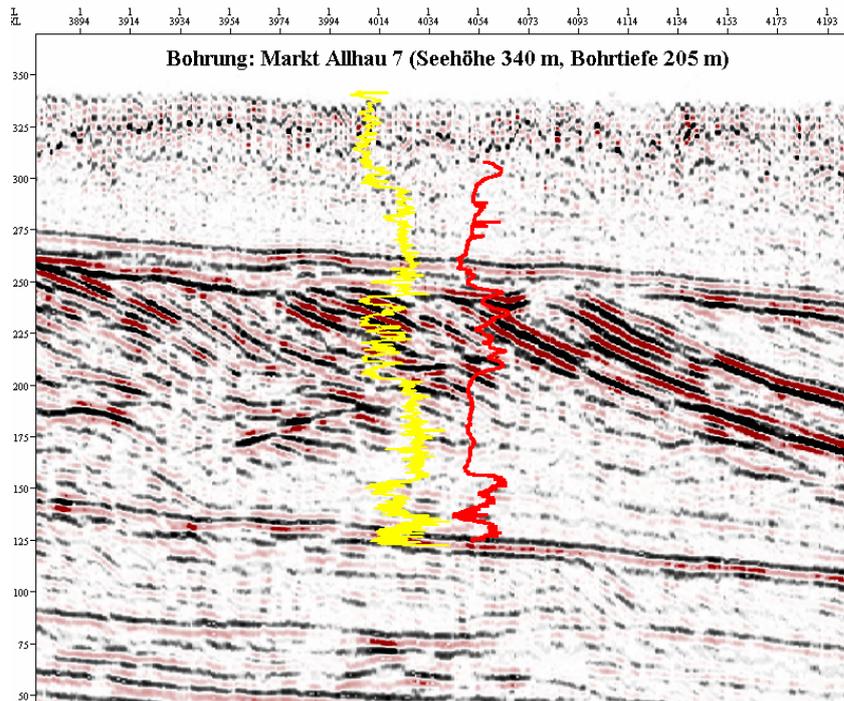


Abbildung 35: Detailausschnitt der Seismiklinie OL 0203 mit der Bohrung Markt Allhau 7

Abbildung 35 zeigt eine Detaildarstellung dieses Bereichs mit der Bohrung Markt Allhau 7. Das Ansteigen der Korngröße vom Liegenden zum Hangenden innerhalb der Deltaablagerungen ist aus dem Ansteigen des Widerstandslogs und dem Abfallen des Gammalog zu erkennen (coarsening upward-Sequenz).

8.8.1.1.6 Kaindorf/Dombachtal

Die vier Seismiklinien Kaindorf/Dombachtal wurden neu bearbeitet und wurden im November 2004 neu interpretiert.

8.8.1.1.6.1 Interpretation

Der geologische Rahmen der Seismiklinien wird durch deren Lage am Nord-Rand des Oststeirischen Neogenbeckens vorgegeben. Die in der publizierten *Reliefkarte des prätertiären Untergrundes des Steirischen Beckens (Kröll et al., 1988)* dargestellten Tiefenwerte werden in der Abbildung 37 wiedergegeben. Die dort angegebenen Tiefenwerte beziehen sich auf eine absolute Seehöhe über Adria und sind mit der entsprechenden Absoluthöhe der Untersuchungsgebiete zu korrigieren. Im vorliegenden Fall der Bohrungen Kaindorf 1 ist eine Seehöhe von zirka 320 m ü. A. anzusetzen. Die horizontale Achse der Abbildung 39 bis Abbildung 42 sind in Laufmeter vom Linienbeginn beschriftet. Die vertikalen Achsen sind in Zwei-Weg-Laufzeit (TWT) in Millisekunden (ms) skaliert, wobei die Referenzlinie vom 0 ms mit der absoluten Seehöhe von 0 m über Adria übereinstimmt.

Zweiweglaufzeiten über diesem Referenzniveau sind positiv beschriftet, Zweiweglaufzeiten unter diesem Referenzniveau sind negativ beschriftet.

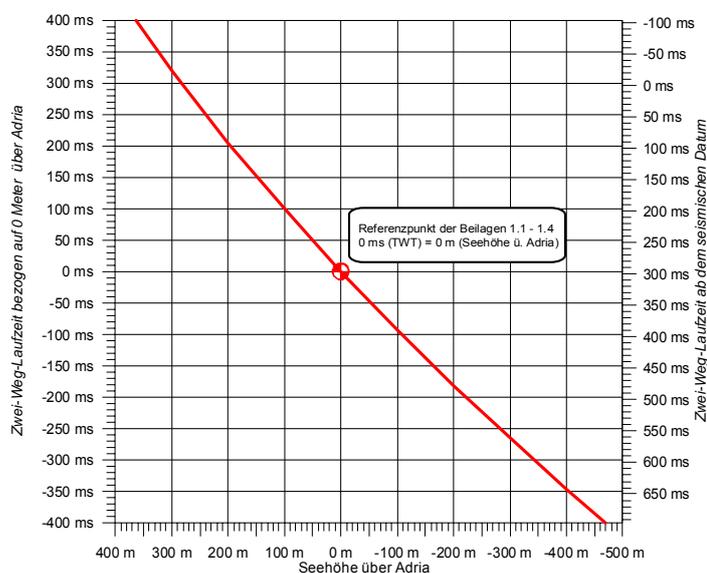


Abbildung 36: Aus dem Processing abgeleitetes Geschwindigkeitsmodell

Das seismische Referenzdatum (SRD) befindet sich bei allen Seismiklinien dieses Projektes bei 280 m über Adria. Mit dem vorhandenen Geschwindigkeitsmodell, siehe auch Abbildung 36 rechte Skala, aus dem Processing umgerechnet, entspricht dies einer TWT von 296 ms über dem Referenzniveau.

Mit einer Ablesung aus der Karte von rund 350 m und einem Korrekturniveau für die Seehöhe im Bereich der Bohrung Kaindorf 1 von 320 m ergibt sich eine Tiefenlage des Beckenuntergrundes von rund 670 m. Stellt man diese Abschätzung den Ergebnissen der reprocesssten Reflexionsseismik gegenüber, so muss hier entsprechend der Abbildung 41 eine Zwei-Weg-Laufzeit (TWT) von rund 400 ms, vom seismischen Datum bis zum Grundgebirge, gegenübergestellt werden. Eine TWT von 400 ms mit einer durchschnittlichen seismischen Geschwindigkeit von 1960 m/s in Tiefe umgerechnet ergibt eine Tiefenlage des prätertiären Untergrundes, korrigiert mit dem seismischen Datum von 280 m, von zirka 430 m. Es muss daher angenommen werden, dass in diesem Bereich des Beckenrandes die Tiefenlage des prätertiären Untergrundes als wesentlich seichtliegender (in diesem Beispiel um 240 m) als in der oben erwähnten Karte hervorgeht anzusetzen ist. Der Unsicherheitsfaktor (~ 10%) in dieser Berechnung stellt das benutzte Geschwindigkeitsmodell dar, das nur aus den vorhandenen Processinggeschwindigkeiten abgeleitet werden konnte. Nur eine Tiefbohrung, mit entsprechenden geophysikalischen Bohrlochmessungen zur Kalibrierung der Seismiklinien kann die tatsächliche Tiefe feststellen.

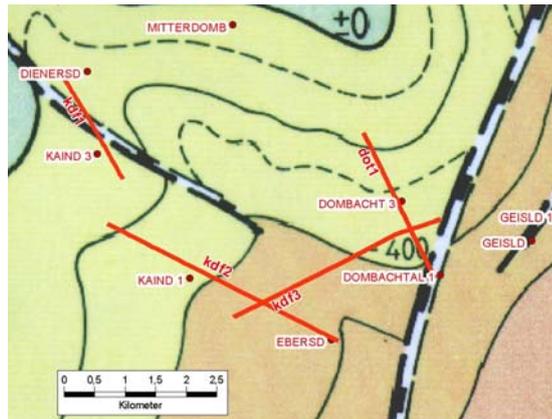


Abbildung 37: Die Lage der Seismiklinie im Bereich von Kaindorf bezogen auf die Strukturkarte Kröll et al., 1988.

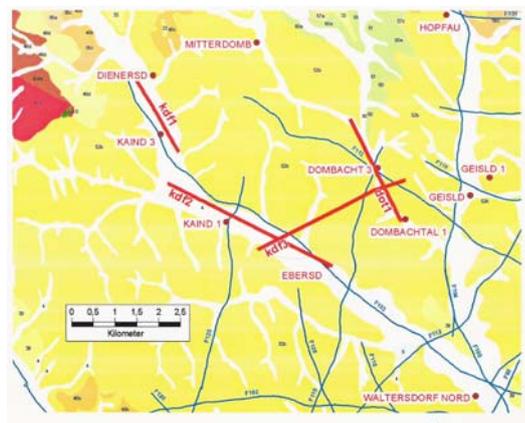


Abbildung 38: Ausschnitt der geologischen Karte und die Linien von Kaindorf (rot) und vorhandene Seismiklinien der KW-Prospektion der RAG (blau) im Steirischen Neogenbecken

Tektonische Ereignisse, wie das Einsinken des Grundgebirges, zeichnen sich bis in seichtliegende Sedimente, durch zum Teil vertikalstehende Versetzungen, durch. Diese geologischen Störungen wurden durch rote Linien in den Abbildung 39 bis Abbildung 42 eingezeichnet. Auf- und Abwölbungen in den erwähnten Horizonten lassen auch auf horizontale Verschiebungen (Transpression und Transtension) schließen.

Die geologische Positionen der interpretierten Horizonte innerhalb der Sedimente im Neogenbecken ist der Abbildung 38 zu entnehmen. Die dunkelgelben Bereiche mit der Nr. 52b ist den Sedimenten des Pannon zuzuordnen. Im Bereich des Dombachtals sind Sedimente des Sarmat mit der Nr. 60, 60a und 61 (hellgrün) aufgeschlossen. Daraus lässt sich schließen, dass die Pannonüberdeckung im Bereich der Seismiklinien geringmächtig ist. Daher ist anzunehmen, dass ein Großteil der in den Seismiklinien erfassten seichtliegenden Sedimente dem Sarmat zuzuordnen sind. Ob sich im Liegenden der Sedimente des Sarmat in diesem Bereich weitere Neogensedimente (Baden, Karpat)

befinden, ist vorerst aus den vorhandenen Daten nicht eindeutig abzuleiten. Das in unmittelbarer Nähe (Entfernung 2700 m) anstehende Grundgebirge spiegelt sich als seichtliegender Reflektor H1 (schwarz) in den Seismiklinie wider.

8.8.1.1.6.2 Detailbeschreibung der Seismiklinien

Die Angaben der Zwei-Weg-Laufzeiten in den untenstehenden Kapiteln beziehen sich auf das Referenzniveau von 0 m Seehöhe (= 0 ms) und nicht auf das seismische Referenzdatum (SRD). Die Umrechnung der aus den Abbildung 39 bis Abbildung 42 abgelesenen Zwei-Weg-Laufzeiten erfolgte mit dem Geschwindigkeitsmodell der Abbildung 36.

8.8.1.1.6.3 Seismiklinie Dombachtal 1 (dot1)

Das Grundgebirge (H1, schwarz) liegt im Norden bei rund -160 ms und im Süden bei rund -350 ms, was einer Tiefe von zirka -170 m bzw. -400 m Seehöhe entspricht. In der oben zitierten Grundgebirgskarte von Kröll et al., 1988, sind hier Tiefenwerte von -180 m bis -400 m abzulesen, was einer guten Übereinstimmung entspricht. Markant sind Abschiebungen mit Beträgen von wenigen Zehnermetern ersichtlich.

Die mit roter und pinker Farbe eingezeichneten Horizonte (H2 und H3) dienen nur zur Verdeutlichung einer ersten Phase der Bruchtektonik, da diese sich gut korrelieren lassen. Auf eine detaillierte Beschreibung dieser Horizonte wird verzichtet.

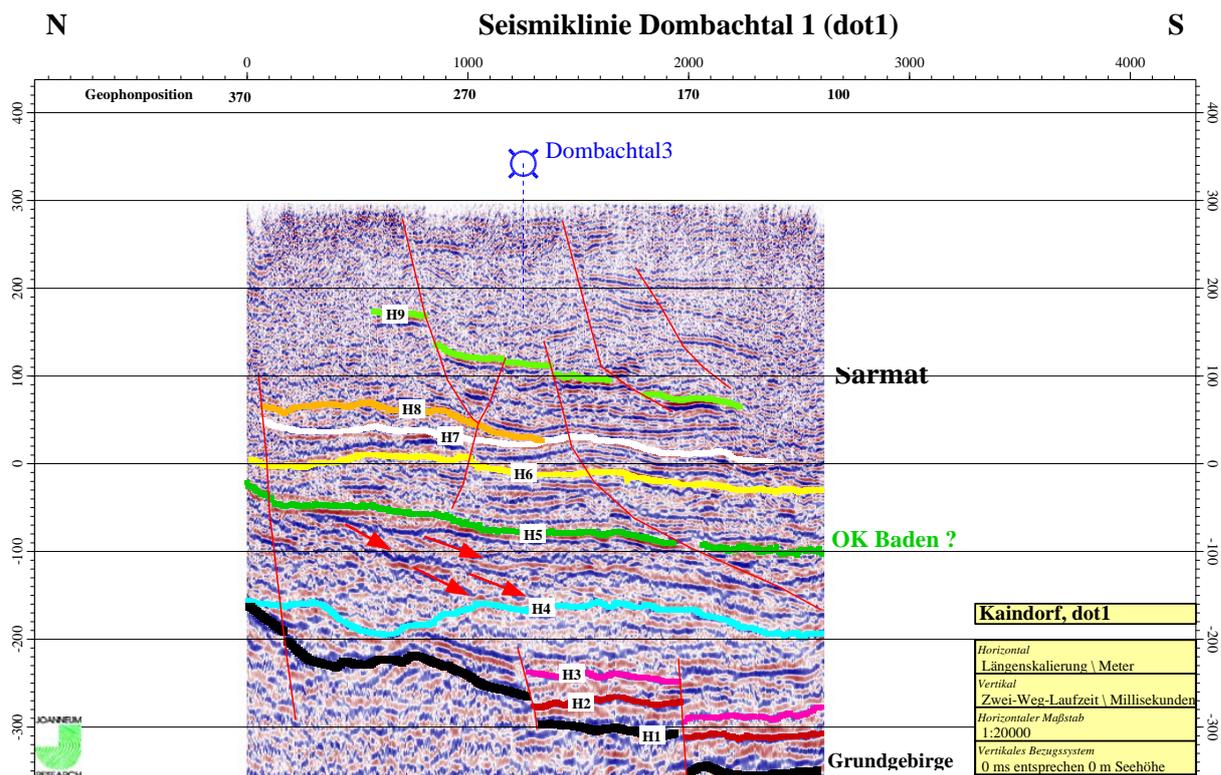


Abbildung 39: Seismiklinie Dombachtal 1

Der hellblau eingezeichnete Horizont (H4) stellt die Basis einer zweistufigen Progradation aus der Pöllauer Bucht dar. Rote Pfeile sollen die schrägstehenden Reflexionen, die auf Deltasedimente hindeuten, hervorheben. Abgeschlossen wird dieser Sedimenteintrag bei Wasserspiegelhochstand mit einem Wasserspiegelrückgang (Regression) und anschließender Transgression, deren Basis mit einem dunkelgrün eingezeichneten Horizont (H5) markiert ist. Vergleiche mit einer weiteren Seismiklinie (OL0201) am Nordrand des Steirischen Beckens im Bereich des Stögersbachtals, lassen den Schluss zu, diese progradierenden Deltasedimente ins Baden zu stellen. In der erwähnten Seismiklinie OL0201 wurde die auf die zirka 100 m mächtigen Deltasedimente folgende nächste Transgression ins Sarmat gestellt. Es wird daher auch für diese Seismiklinien angenommen, dass die Oberkante des Baden dem dunkelgrün markierten Horizont (H5) entspricht. Ein Beweis durch einen Bohraufschluss fehlt jedoch.

Der Horizont H8 stellt die Oberkante eines kleinräumigen Deltavorbaues dar.

8.8.1.1.6.4 Seismiklinie Kaindorf 1 (kdf1)

Die Seismiklinie Kaindorf 1 hängt räumlich nicht unmittelbar mit den in diesem Bericht neubearbeiteten Seismiklinien zusammen. Sie liegt zirka 100 m nördlich der Seismiklinie kdf2 und kreuzt diese nicht. Daher ist eine eindeutige Korrelation nicht möglich. Gesichert scheint die Tiefenlage des Grundgebirges in einer Laufzeit von -40 ms am Nord- und am Südende, das einer

Seehöhe von –50 m entspricht. Jedoch befindet sich zirka in der Mitte dieser Seismiklinie ein Grundgebirgsrücken, der als Horst im Süden und im Norden durch eine Abschiebung begrenzt ist. Die Tiefenlage dieses Horstes kann mit 100 m ü. Adria angegeben werden. Die Grundgebirgskarte von Kröll et al., 1988, zeigt hier Tiefen von - 150 m im Norden bis –180 m im Süden, wobei eine Nordwest-Südost streichende Störung mit der Tiefscholle im Nordosten ausgewiesen ist.

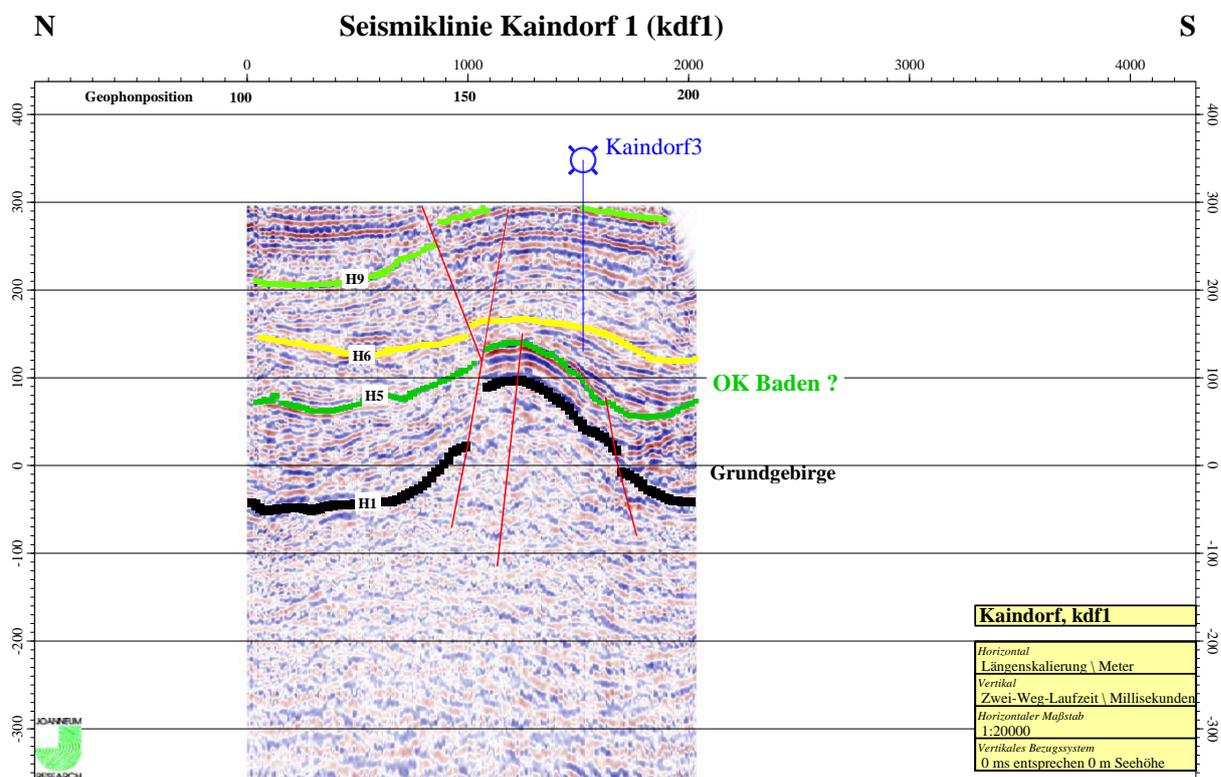


Abbildung 40: Seismiklinie Kaindorf 1 (kdf1)

Der Horizont H5 stellt an beiden Seiten der Horststruktur die Basis von deutlichen onlaps dar und wird daher als die vermutlich erste Transgression im Sarmat interpretiert. Dieser dunkelgrün eingezeichnete Horizont wird in der Abbildung 40 als Oberkante der Sedimente des Baden ausgewiesen.

8.8.1.1.6.5 Seismiklinie Kaindorf 2 (kdf2)

Die Seismiklinie Kaindorf 2 zeigt in ihrem Nordwest-Südost Verlauf ein deutliches Einfallen des Grundgebirges H1 in Richtung des Fürstenfelder Teilbeckens. Am Nordwestende ist eine Seehöhe von rund (+100ms) 100 m und am Südostende eine Seehöhe von rund (-370 ms) – 450 m ü. Adria des Grundgebirges abzulesen. In der Grundgebirgskarte von Kröll et al., 1988 sind Tiefenwerte von zirka –180 m bis –600 m eingezeichnet. Aufgrund der in diesem Projekt vorliegenden Seismiklinien liegt das Grundgebirge um durchschnittlich 215 m seichter, als bisher in der Grundgebirgskarte von Kröll et al., 1988, publiziert.

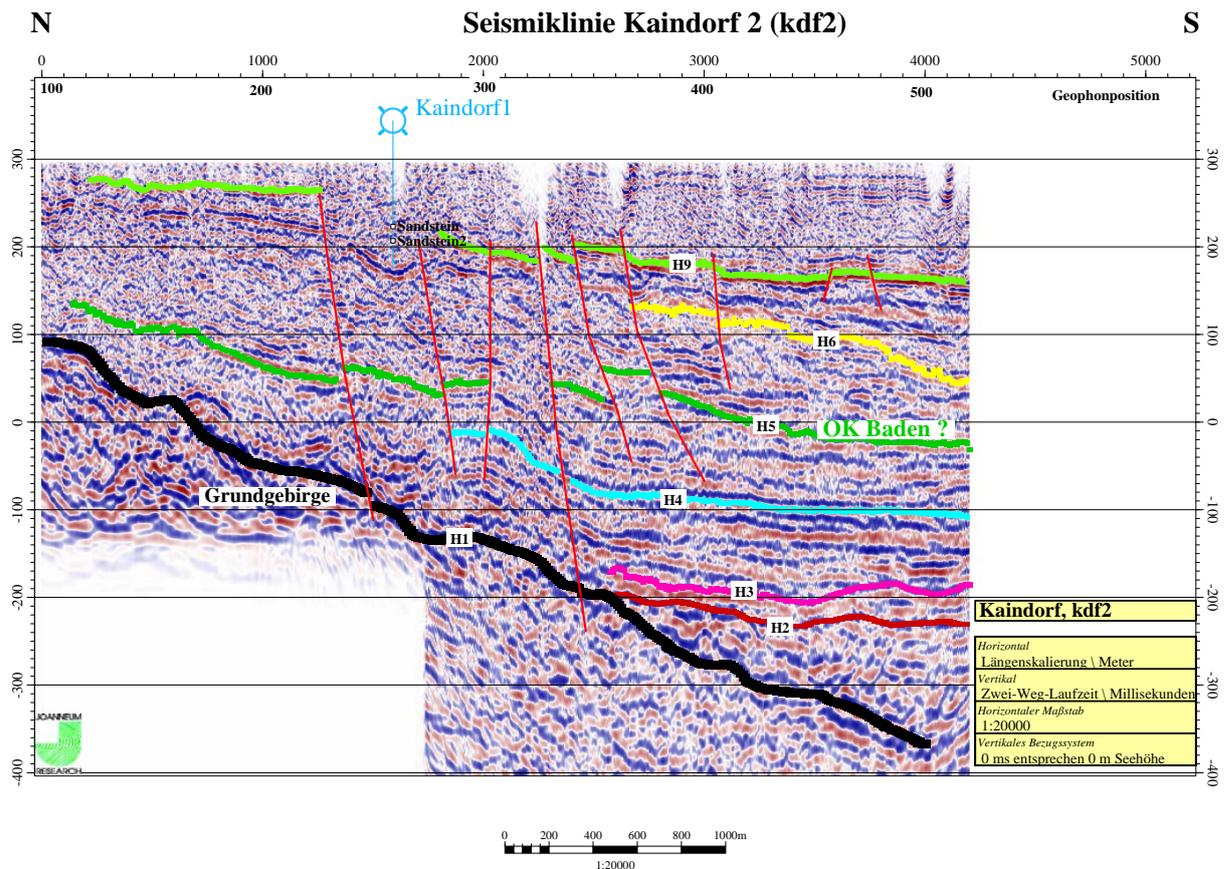


Abbildung 41: Seimiklinie Kaindorf 2 (kdf2)

Der Horizont H3 bildet einen lokalen Überflutungshorizont (maximum flooding surface) vermutlich innerhalb des Baden. Der Horizont H2 stellt einen mit den Seismiklinien kdf3 und kdf1 gut korrelierbaren internen Reflektor dar.

Der hellblaue Horizont H4 stellt einerseits die Basis der in der Linie dot1 progradierenden Sequenz dar. Diese Progradation ist jedoch auf dieser Seismiklinie nicht deutlich ausgeprägt. Andererseits befinden sich im Liegenden dieses Horizontes Merkmale eines progradierenden Deltas. Es kann angenommen werden, dass das fluvatile System wechselweise das jetzige Dombachtal oder das Pöllauer Safental bediente.

Der dunkelgrüne Horizont H5 zeigt an seinem Hangenden Transgressionenonlaps und stellt somit eine sogenannte Transgressionsoberfläche dar. Diese Transgression wird in dieser Arbeit bereits ins Sarmat gestellt, und damit der Horizont H5 als Oberkante Baden ausgewiesen. Wie bereits beschrieben, fehlen jedoch eindeutige stratigraphische Hinweise vollständig.

Der Horizont H6 zeigt am Südenende des Profiles eine deutliche Schrägstellung und kann daher als Oberfläche eines Deltavorbaus interpretiert werden. Die Tiefenlage der Deltasedimente kann mit rund 200 – 250 m angegeben werden, und erscheint daher wasserwirtschaftlich interessant.

Der Horizont H9 zeigt einen deutlichen Reflektor mit hoher Amplitude, was auf einen großen Härteunterschied (Reflexionskoeffizient) der benachbarten Schichten schließen lässt. Dieser Härteunterschied wird in der Bohrung Kaindorf 1 mit den Bohraufnahmen, die hier Sandsteine ausweisen, untermauert. Markant sind die Horst und Graben Bruchstrukturen mit einem generellen Einfallen nach Süden zu erkennen. Diese Bruchstrukturen stellen eine zweite tektonisch aktive Phase dar.

8.8.1.1.6.6 Seismiklinie Kaindorf 3 (kdf3)

Die Seismiklinie Kaindorf 3 stellt die Verbindungslinie zwischen den Nord-Süd verlaufenden Linien Kaindorf 2 und Dombachtal 1 dar, und weist eine West-Ost Richtung auf. Das Ausfallen der Dateninformation im Mittelbereich der Linie kann einerseits der Hügelstruktur und damit einhergehenden Problemen mit der Datenakquisition zugeschrieben werden, andererseits kann das Vorhandensein eines großen Störungssystems die Ursache darstellen. Vermutlich sind beide Möglichkeiten zusammen die Ursache für den Datenausfall. Aufgrund des unterschiedlichen Höhenniveaus der korrelierten Horizonte der Seismiklinien dot1 und kdf2 wird von einer nach Osten einfallenden Abschiebung ausgegangen. Die Seehöhe des Grundgebirges im Westen der Linie Kaindorf 3 kann mit rund -280 m und im Osten mit rund -340 m angegeben werden. In der Grundgebirgskarte von Kröll et al., 1988, sind an der Position im Westen rund -500 m und an der Position im Osten rund -350 m abzulesen.

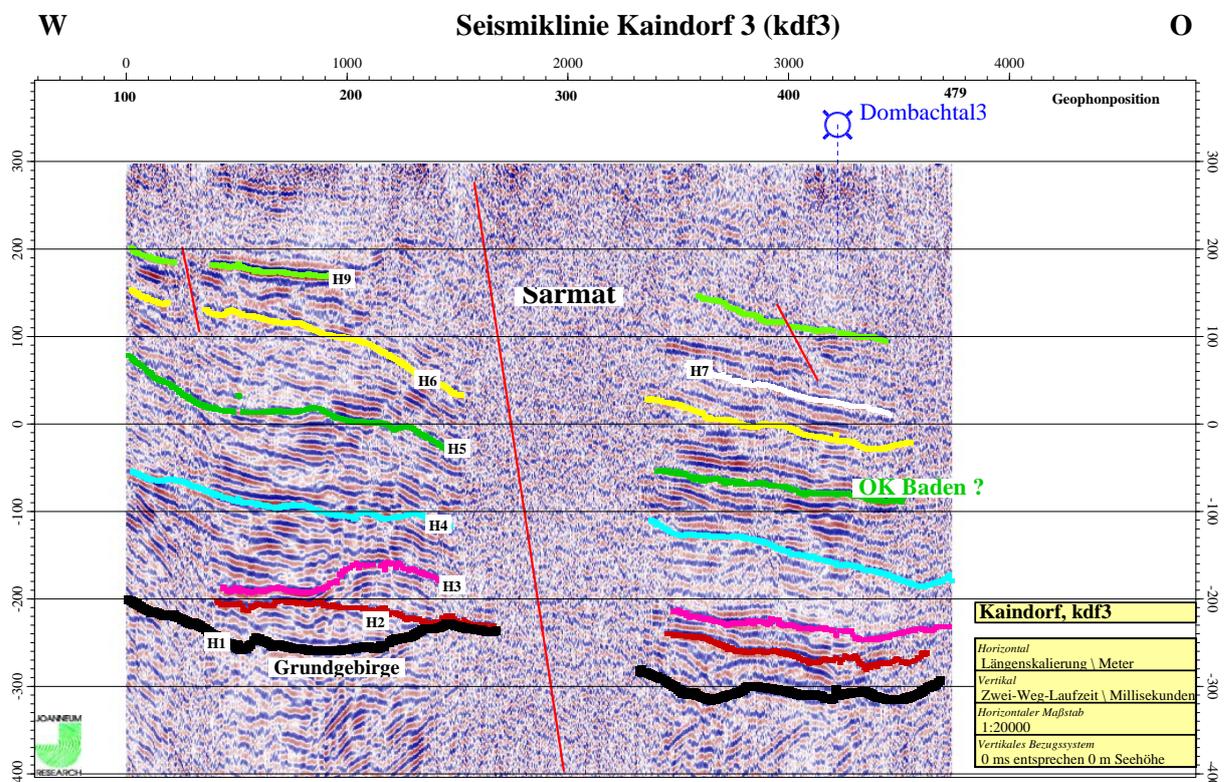


Abbildung 42: Seismiklinie Kaindorf 3 (kdf3)

8.8.2 Seismofazies Obersarmat

Im Obersarmat können zwei Sequenzen (OSa-1 und OSa-2) ausgewiesen und der Gleisdorfformation nach FRIEBE (1994) zugeordnet werden. Die Basis der Sequenz OSa-1 bilden die „Carinthischen Schotter“, die in der Bohrung Ilz Thermal 1 als 13 m mächtiger Sandhorizont angetroffen wurde. Der Sedimenteintrag wird aus westlicher Richtung angenommen, wobei progradierende Systeme in Ablagerungen des tieferen Wassers im Osten übergehen.

Die Sequenz OSa-2, die hangend zur Sequenz OSa-1 liegt, wird aufgrund ihrer ebenen, parallelen bis leicht divergenten Reflexionskonfigurationen als Ablagerung des Schelfbereiches angesehen. Es handelt sich um gemischt siliziklastische - karbonatische Abfolgen mit Lagen oolithischer Sandsteine. Die Hangendgrenze der OSa-2 zeigt ein gut erkennbares Erosionsprofil mit bis zu 60 m tiefen eingeschnittenen Tälern (incised valleys) und stellt die Sarmat-Pannongrenze dar. Die Erosion greift stellenweise bis unter die Liegendgrenze durch. Damit wird ein Meeresspiegelrückgang von mindestens 60 m angenommen, sofern die Erosion nicht die Gesamtmächtigkeit herabgesetzt hat.

8.8.3 Seismofazies Pannon

Im unteren Pannon werden von KOSI zwei Sequenzen UPa-1 und UPa-2 ausgewiesen. Beide Sequenzen sind typische Abfolgen mit Sedimenten eines relativen Meeresspiegelrückganges (Lowstand Systems Tract LST), einer transgressiven Phase (Transgressive Systems Tract TST) und einem relativen Meeresspiegel Hochstand (Highstand Systems Tracts HST) mit progradierenden Ablagerungen.

Die Untergrenze der Sequenz UPa-1 stellt die Sarmat-Pannon Grenze dar. Die durch die überregionale Erosion entstandenen Täler (incised valleys) werden mit Sedimenten aus dieser Sequenz (LST und TST) wieder aufgefüllt. Die durch die Transgression abgelagerten Sedimente werden in die Eisengrabensubformation als liegender Teil der Feldbachformation gestellt. Die im HST dieser Sequenz abgelagerten Sedimente werden in die Siegelegg und Kapfenstein-Subformation (Sbfm.) gestellt.

Nach einer Regression im Pannon wird eine weitere Sequenz UPa-2 abgelagert. Die Sedimente dieser Sequenz (TST, HST) werden in die Mayerhansel-Sbfm., die mit der Münzgrabenbank abschließt und in die Kirchberger-Sbfm. mit der hangenden Karnerberger-Sbfm. korreliert. Ein Ausschnitt einer interpretierten Seismiklinie zeigt die untenstehende Abbildung 43.

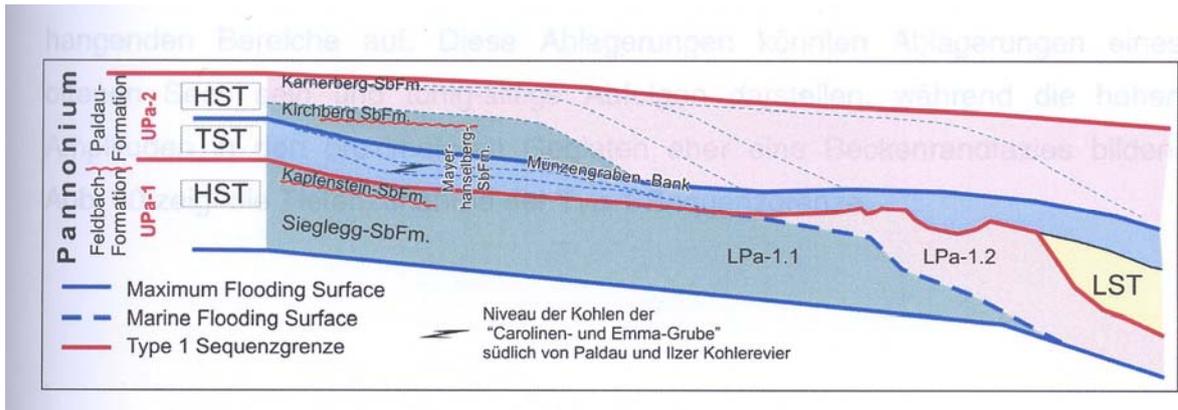


Abbildung 43: Aus KOSI, 2002: Die Zuordnung der Sequenzen UPa-1 und UPa-2 zu der lithostratigraphischen Gliederung nach GROSS (2000).

Die Schichten von Loipersdorf und Unterlamm werden ins Mittelpannon der Zone D/E gestellt. Es handelt sich um Sand-Ton Wechsellagerungen, wobei die seismische Fazies auf ein flaches Ablagerungsmilieu hindeutet. Diese Ablagerungen sind auf einen erneuten Wasserspiegelanstieg, der nach Ablagerung des letzten HST über die SBS erfolgte, zurückzuführen.

8.9 Geoelektrik

Vom Büro MEYER wurden in den Jahren 1979 bis 2001 eine Vielzahl von geophysikalischen Untersuchungen im burgenländischen Teil des Projektgebietes durchgeführt.

Dabei handelt es sich in erster Linie um geoelektrische Tiefensondierungen, welche einerseits indirekt für das Projekt „Grundwasserhöflichkeit Südburgenland“ in mehreren Teilschritten durchgeführt wurden, andererseits als Voruntersuchungen für konkrete Grundwassererschließungsvorhaben beauftragt waren. Insgesamt liegen 1206 geoelektrische Tiefensondierungen in den Bezirken Oberwart, Güssing und Jennersdorf vor, welche in Form von (teilweise standardisierten) Einzelberichten vorliegen.

Die hauptsächlich mit der symmetrischen Vierpunktanordnung nach Schlumberger durchgeführten Tiefensondierungen (Gleichstromverfahren) wurden in Abhängigkeit des Bearbeitungszeitpunktes (beginnend etwa mit 1978) teilweise per Vergleich mit Standardkurven (Zwei- und Dreischichtkurven), in weiterer Folge mit verschiedenen Computerprogrammen ausgewertet und hydrogeologisch hinsichtlich Grundwasserhöflichkeit an Hand vorliegender Aufschlüsse interpretiert.

Bei der nunmehrigen Aufarbeitung der Unterlagen wurden die Tiefensondierungspunkte koordinativ dokumentiert, digitalisiert sowie hinsichtlich der Eindringtiefe bewertet. Der jeweiligen Fragestellung entsprechend wurde in der diesbezüglich gesondert angelegten Datenbank neben Punktkoordinaten die Eindringtiefe der Messungen aufgrund der vorgenommenen Auslageweiten angegeben.

Hinsichtlich der Bearbeitung innerhalb des Projektes NANUTIWA ist dazu anzumerken, dass die Tiefensondierungen

- für flurnahe Fragestellungen, etwa bis 10/20 m unter Gelände
Auslageweiten von ca. AB = 80 – 150 m,
- für mitteltiefe Fragestellungen, etwa bis 50/70 m unter Gelände
Auslageweiten von ca. AB = 300 – 400 m und
- für tiefere Fragestellung, etwa bis 150 m unter Gelände
Auslageweiten von ca. AB 600 – 800 m

angewandt wurden.

Nach eingehender Sichtung der Unterlagen stehen im Regelfall noch die Rohdaten (direkte Geländemessdaten), insbesondere ältere Messserien mit entsprechender Dokumentation für eine allfällige, dem derzeitigen Stand entsprechende EDV-gestützte Auswertung und Reinterpretation, nicht zuletzt aufgrund neuerer damals nicht bekannter Bohraufschlüsse, zur Verfügung.

8.10 Geologisch-strukturelle Gliederung und hydrogeologische Eigenschaften des Prätertiärs

Das Oststeirische Becken wird im Nordwesten und Norden von prätertiärem Grundgebirge aus verschiedenen tektonischen Großeinheiten umrahmt, welche sich unter der tertiären Beckenfüllung fortsetzen. Diese Gesteine des Untergrundes und der Umrahmung sind das Herkunfts- und Liefergebiet für die Sedimentfüllung des Steirischen Tertiärbeckens. Die Tektogenese des Raumes (Hebung), die tektonischen Strukturen (Zerlegungsgrad), die Lithologie der Formationen und die Lagebeziehung (Entfernung) zum Senkungsraum bedingen die Ausbildung und damit im weiteren Sinne auch die hydrogeologischen Eigenschaften der Beckenfüllung.

Die Übergangszone der Grundgebirgsumrahmung zur tertiären Beckenfüllung ist bei Vorliegen günstiger Verhältnisse auch als mögliche Dotationszone für Tiefengrundwasser von Bedeutung. Aus Tiefbohrungen (z.B. Blumau 1a) ist bekannt, dass die klüftigen Karbonate des Grazer Paläozoikums im Inneren des Steirischen Beckens Thermalaquifere darstellen können.

Die Beschreibung der Einheiten beschränkt sich auf die innerhalb der Untersuchungsgebietsumgrenzung auftretenden tektonischen Einheiten und Formationen. Der aus hydrogeologischer Sicht interessante Übergang der Grundgebirgsumrahmung zur Füllung des Tertiärbeckens wird in den nachstehenden Beschreibungen mitbehandelt.

8.10.1 Grazer Paläozoikum (Schwach metamorphes Grundgebirge; OOA)

Im Nordwesten des Untersuchungsgebietes, im oberen Einzugsgebiet der Raab stehen Gesteine des Grazer Paläozoikums (Oberostalpin) an. Bohrungsergebnisse weisen darauf hin, dass weite Teile des Vorkommens unter der Tertiärbedeckung des Steirischen Beckens liegen. Es umrahmt den Feldbacher Kristallinsporn und baut die Südburgenländische Schwelle auf.

Am Beckenrand sind im oberen Einzugsgebiet der Raab devonische Karbonate der Schöcklgruppe (Schöcklkalk) verbreitet, gegen Nordwesten folgen Phyllite (Passailer Phyllite, Devon). Aus hydrogeologischer Sicht können die verkarstungsfähigen Karbonatbereiche mit vorherrschend unterirdischer Entwässerung und die minderdurchlässigen phyllitischen Gesteine des Grazer Paläozoikums mit vorwiegend oberirdischem Abfluss unterschieden werden.

In den durch tektonische Strukturen begünstigten Erosionsrinnen wie nördlich von Weiz, in der von Passailer Phylliten umrahmten Naaser Bucht, treten Rotsedimente (Schichten von Naas, ? Ottnang - Karpat) und kristalline Blockschuttbrekzien auf, die in das Baden eingestuft werden. Nach KRÄINER (1987) bilden die Schichten von Naas eine fining-upwards Folge (debris flows) mit einer basalen Blocklage und einer Wechselsequenz von matrixgestütztem Blockschutt, Gerölltonen, tonigen Sanden, Silten bis Tonen. Die schlecht gerundeten Geröllkomponenten aus Quarz, phyllitischen Schiefern, Quarziten, Sand- und Siltsteinen stammen aus dem umgebenden Grazer Paläozoikum. Nach der beschriebenen feinkornreichen Lithologie sind diese Bildungen als Geringleiter anzusprechen, welche die erosive Hohlform plombierten.

Innerhalb des Grazer Paläozoikums, im Bereich von Passail – Schrems blieb inneralpines Jungtertiär erhalten.

8.10.2 Polymetamorphes Grundgebirge (MOA, UOA)

Dem Grazer Paläozoikum im Süden und Südosten vorgelagert und in tektonisch tieferer Position liegt das Radegunder Kristallin (Mittelostalpin n. TOLLMANN). Die Schichtfolge besteht aus Gneisen umhüllt von Glimmerschiefern. Nach der Lithologie sind die Gesteine als minderdurchlässige Gesteine mit vorherrschendem oberirdischen Abfluss zu klassifizieren.

Der östliche Sporn des Radegunder Kristallins wird von Schichten des Sarmat der Weizer Bucht umrahmt, während gegen Westen Pannon anlagert.

Gegen Osten folgen das Angerkristallin (Granatglimmerschiefer mit Marmor und Pegmatiteinschaltungen) sowie die unterostalpinen Grobgnaisseinheiten des Rabenwald-Kulm-Kristallins. Der Gesteinsaufbau der Grobgnaisseerie umfasst Amphibolite, Augengneise und verschiedene Paragneise. Der kristalline Schichtaufbau ist hydrogeologisch als Geringleiter mit vorherrschendem oberirdischen Abfluss zu klassifizieren.

Im Bereich von Puch bildet kristalliner Blockschutt (?Karpas) den Übergang vom Grundgebirge (Grobgnesserie) zur tertiären Beckenfüllung. Der Blockschutt, der auch im Pucher Becken in Bohrungen angetroffen wurde (z.B. Glatzenberg, Puch II; KRÄINER 1987), wird transgressiv von Sarmat bzw. Pannon (Pucher Schotter) überdeckt. Nach den Aufschlüssen am Ilzberg und den Bohrergebnissen ist der Blockschutt matrixreich ausgebildet, was aus hydrogeologischer Sicht Geringleitereigenschaften bedingt.

Im Becken von Puch liegen die pannonen Pucher Schotter dem Rabenwald- und Kulmkristallin auf. Die Schichtfolge umfasst matrixgestützte Grobkiese (Beckenrand), Kiese und Sande bis Silte. Auf Grund der Ausbildung mit dem größeren Potenzial an durchlässigen Schichten erscheint hier eine hydraulische Anbindung der kristallinen Beckenumrahmung an die tertiäre Beckenfüllung möglich.

Die Pöllauer Bucht greift tief in das Rabenwald-Kristallin ein. Die Erosionsform ist durch matrixreiche Konglomerate und Blockschotter erfüllt, welche aus der unmittelbaren Umgebung stammen. Die nach der geologischen Karte 1984 dem Karpas zugeordneten Schichten werden von NEBERT als pliozäne Bildungen eingestuft. Für diese Schichten am Übergang der Grundgebirgsumrahmung zum Tertiärbecken sind ebenfalls eher Geringleitereigenschaften anzunehmen.

Der Grundgebirgsbereich nördlich von Hartberg zählt ebenfalls zur Grobgneseinheit des unterostalpinen Semmering-Wechsel Systems mit Ortho- und Paragneisen, Amphiboliten und Granatglimmerschiefern. Im Übergangsbereich zum Tertiärbecken leiten dem Karpas zugeordnete Blockschuttbildungen zur Schichtfolge des Sarmat und Pannon über.

Die gegen Norden und Nordosten folgende Friedberger-Pinkafelder Bucht wird durch Gesteine der Wechseleinheit im Nordwesten und Waldbachkristallins im Nordosten (ebenfalls Unterostalpin) umrahmt. Am Gesteinsaufbau sind überwiegend Glimmerschiefer, Amphiboliteinlagerungen und die sog. Wechselschiefer beteiligt. Die Gesteine des Grundgebirges sind als Geringleiter einzustufen. Entlang des Grundgebirgsrandes vermitteln Grobsedimente, das Sinnersdorfer Konglomerat (Karpas) und Ablagerungen des Baden zur jungtertiären Beckenfüllung.

8.10.3 Rechnitzer Einheit (Penninikum)

Zwischen Stadt Schlaining und Rechnitz bilden die Gesteine der Rechnitzer Schieferinsel (Penninikum) mit Grünschiefern, Serpentiniten und Phylliten die Grundgebirgsumrahmung des nördlichen Steirischen Beckens. Diese sind aus hydrogeologischer Sicht wieder als Geringleiter einzustufen. Den Übergang zum Tertiärbecken bilden Schichten des Pannons und der pleistozäne Rechnitzer Schuttfächer.

8.10.4 Oststeirisches Becken

Der Senkungsraum des Oststeirischen Beckens ist, wie die Explorationsdaten (Seismik, Gravimetrie, Tiefbohrungen) zeigen, durch interne Strukturen gegliedert. Senkungszentren wie das Gnaser Becken, Fehringner Becken, Fürstenfelder Becken werden durch Schwellenbereiche wie Auersbacher Schwelle oder die Söchauer Schwelle abgetrennt. Die Verbindung zwischen dem Oststeirischen und dem Westpannonischen Becken bildet die Senke von Weichselbaum. Unter der Tertiärbedeckung setzen sich die Formationen, die in der prätertiären Umrahmung zu Tage treten, wie das austroalpine Kristallin, das Grazer Paläozoikum oder die penninische Rechnitzer Serie fort. Im Fürstenfelder Becken wurde der prätertiäre Untergrund bei ca. – 2481,5 m SH angetroffen (Bohrung Fürstenfeld TH1). Der Tiefgang des Gnaser Beckens wird nach Reinterpretation von gravimetrischen Daten sogar mit ca. –4100 m SH angenommen (SACHSENHOFER, SPERL & WAGINI, 1996). Für die Visualisierung des Reliefs des Beckenuntergrundes (siehe Abbildung 44 und Abbildung 45) wurden die Tiefendaten aus der geologischen Karte des prätertiären Untergrundes (FLÜGEL et al 1988) verwendet.

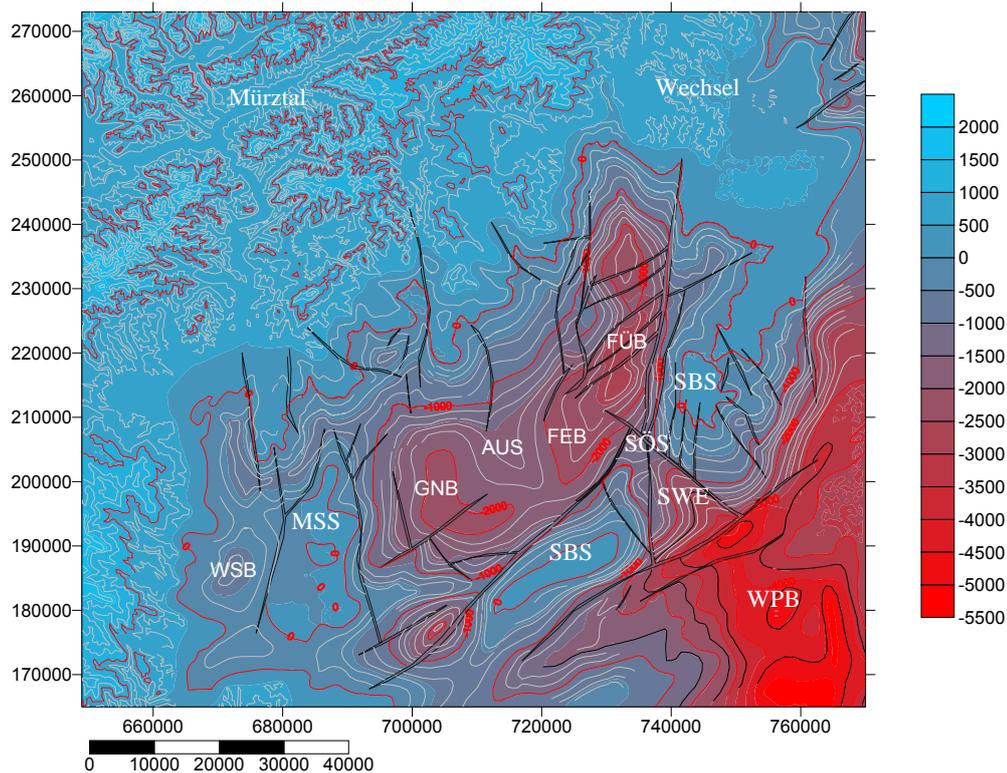


Abbildung 44: Oberfläche der prätertiären Umrahmung und des prätertiären Untergrundes (Abkürzungen von W nach Ost: Weststeirisches Becken (WSB), Mittelsteirische Schwelle (Sausalschwelle, MSS), Gnaser Becken (GNB), Fehringner Becken (FEB), Fürstenfelder Becken (FÜB), Südburgenländische Schwelle (SBS), Auersbacher Schwelle (AUS), Söchauer Schwelle (SÖS), Senke von Weichselbaum (SWE), Westpannonisches Becken (Raabgraben, WPB))

8.10.5 Südburgenländische Schwelle

Die Südburgenländische Schwelle trennt das Oststeirische Becken vom westpannonischen Senkungsraum. Nach der Seismikinterpretation ist die Hochzone durch ein System von Südwest-Nordost streichenden Bruchstrukturen von den Beckenbereichen abgesetzt. Fensterartig sind im Bereich des Stadelberges östlich des Stradner Kogels, im Bereich von Sulz oder um den Eisenberg die Schichten des prätertiären Untergrundes aufgeschlossen.

8.10.6 Westpannonisches Becken

Östlich der Südburgenländischen Schwelle senkt sich das Westpannonische Becken mit dem Raaber Graben (ca. –4500 m SH) steil ab.

8.10.7 Steirischer Vulkanismus

Die nunmehr bis auf Schlotbereiche und Eruptionszentren von Neogenschichten bedeckten ausgedehnten Vulkankörper aus dem Baden und dem Plio/Pleistozän bildeten zur Entstehungszeit Hochzonen im südlichen (südliches Gnaser Becken, Bad Gleichenberg) und nördlichen (Ilz) Randbereich der Senkungszone des Oststeirischen Beckens. Die platzgreifenden Vulkanbereiche beeinflussten damit auch die Geometrie des neogenen Ablagerungsraumes.

8.10.8 Relief des Prätertiärs

Die Kombination des Reliefs des Prätertiärs (siehe Abbildung 45) der Umrahmung des Steirischen Beckens und der Neogenbedeckung zeigt das übergeordnete Strukturmuster aus ca. Nord-Süd und linkslateralen Südwest-Nordost verlaufenden Störungen, welche das pull-apart Becken begrenzen (Abbildung 63).

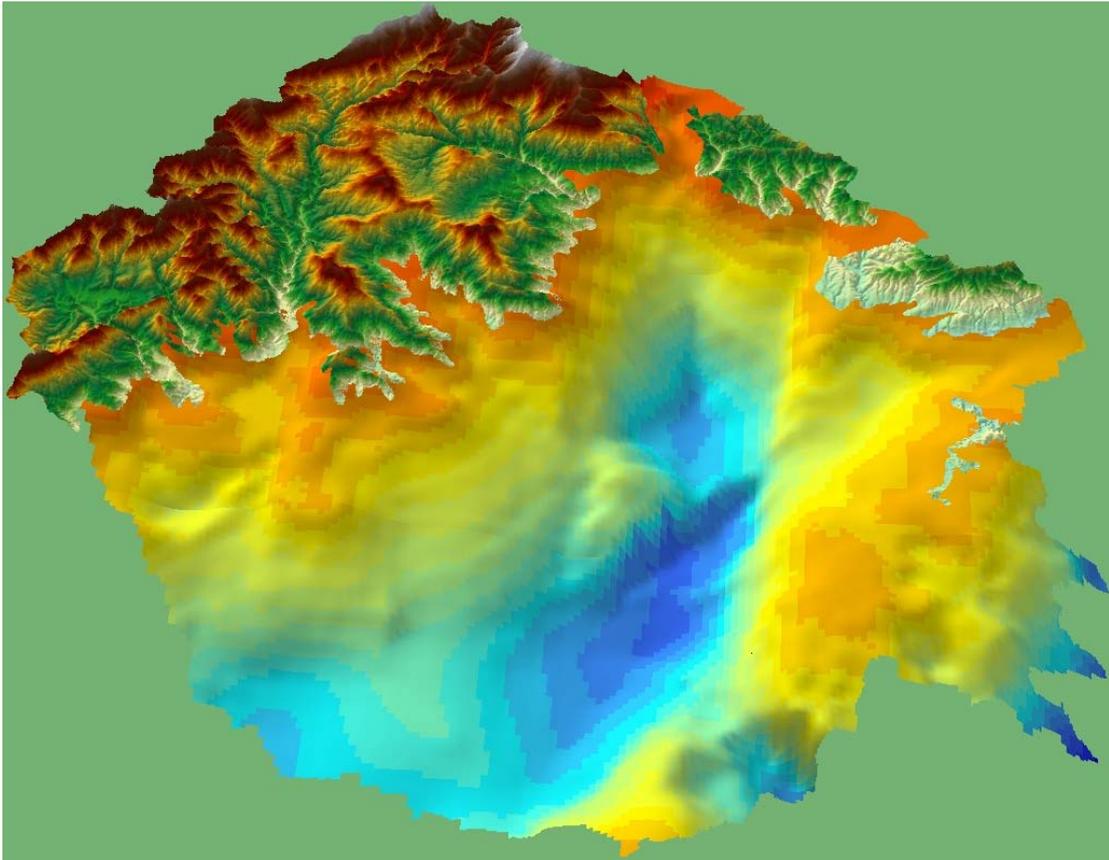


Abbildung 45: Relief des Prätertiärs: Kombination der Umrahmung (vereinfachte Topografie) und des Beckenuntergrundes (aus FLÜGEL et al, 1988)

8.11 Beckenentwicklung

Das neogene Steirische Becken mit ca. 100 km Länge und 60 km Breite liegt am östlichen Rand der Ostalpen und stellt die westliche Fortsetzung des Pannonischen Beckens dar. Das Sedimentbecken im Bereich des Projektgebietes von NANUTIWA und dessen Umgebung gliedert sich von West nach Ost in folgende Teilstrukturen (siehe Abbildung 44):

- Weststeirisches Becken
- Sausalschwelle (Mittelsteirische Schwelle)
- Murecker Becken, Gnaser Becken
- Auersbacher Schwelle
- Fürstenfelder Becken
- Südburgenländische Schwelle mit Senke von Weichselbaum
- Westpannonisches Becken

Die Teilbeckenbereiche bildeten einzelne Zentren der Absenkung und Sedimentation (Depocenter) während des Neogens. Im Karpat und unteren Baden führte eine Phase mit andesitischem Vulkanismus zur Ausbildung von ausgedehnten Schildvulkanen, im Pliozän folgte eine Phase mit basaltischem Vulkanismus (siehe Kapitel 8.11.3).

Der NANUTIWA-Projektbereich umfasst den mittleren und nordöstlichen Teil und damit ca. 2/3 des Steirischen Beckens.

Die Kompilation der Entwicklung des Steirischen Tertiärbeckens folgt den zusammenfassenden Arbeiten von EBNER & SACHSENHOFER, 1991 und SACHSENHOFER, SPERL & WAGINI, 1996.

8.11.1 Position des Steirischen Beckens im Alpen - Karpaten System

Das Steirische Becken entwickelte sich im Übergangsbereich des alpinen Überschiebungsraumes und des pannonischen Senkungsraumes. Durch Tiefbohrungen der Kohlenwasserstoff- und Thermalwasserprospektion wurde der vorneogene Untergrund erschlossen und damit erkundet. Die Basis des Steirischen Beckens bilden kristalline und anchimetamorphe paläozoische Gesteine, vorwiegend des oberostalpinen Deckensystems (Grazer Paläozoikum). Im Bereich der Südburgenländischen Schwelle bilden epimetamorphe mesozoische Gesteine der penninischen Zone (Rechnitzer Fenster) den Beckenuntergrund.

8.11.2 Beckengenese und Subsidenz

Die Entstehung und Entwicklung des Steirischen Beckens ist eng mit der Dynamik der spätalpidischen Geodynamik des Alpen-Karpaten-Pannonischen Raumes verbunden (siehe Abbildung 46). Die Endphase der Kompression des Ostalpenraumes führte im späten Oligozän und Miozän zur lateralen Verdrängung von Krustenteilen in Richtung des pannonischen Raumes. Die Bewegungen erfolgten entlang eines Systems von sinistralen (Mur-Mürz Störung, Raab Linie) und dextralen Seitenverschiebungen (Periadriatisches Lineament, Lavanttal-Störungssystem). Die Ausweichbewegungen an diesen Strukturen waren die Folge des extensionalen Kollaps der instabilen Kruste der Ostalpen, welche zu lateralen Bewegungen von Krustenteilen und Blockrotationen im pannonischen Raum und zu Überschiebungen in den äußeren Karpaten führten (ROYDEN, 1988).

Die Seitenverschiebungen und Zerrungserscheinungen durch die Ostdrift des pannonischen Raumes führten zur Ausformung des Steirischen Beckens als pull-apart Becken.

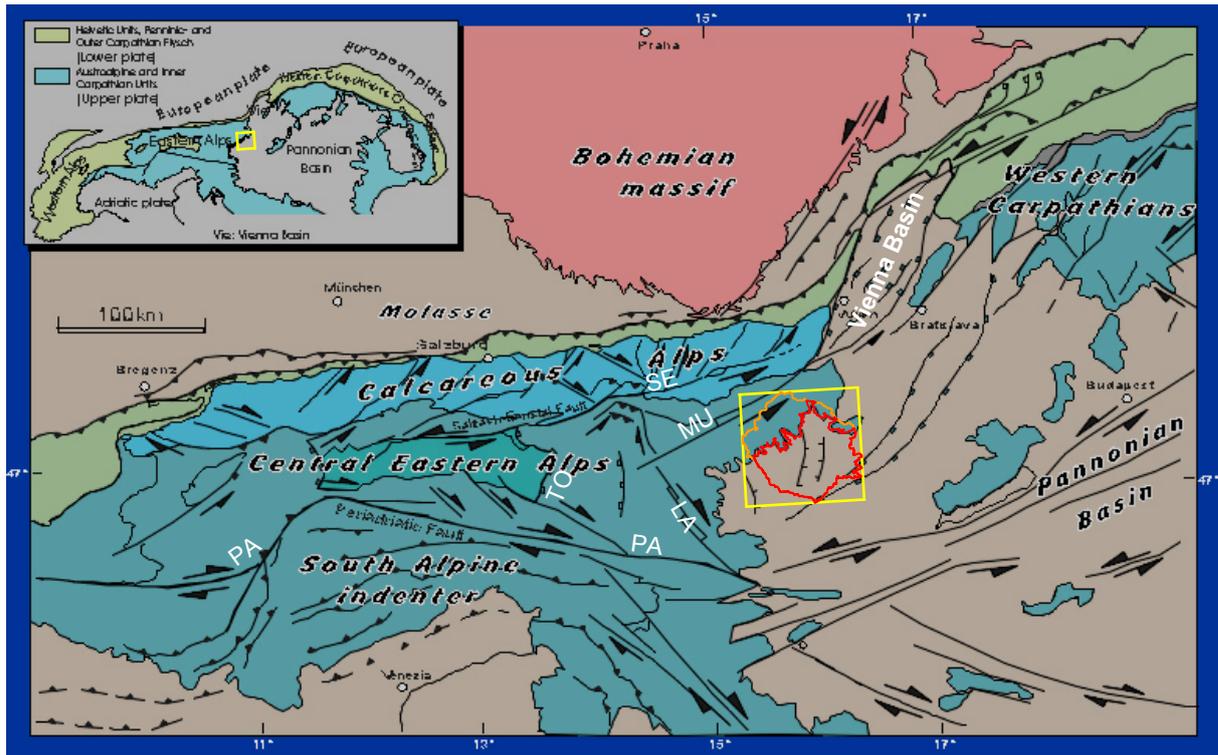


Abbildung 46: Übersicht - Position des Steirischen Beckens im Raum Alpen – Karpaten Pannonisches Becken. Kartengrundlage PERESSON & DECKER 1997 (Miocene tectonic map of the Eastern Alps). Insert: NANUTIWA-Projektgebiet
 PA ... Periadriatische Linie, TO ... Tauernstrand-Störung, LA ... Lavanttal Störung, MU ... Mur-Mürz-Störung, SE ... Salzachtal-Ennstal-Störung

Die Mächtigkeit der neogenen Sedimente (und Vulkanite) ist teilweise durch Tiefbohrungen und reflexionsseismische Messungen bekannt. Neuere Daten auf Basis von seismischen Messungen und gravimetrischen Modellierungen deuten darauf hin, dass der Beckenuntergrund in den Teilbecken noch tiefer anzunehmen ist, als in der Reliefkarte des prätertiären Beckenuntergrundes (KRÖLL, A. et al. 1988) verzeichnet.

So deutet die gravimetrische Modellierung im Bereich des Fürstenfelder Beckens auf Tiefen des prätertiären Beckenuntergrundes von ca. – 3.200 m SH (westlich der Bohrung Stegersbach TH1) und –3.700 m (ca. 8 km nördlich davon) hin.

Die maximale Tiefe des Beckenuntergrundes im Gnaser Becken (am Südrand des Projektgebietes südlich der Tiefbohrung Paldau 1) wird nach den gravimetrischen Daten mit –4.100 m SH angenommen.

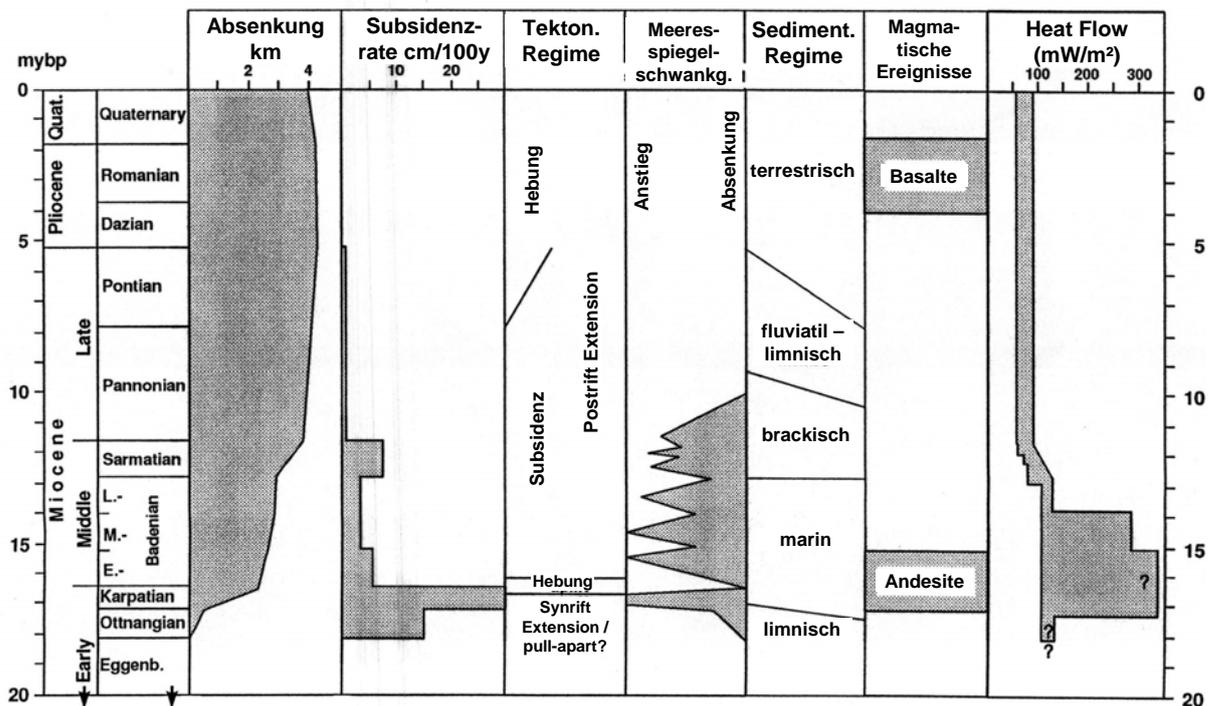


Abbildung 47: Übersicht über die neogene Evolution des Steirischen Beckens (nach EBNER & SACHSENHOFER, SPERL & WAGINI, 1996)

Aus den in den Tiefbohrungen beobachteten Schichtmächtigkeiten und faziellen Verhältnissen sowie der stratigraphischen Einstufung ergeben sich Daten über die Absenkungsgeschichte bzw. die Sedimentakkumulation über die Zeit (siehe Abbildung 47).

Nach den Aufschluss- und Bohrungsinformationen begann die Sedimentation im Steirischen Becken des Projektgebietes im Otnang. Sedimente des Eggenburg in den bislang unerbohrten Depocentern der Teilbecken können nicht ausgeschlossen werden. Die Basisbildungen sind als Rotsedimente mit Einschaltungen von Kohlen und als bituminöse Mergel mit Kohlen ausgebildet. An der Lokation Übersbach 1 sind beide Serien je 60 m mächtig. Es sind Sedimente von Flussebenen, die von Seen und Sumpfbildungen abgelöst wurden, welche die beginnende Eintiefung anzeigen. Darüber folgen Tone mit Kohlelagen (ca. 170 m), die als Sedimente der Küstenebenen in der Nähe eines sich ausdehnenden Sees interpretiert werden. Es wird angenommen, dass die Sedimente des Otnang (und Eggenburg?) im Gnaser Becken unter flachmarinen Verhältnissen Mächtigkeiten bis 1000 m erreichen. Die Absenkungsrate betrug im Otnang ca. 15 cm/100a.

Mit der verstärkten Extension zu Beginn der Beckenentwicklung kam es im Karpat zu den höchsten Subsidenzraten von ca. 30 cm/100a. Die Absenkung von Krustenteilen an synsedimentären Bruchstrukturen führte zur marinen Ingression aus dem Süden (Murecker Teilbecken). Die Karpat-Sedimente werden durch transgressive basale Bildungen und durch eine Regression im Hangenden charakterisiert. Der Meeresspiegel erreichte im Mittleren Karpat einen ersten Höchststand. Durch die

Nähe der aufsteigenden Alpen kam es im nördlichen Teil des Fürstenfelder Beckens (und im Weststeirischen Becken) zu einem starken fluviatilen Einfluss mit der Schüttung von grobklastischen Sedimenten (Sande, Konglomerate). In Bereichen mit hohem Sediment-Input blieben die Küstenbedingungen erhalten (Bsp. Übersbach). Von den störungsbeeinflussten instabilen Beckenrändern mit Akkumulationen von Deltasedimenten lieferten subaquatische Rutschungen und Schutfächer große Sedimentmengen in die Depocenter der Teilbecken. Durch die starke Absenkung im Gnaser (und Murecker) Becken entwickelten sich Tiefwasser-Verhältnisse, unter denen sich mehrere 100 m von feinkörnigen kalkig-tonigen Beckensedimenten ablagerten (Steirischer Schlier).

Der Übergang der Deltaschüttungen in die Beckenfazies zeichnet sich auch in der Seismik ab. Die seismische Linie RAG F 206 zeigt dieses Bild deutlich (siehe Abbildung 48). Die Linie verläuft im Südosten des Projektgebietes in Richtung Nord-Süd von St. Margarethen im Raabtal, über Puch nach Wörth im Gnastal (Länge 16,5 km) und charakterisiert die Verhältnisse im Gnaser Becken. Die seismischen Strukturen weisen darauf hin, dass durch submarine Massenbewegungen Sedimente aus ursprünglich seichteren Ablagerungsbereichen in tiefere Beckenbereiche verfrachtet wurden. Die Wassertiefe betrug im zentralen Gnaser Teilbecken mehr als 500 m. Am Ende des Karpat kam es zu einer Regression mit Ausbreitung von deltaischen Schüttungen gegen das Beckeninne.

Parallel mit den hohen Absenkungsraten entwickelte sich im östlichen Steirischen Becken ein andesitischer Vulkanismus mit ausgedehnten Schildvulkanen.

Gegen Ende des Karpat führten intensive tektonische Bewegungen zu Verstellungen von Krustenblöcken und zur Hebung des westlichen Hinterlandes mit der Ausformung der Sausal Schwelle (Steirische Phase nach STILLE, 1924). Aus der Seismik (siehe Abbildung 48) ergeben sich deutliche Hinweise auf Verstellungen und Hebungen des Untergrundes und nachfolgende Erosion, die zu einer deutlichen Diskordanz gegen die überlagernden Schichten des Baden führten.

Über der Diskordanz folgen im unteren Baden basale Konglomerate und grobklastische Sedimente, die als turbiditische Bildungen interpretiert werden. Auch wenn die Absenkungsrate relativ gering war, führte die ausgedehnte marine Transgression zur weitesten Verbreitung mariner Verhältnisse am Ende des unteren Baden.

Am Ende des unteren Baden verschob sich die vulkanische Aktivität gegen Norden und führte zu den Vulkankomplexen von Weitendorf / Wundschuh und Walkersdorf / Ilz, während die südlicheren Vulkaninseln unter Sedimenten des Unterbadens begraben wurden (EBNER & SACHSENHOFER, 1991).

Am Rand der Sausalschwelle und in den Küstenbereichen der miozänen Vulkane entwickelten sich in unterschiedlichen stratigraphischen Niveaus Karbonatplattformen (Korallenriffe, Rhodolithe; Weißenegg Formation – FRIEBE, 1990). Krustenbewegungen und eustatische Meeresspiegelschwankungen zeichneten sich in Küstennähe in drei transgressiv – regressiven

Sedimentationszyklen ab (FRIEBE, 1990, 1993), während im zentralen Steirischen Becken Tiefwasserverhältnisse mit turbiditischen Serien vorherrschten.

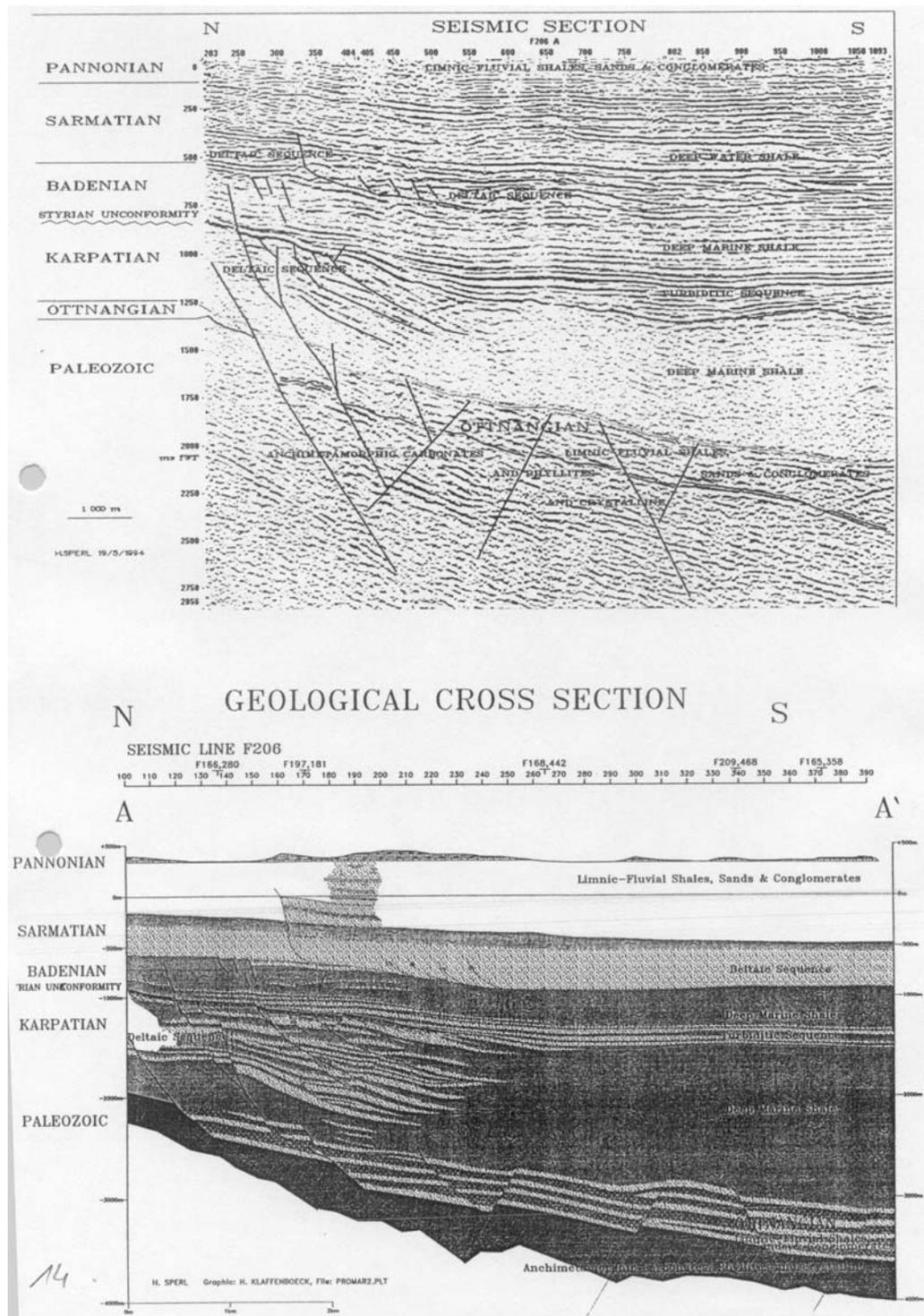


Abbildung 48: Seismiklinie RAG F 206 mit Interpretation des Ablagerungsregimes aus SACHSENHOFER, SPERL & WAGINI (1996)

Im mittleren und oberen Baden verschob sich das Depocenter gegen Nordosten in das Fürstenfelder Becken, in dem bis 500 m mächtige marine Sedimente abgelagert wurden. Die Absenkungsraten waren mit $< 2 \text{ cm}/100\text{a}$ geringer als im unteren Baden, lokal wurden $4 \text{ cm}/100\text{a}$ erreicht. Die Ablagerungsbedingungen wechselten von tief marin im mittleren Baden zu flach marin im oberen Baden.

Eine Regression des Meeresspiegels führte an der Wende Baden / Sarmat im östlichen Steirischen Becken zu einer geringen Diskordanz. Im nordwestlichen Steirischen Becken kam es zur Ausbildung von fluviatilen und deltaischen Ablagerungsbedingungen mit Erosionserscheinungen an den Beckenrändern.

Am Übergang Baden – Sarmat endete das vollmarine Ablagerungsregime der Parathethys (RÖGL & STEININGER, 1984). Im Sarmat kam es durch teilweise Abgrenzung im Steirischen Becken zu abnehmender Salinität. Als eine Folge der Absenkung des Westpannonischen Beckens ergab sich eine leichte Kippung des Steirischen Beckens gegen Osten. Am Nordrand des Beckens verzahnen fluviatil – lagunäre Bildungen mit marinen Sedimenten. Die marinen Verhältnisse dauerten bis in das obere Sarmat an. Sie wurden lediglich durch die Schüttung von bis 30 m mächtigen fluviatilen Kiesen (sarmato-carinthische Schotter n. KOLLMANN, 1965) im Obersarmat unterbrochen, welche vom südwestlichen Hinterland in das zentrale Oststeirische Becken vorstießen.

Die Subsidenzrate erreicht im Sarmat in Teilen des Oststeirischen Beckens $7,5 \text{ cm}/100\text{a}$. Am Nordrand des Gnaser Beckens finden sich Anzeichen von Ost-West gerichteter Zerrungstektonik (KRAINER, 1987).

Im Pannon kam es zur weiteren Abnahme der Salinität. Die marinen Verhältnisse endeten im Unterpannon gänzlich. Entlang des Nordrandes des Oststeirischen Beckens entwickelten sich alluviale Schwemmfächer, die gegen Süden in alluviale Ebenen übergingen. Im Umfeld der Südburgenländischen Schwelle kam es im Mittelpannon bis Pont zur Ablagerung von limnischen und fluviatilen Schichten mit Kohleeinlagerungen.

Die Absenkungsrate war im Pannon mit $< 1,5 \text{ cm}/100\text{a}$ sehr gering, während sich die Absenkung des Westpannonischen Beckens verstärkte.

Das Pliozän des Steirischen Beckens ist durch Hebung und damit verbundene Erosion geprägt. Pliozäne Bildungen sind Rotsedimente (Bodenbildungen), Schotter (Präbasaltische Schotter), Kratersedimente und Schotter, die in die Basalte einschnitten.

In dieser Zeit kam es zu einer weiteren Phase vulkanischer Aktivität aus dem Bereich des oberen Mantels (50 – 80 km), im Zuge derer basaltische Laven und Pyroklastika gefördert wurden (Plio-/Pleistozäner Vulkanismus).

8.11.3 Vulkanismus

Mit den Überschiebungen der äußeren Karpaten entwickelte sich ein Vulkanbogen (volcanic arc) im beckenseitigen Hinterland, wozu auch der andesitische Vulkanismus im Steirischen Becken im Karpat und unteren Baden zu zählen ist. Die Lage der fast vollständig von jüngeren Sedimenten bedeckten Vulkanbildungen des oberen Baden wurde durch gravimetrischen Messungen (FLÜGEL 1988) nachgewiesen. Die Datierung der Vulkanite zeigt K/Ar-Alter von $15,2 \pm 0,9 - 16,3 \pm 0,9$ Mio a (LIPPOLT, et al. 1975, STEININGER & BAGDSARJAN, 1877).

Eine zweite vulkanische Phase im Plio-/Pleistozän produzierte basaltische Tuff-Schlote und Lavaströme. Die K/Ar-Alter dieser Vulkanite wurden mit $1,7 \pm 0,7$ bis $3,8 \pm 0,4$ Mio a bestimmt.

Die Verbreitung der von jüngeren Sedimenten bedeckten oder weitgehend bedeckten Vulkangebiete im Steirischen Becken zeigt Abbildung 49.

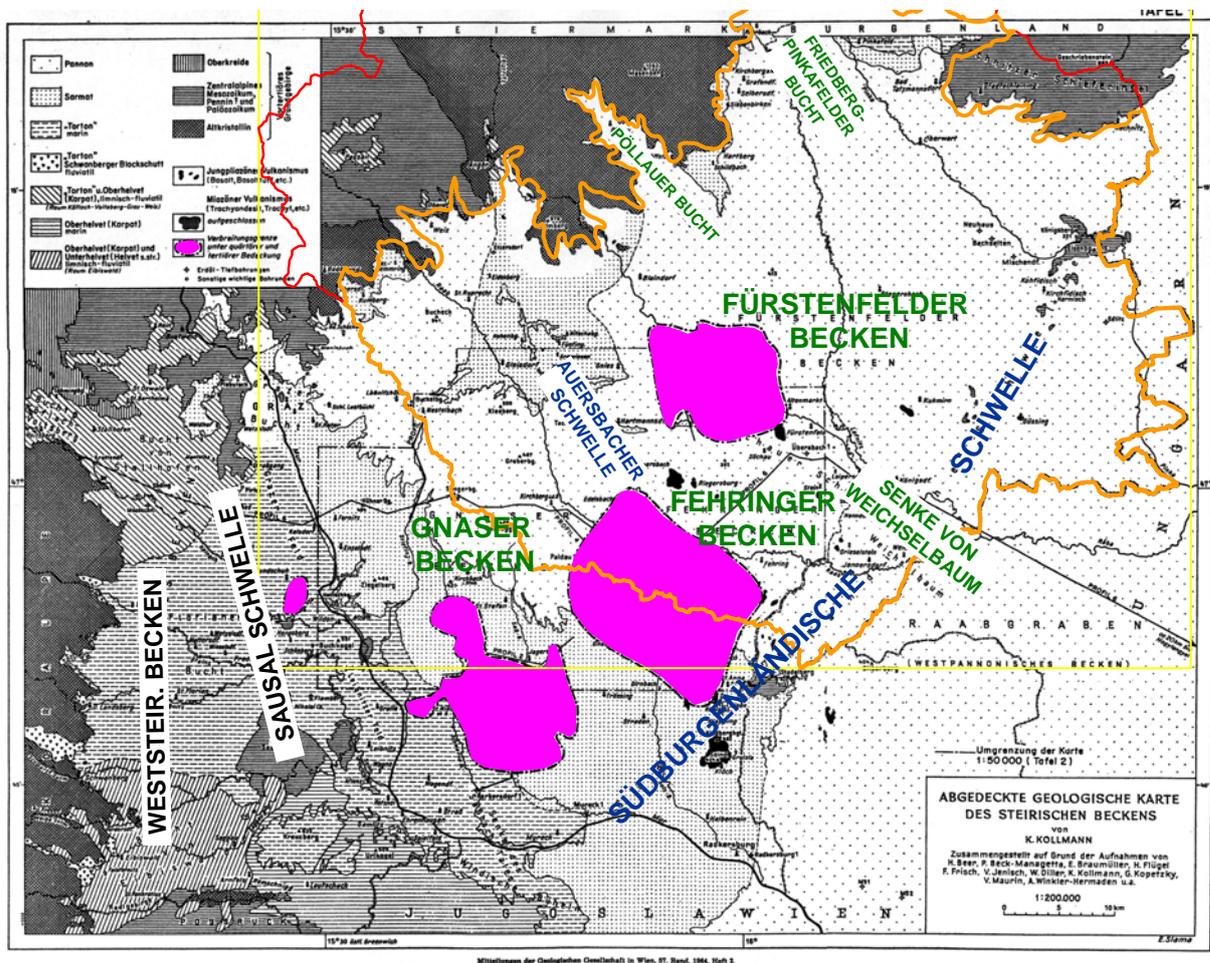


Abbildung 49: Verbreitung der von jüngeren Sedimenten bedeckten Vulkangebiete im Steirischen Becken (Abgedeckte Geologische Karte des Steirischen Beckens, KOLLMANN, 1965)

8.11.4 Sedimentmächtigkeiten im Projektgebiet

In den Teilbereichen des Steirischen Beckens ist die Absenkung unterschiedlich. Für das Projektgebiet sind die Teilbereiche des Gnaser und Fürstenfelder Beckens, sowie das Umfeld der Südburgenländischen Schwelle wesentlich. Die kumulativen Sedimentmächtigkeiten auf Grundlage von EBNER & SACHSENHOFER 1991 sind in Abbildung 50 dargestellt, wobei die möglichen höheren Mächtigkeiten der tieferen Neogenserien nicht berücksichtigt wurden.

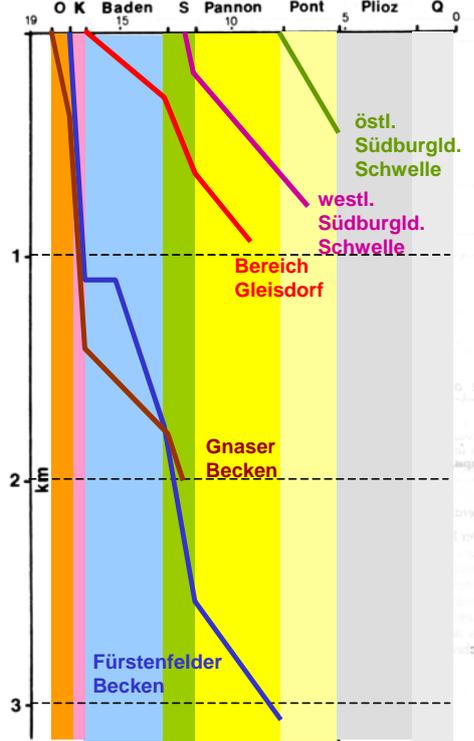


Abb. 14:
Kumulative Sedimentmächtigkeiten im untersuchten Gebiet (Mur: Senke von Mureck; West: Weststeirisches Becken; Gna: Gnaser Becken; Fil: Fürstenfelder Becken; Raab: zentraler Raabgraben; Lav: Lavanttal (St. Stefaner Teilbecken); Lud: Bereich Gleisdorf; Land: Landseer Bucht; SBSw: westliche Südburgenländische Schwelle (Bachselten, Neuhaus); SBSö: östliche Südburgenländische Schwelle (Güssing).

Abbildung 50: Kumulative Schichtmächtigkeiten nach EBNER & SACHSENHOFER 1991 (die im Projektgebiet relevanten Beckenbereiche sind hervorgehoben)

8.11.5 Rekonstruktion der Grenzfläche Sarmat / Pannon

Am Übergang Sarmat/Pannon verringerte sich die Subsidenz des Ablagerungsraumes, das Ablagerungsmilieu entwickelte sich von brackisch nach limnisch-fluviatil. Neben der Änderung der Fauna ist die Schichtgrenze durch eine Diskordanz charakterisiert, welche sich in den seismischen Daten abzeichnet und an Hand von Bohrungsinformationen verifiziert werden konnte.

Mit den kartierten Ausbisslinien des Sarmats, den Bohrungsinformationen und einzelnen Seismikdaten stehen wertvolle Ausgangsdaten für die Rekonstruktion der Grenzfläche Top Sarmat zur Verfügung, welche durch Integration neuer Daten verfeinert wird.

Die Grenzfläche (siehe Abbildung 51) charakterisiert die Hohlform mit den Depocentern, in welche die klastischen Schüttungen des pannonen Ablagerungsraumes sedimentiert wurden. Auffallend ist das Teilbecken zwischen Raab und Mur, der Sporn von Sarmat um Gleisdorf und die durch einen schmalen Grat von Sarmat zwischen Lafnitz und Stegersbach geteilte Friedberger-Pinkafelder Bucht. Das Fürstenfelder Becken bildet sich ab, während die Ausgangsdaten im Bereich der Südburgenländischen Schwelle und dem östlich angrenzenden Westpannonischen Becken noch ungenügend sind.

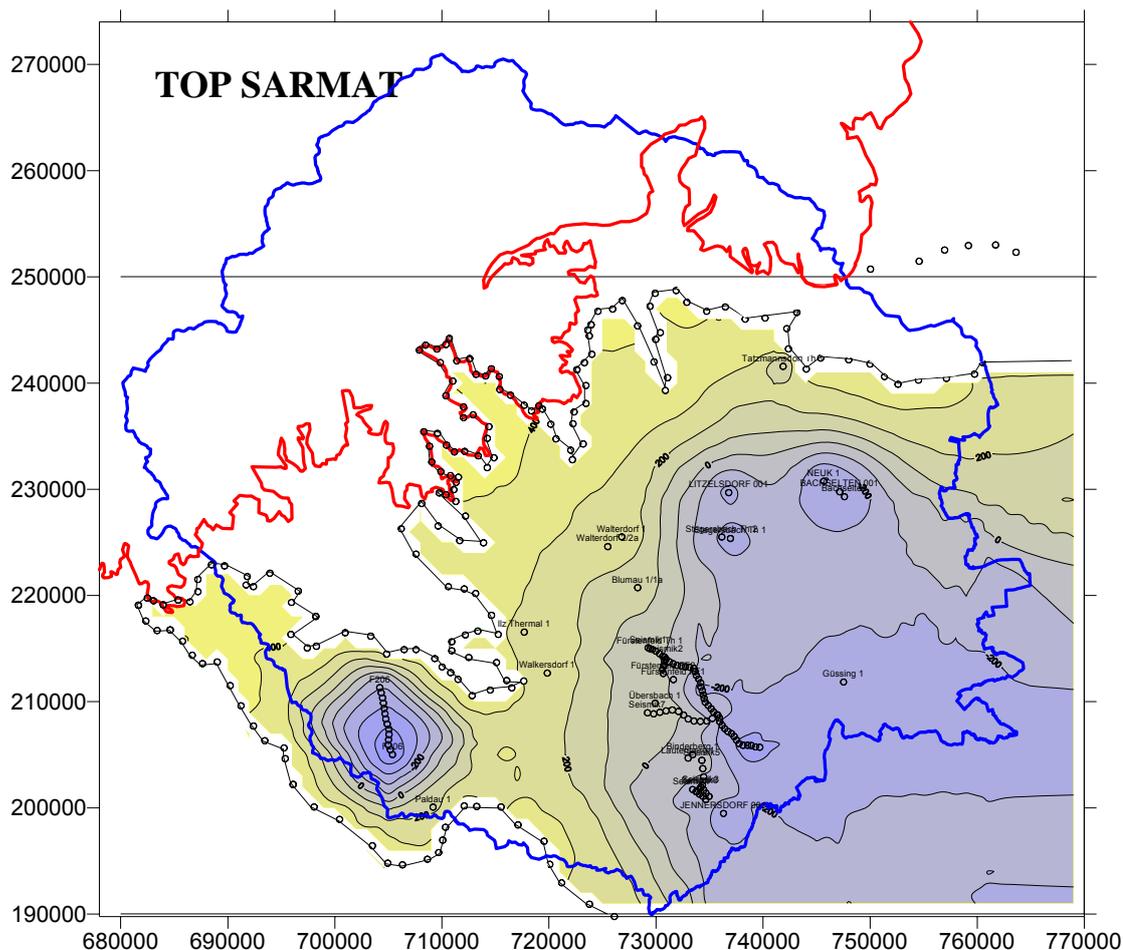


Abbildung 51: Rekonstruktion Top Sarmat

8.11.6 Tektonogenetische Position des Steirischen Beckens

Die kinematischen Trends und Paläostress-Verhältnisse im Alpin-Karpatisch-Pannonischen Raum im oberen Miozän zeigt Abbildung 52 aus PERESSON & DECKER, 1997. Im Bereich des Steirischen Beckens zeigt sich im oberen Miozän (9-6,5 Mio a) eine Ost-West Kompressionskomponente, während sich im Pliozän bis rezent Nordost-Südwest bis Nordwest-Südost kompressive Stress-Verhältnisse einstellen. Die miozänen Bewegungen stehen im Zusammenhang mit der ausklingenden Subduktion und den Überschiebungen in den östlichen Karpaten.

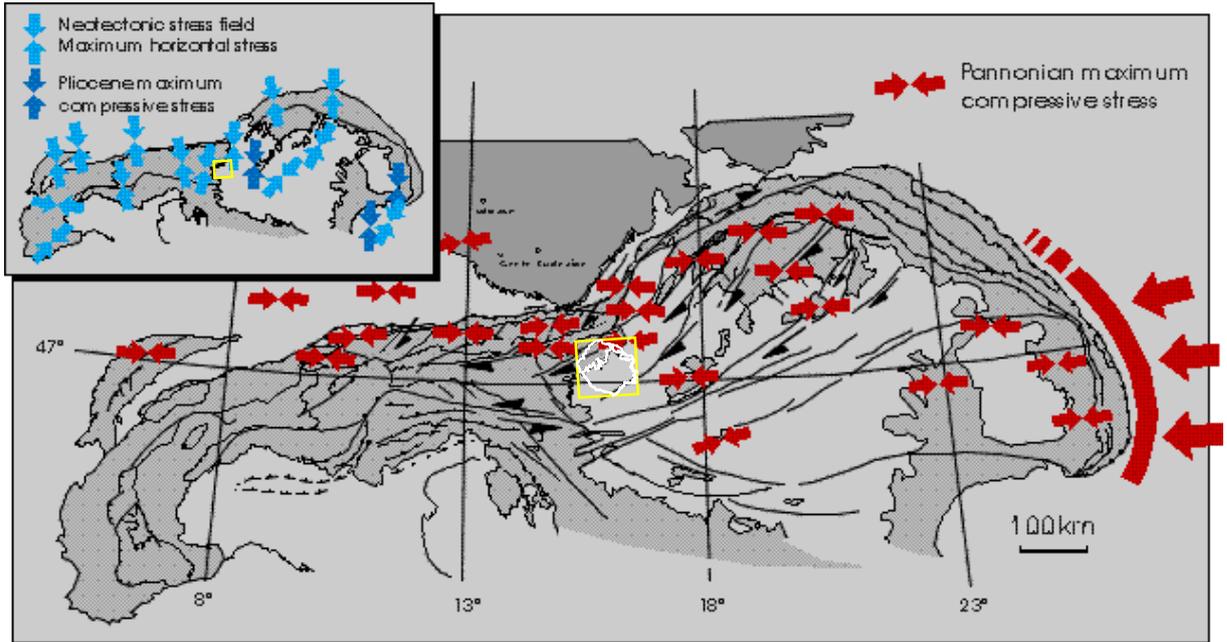


Abbildung 52: Übersicht der miozänen und Pliozän- Neotektonischen (Insert) Spannungsverhältnisse im Alpin – Karpatisch – Pannonischen Raum nach PERESSON & DECKER, 1997

8.12 Fotolineamentanalyse und Bruchtektonik

8.12.1 Einleitung und Methodik

In Gebieten, in welchen keine oder nur wenige tektonische Informationen aus Kartierung und geophysikalischen Untersuchungen vorliegen, kann zur ersten Evaluierung der sprödetektonischen Verhältnisse eine fotogeologische Lineamentauswertung durchgeführt werden.

Störungszonen lassen sich in Sedimentbecken mit jungen, z.T. unverfestigten Ablagerungen nur sehr schwer, oft auch aufgrund fehlender Aufschlüsse, im Gelände kartieren bzw. nachweisen. Bruchhafte Störungszonen, die in erster Linie liegende Schichten erfassen, können sich durch die hangenden Sedimente durchpausen (siehe Abbildung 53). Geringe Versetzungen an Störungen im Untergrund wirken sich in Form von minimalen Hebungen und Setzungen an der Geländeoberfläche aus. Entlang von derartigen Schwächezonen setzt die Erosion verstärkt an und führt zur Ausbildung von Rinnen, Gräben etc. Längerfristig kann sich das gesamte Vorflutsystem auf das Störungsmuster des Untergrundes einstellen. So zeichnet in Sedimentbecken das, durch Erosion entstandene, Relief häufig die tektonischen Verhältnisse des Untergrundes nach.

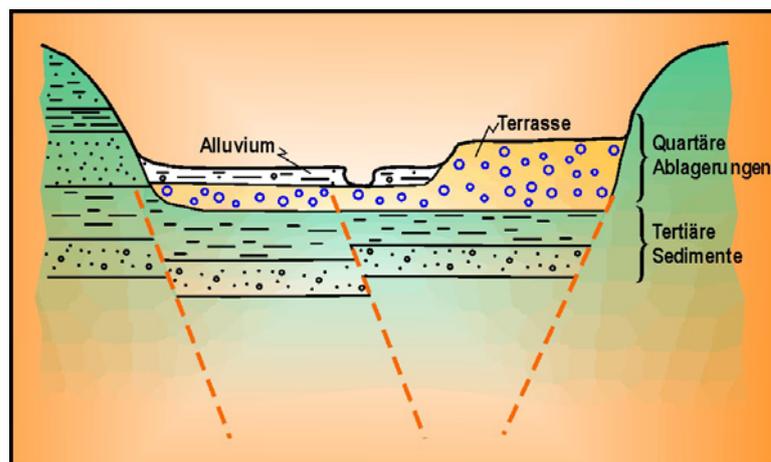


Abbildung 53: Skizzenhafte Darstellung des Durchpausens von Störungen des Untergrundes an der Geländeoberfläche.

Fotogeologisch treten diese Schwächezonen in stereoskopischer und überhöhter Betrachtung meist als linienhafte Elemente in Erscheinung. Weiters können noch Schicht- bzw. Gesteinsgrenzen neben tektonisch bedingten Trennflächen für das Auftreten derartiger linearer Strukturen verantwortlich sein. Diese fotogeologisch detektierten Linien mit einer geologisch-tektonischen Ursache werden als "Fotolineamente" oder "Lineamente" bezeichnet und sind somit meist das einzige Indiz für das Auftreten von Bruchzonen im Untergrund. Der Charakter (Auf-, Ab- oder Seitenverschiebung) und der Versatzbetrag der Störung kann in derartigen mit Vegetation überzogenen Gebieten nur in den

seltensten Fällen allein aus der Lineamentanalyse abgeleitet werden. Hier ist eine Ergänzung mit Geländekartierungen und reflexionsseismischen Messungen notwendig.

Um einen möglichst großen Teil des Untersuchungsgebietes abzudecken (siehe Abbildung 54) und großtektonische Lineamente zu diskriminieren, wurde im Rahmen von NANUTIWA ein Satellitenbildpaar erworben. Bei den Bildern handelt es sich um zwei SPOT Pan-Stereopaare mit den Nummern 69-255 und 69-256 die am 20. und 24.08.1996 aufgenommen wurden und eine Pixelauflösung von 10 Meter besitzen. Die stereoskopisch auszuwertende Fläche der Szene beträgt 75 x 75 km² und umfasst den Großteil des Arbeitsgebietes.

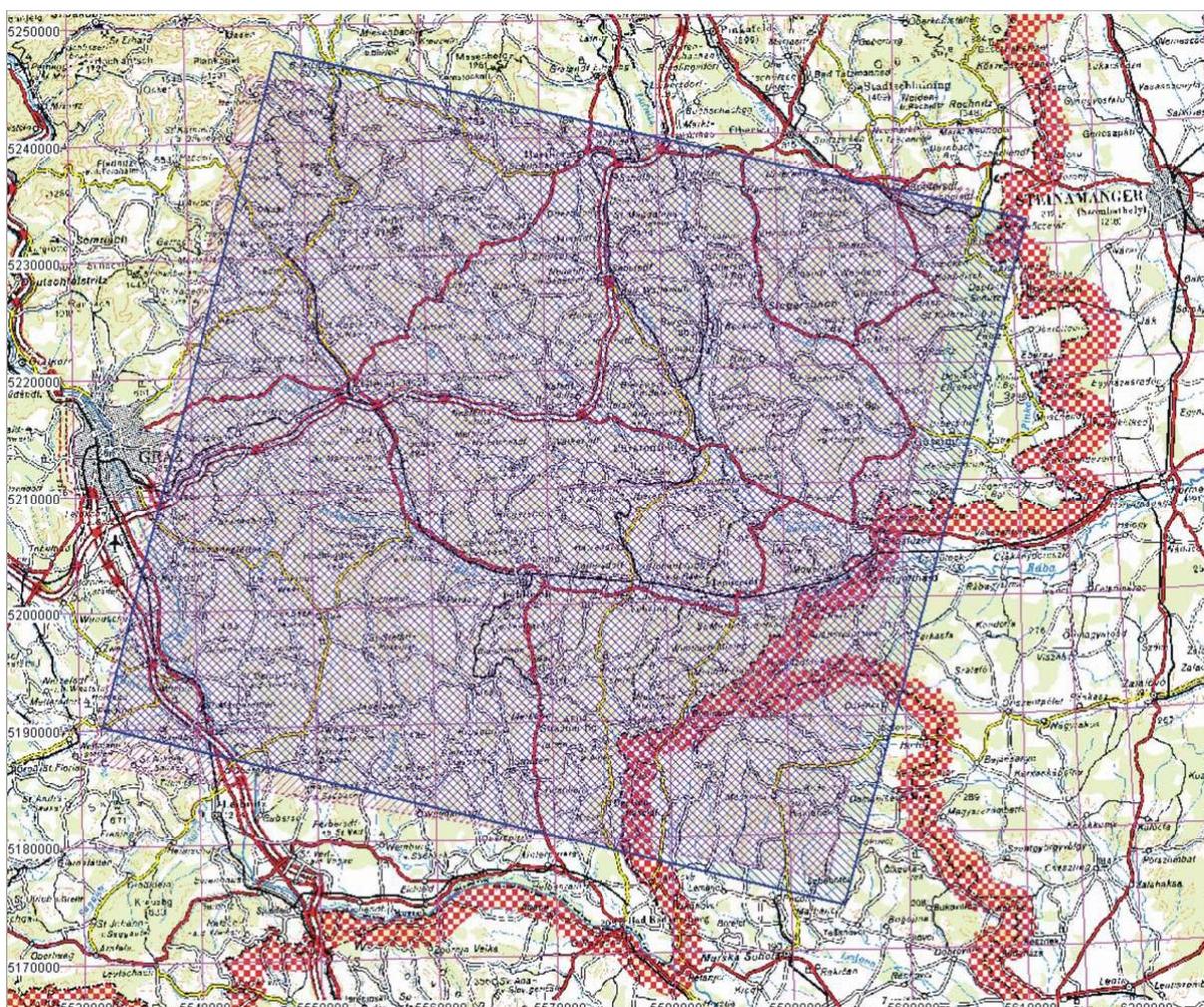


Abbildung 54: Lage der für das Projektgebiet erworbenen stereoskopischen SPOT-Szene.

Die Daten wurden auf CD-ROM im Originalformat (DAT-Bänder) geliefert und mussten für die Auswertung in ein mit herkömmlicher Software lesbares Format konvertiert (TIFF) werden. Danach konnten Bilddaten in jedem beliebigen Maßstab ausgedruckt werden.

Für die großräumige Betrachtung erfolgte die fotogeologische Auswertung in einem Maßstab von ca. 1 : 300.000. Aufgrund des großen Maßstabes beträgt die Lagegenauigkeit einer Linie bis zu 100 m parallel zum Lineament. Für Detailauswertungen wurde auf Bilder im Maßstab von rund 1 : 50.000 zurückgegriffen. Hier ist die Lagegenauigkeit entsprechend höher.

Die Lineamentauswertung erfolgte mit Hilfe eines Klappspiegelstereoskops der Marke Wild ST4 und einem feinen Stift. Danach wurden die Lineamente in der Bildgrundlage digital erfasst (siehe Abbildung 55). Das Bild wurde anschließend am WRM-IHG entzerrt und georeferenziert. Die Lagegenauigkeit der Lineamente reduziert sich durch diesen Vorgang um weitere rund 50 m.

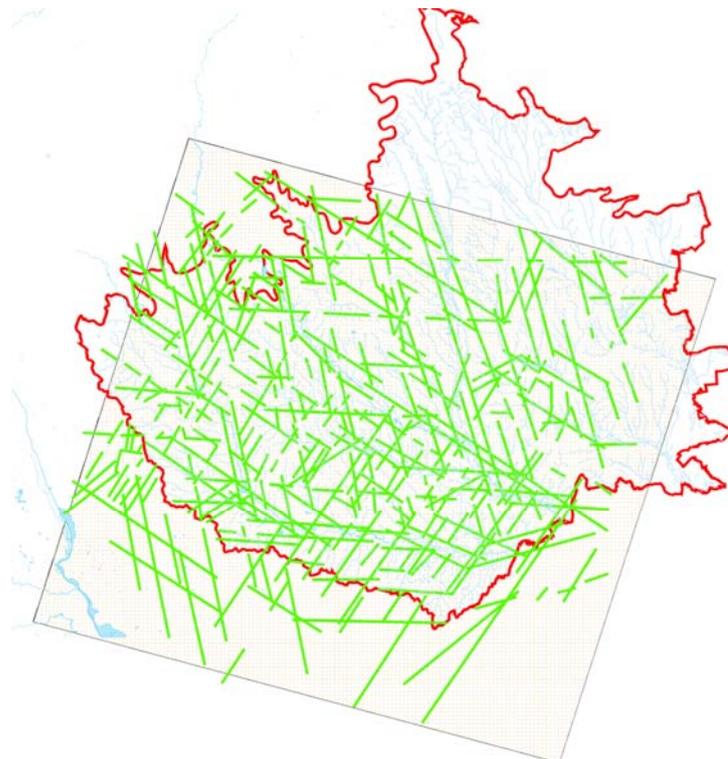


Abbildung 55: Lage des Untersuchungsgebietes mit ausgewiesenen Fotolineamenten.

Da das SPOT-Stereopaar nicht das gesamte Untersuchungsgebiet abdeckte (Abbildung 54), wurden in einer zweiten Phase die Untersuchungsbereiche ohne stereoskopische Überdeckung anhand des digitalen Höhenmodells (DHM) ebenfalls einer Lineamentauswertung unterzogen. Es handelt sich dabei um ein Gebiet im Norden von Hartberg mit der Friedberger Bucht und um ein Gebiet im Osten an der Grenze zu Ungarn (siehe Abbildung 56). Methodisch wird beim Digitalen Höhenmodell der scheinbare dreidimensionale Effekt der perspektivischen Darstellung der Vektorhöhendaten zur geologischen Auswertung von Schwächezonan analog zur Fotolineamentanalyse genutzt.

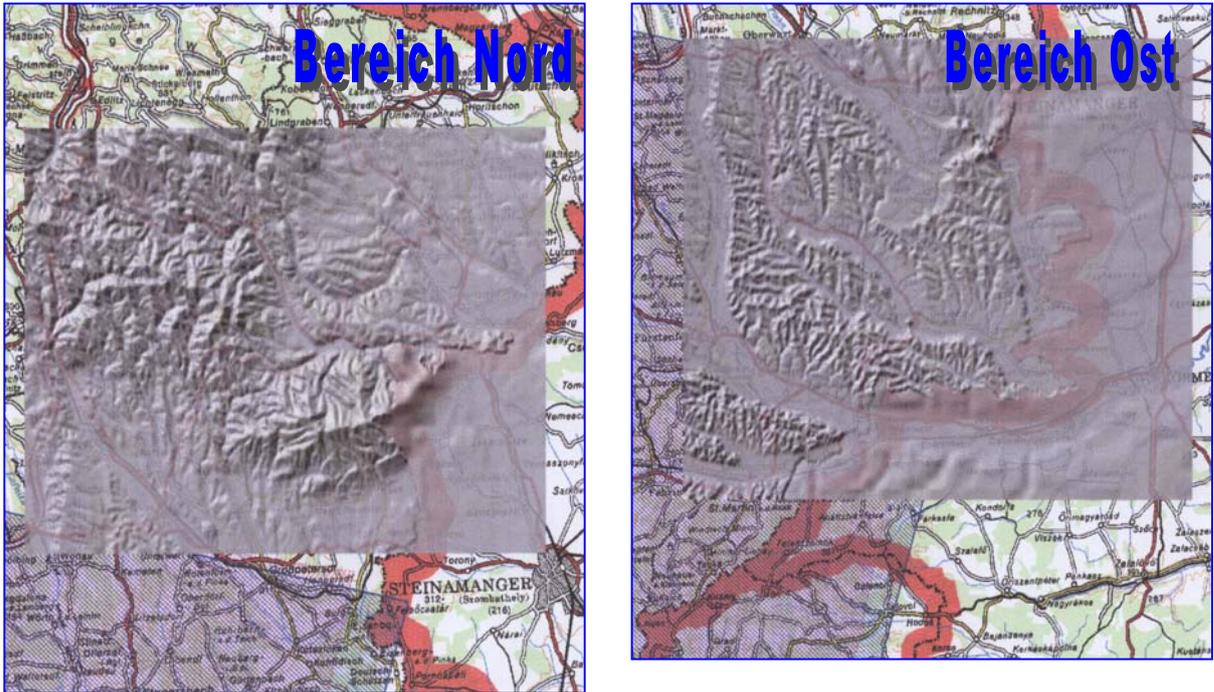


Abbildung 56: Lage der mittels DHM ausgewerteten Untersuchungsbereiche.

8.12.2 Ergebnisse der Lineamentauswertung

Nach dem Entzerren und der Georeferenzierung der Bilder und Lineamente war es möglich diese in einem GIS-Layer darzustellen (siehe Abbildung 57). Die Lineamente zeichnen einerseits oft den Verlauf der Täler nach, andererseits verlaufen sie häufig quer zu den Tälern und sind dabei im Satellitenbild stellenweise über eine Strecke von über 10 km zu verfolgen.

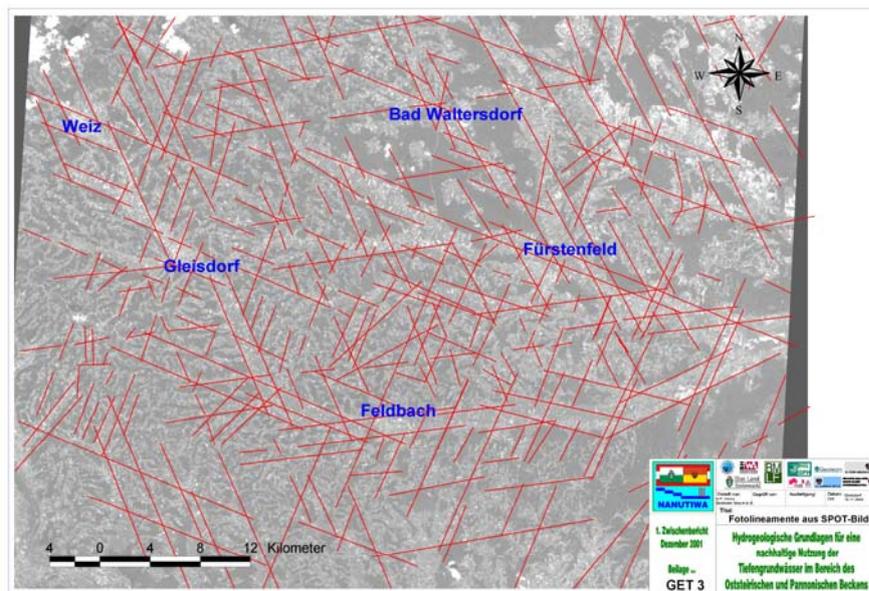


Abbildung 57: Fotolineamente

Die Lineamentdichte nimmt gegen die Bildränder aufgrund der fehlenden seitlichen stereoskopischen Überdeckung hin ab. Im Bild selbst ist die Lineamentdichte auch ohne vertiefende Lineamentstatistik als weitestgehend homogen einzustufen. Eine Ausnahme bildet der Bereich zwischen Gleisdorf und Hartberg, wo in Richtung Grundgebirge die Dichte abnimmt. Die Lineamente sind aber grundsätzlich auch in das Grundgebirge hinein nachzuweisen.

Das Lineamentmuster wird durch Nordnordost-Südsüdwest, Nordwest-Südost und Nordnordwest-Südsüdost streichende Elemente bestimmt. Neben diesen drei Hauptrichtungen treten untergeordnet Nordost-Südwest und West-Ost verlaufende Lineamente auf; die beiden letzteren sind meist über größere Distanzen zu verfolgen.

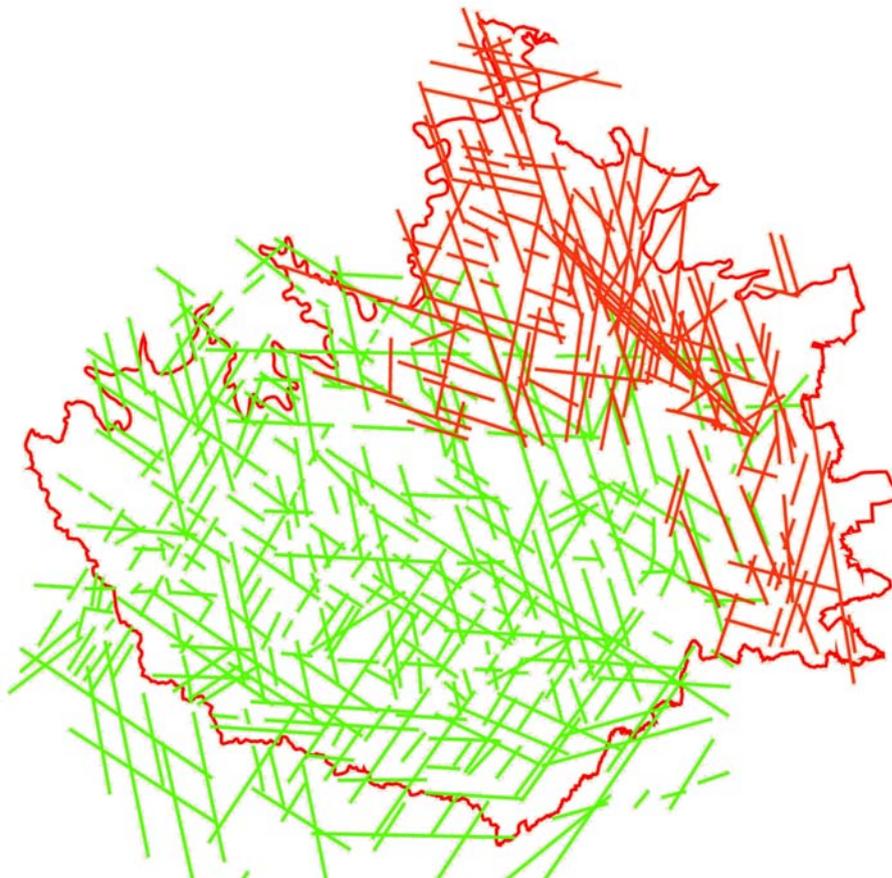


Abbildung 58: Fotolineamente (grün) und ergänzende Lineamente aus dem DHM (rot).

In Abbildung 58 sind die Fotolineamente aus den Satellitenbildern gemeinsam mit den Lineamenten aus dem digitalen Höhenmodell (DHM) dargestellt. Es zeigt sich dabei, dass der generelle Trend aus der Satellitenbild-Analyse auch durch die Auswertung des DHM bestätigt werden konnte. Demnach sind Nordnordwest-Südsüdost und Nordost-Südwest streichende Lineamente in beiden Auswerteverfahren nahezu deckungsgleich. Bei Nordnordost-Südsüdwest streichenden Lineamenten ist zu beobachten, dass sie in Grundgebirgsnähe gegen Norden drehen.

Im Vergleich der Ergebnisse der beiden Methoden ist die Fotolineamentanalyse von Satellitenbildern aufgrund der dreidimensionalen Betrachtungsweise und der größeren Lagegenauigkeit für die Identifikation von sprödetektonischen Störungszonen zu bevorzugen. Lineamentauswertungen mittels DHM stellen aber eine kostengünstige Basis und / oder Ergänzung einer regionalen bruchtektonischen Analyse dar.

8.12.3 Korrelation von Fotolineamenten mit Störungen

8.12.3.1 Störungen im präneogenen Beckenuntergrund

Im Untersuchungsgebiet von NANUTIWA werden in der Literatur nur Störungen im Beckenuntergrund dargestellt (KRÖLL et al., 1988). Die einzige Ausnahme bildet die Arbeit von KRÄINER, 1987, der am Nordrand des Beckens im Bereich der Bucht von Weiz zahlreiche Störungen in neogenen Ablagerungen im Gelände kartieren konnte. Versätze bis zu mehreren 100 m und Verkippungen bis zu 90° sind dadurch nachgewiesen.

In der Abbildung 59 werden die Störungen des Beckenuntergrundes nach KRÖLL et al., 1988 mit den Lineamenten aus dem analysierten SPOT-Bild überlagert und verglichen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass aufgrund von Beckentiefen von über 3.000 m der Ausbiss von geneigten Störungen im Gelände, wenn sie überhaupt das jüngere Neogen durchschlagen, bis zu mehrere Kilometer entfernt zu ihrer Spur im Beckenuntergrund verlaufen kann. Da die Störungen des Beckenuntergrundes meist nicht ein einzelnes lineares Element darstellen, sondern oft aus einer Scherzone mit einem Bündel von Störungen bestehen, können auch mehrere Lineamente einer Störung zugeordnet werden.

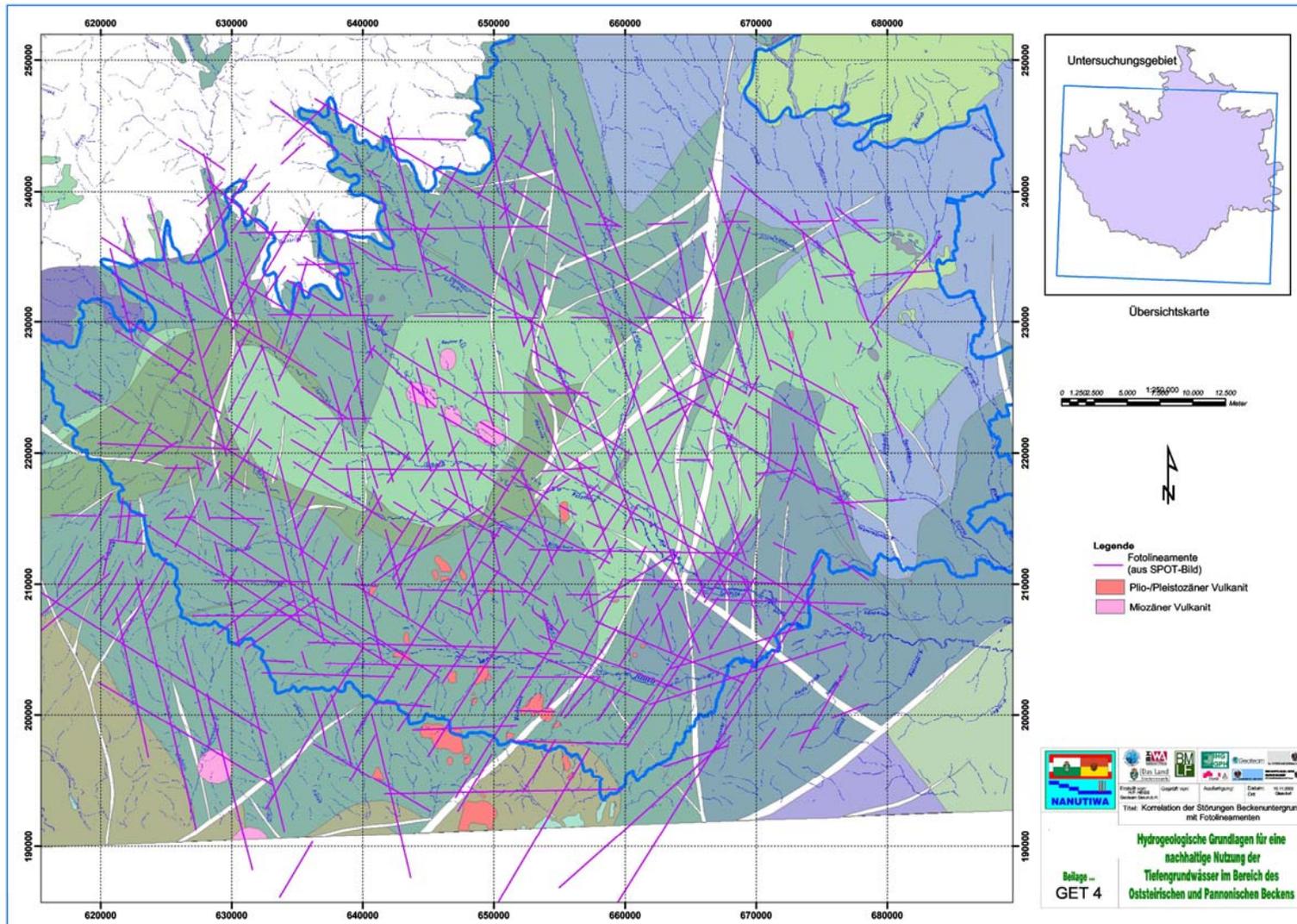


Abbildung 59: Überlagerung der Fotolineamente mit bekannten Strukturen

Unter diesen Voraussetzungen ist es möglich, einige Lineamente mit Störungen des Beckenuntergrundes zu korrelieren. Dies ist im Westen des Untersuchungsgebietes im Bereich der östlichen Begrenzung der Bucht von Weiz und teilweise bei der die Bucht von Eggersdorf südlich begrenzenden Störung der Fall. Weitere Beispiele stellen die östliche Begrenzung der Hochzone von Arnwiesen, teilweise das Störungssystem im Westen der Südburgenländischen Schwelle sowie das mächtige Störungssystem, welches für die Senke von Weichselbaum verantwortlich ist, dar. Andere markante Störungszonen, wie z.B. der Oberwarter Verwurf, konnten nicht mit den Fotolineamenten korreliert werden.

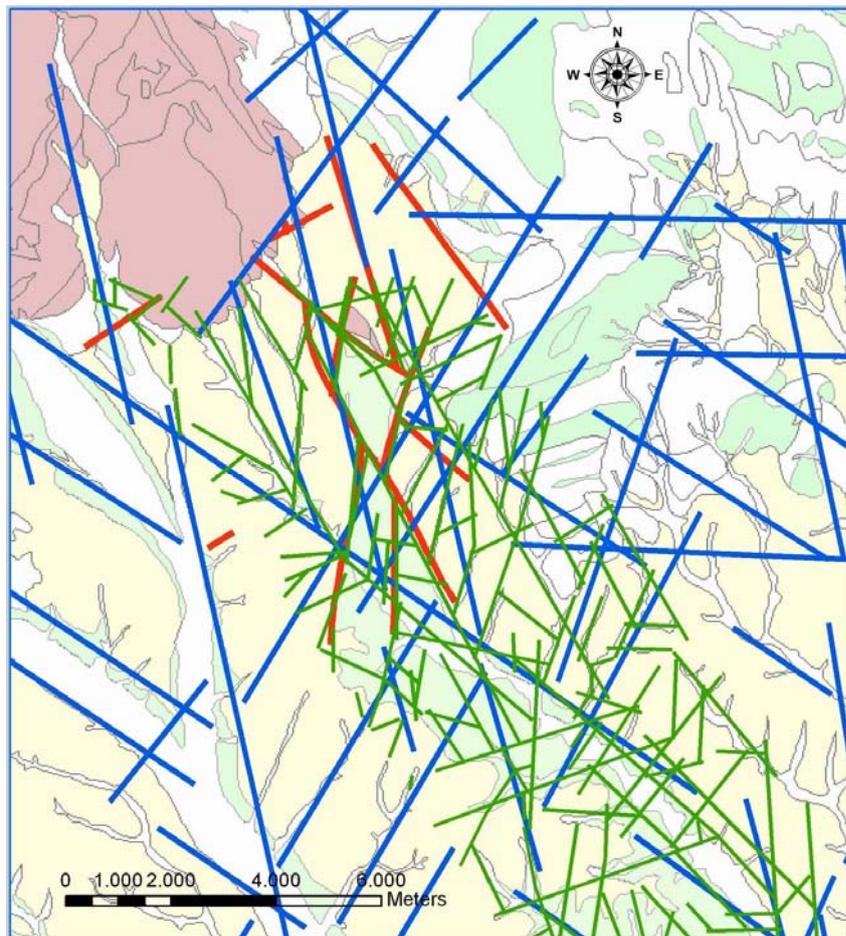


Abbildung 60: Vergleich der Lage kartierter Störungen (KRAINER, 1987) mit Fotolineamenten

In Abbildung 60 werden die von KRAINER (1987) im Bereich der Bucht von Weiz im Gelände auskartierten Störungen, die hier sarmatische und unterpannone Schichten erfassen, mit Fotolineamenten aus der Luft- und aus der Satellitenbildauswertung überlagert. Die Abbildung zeigt, dass die Fotolineamente aus der Luftbildauswertung (Maßstab 1:30.000) eine sehr gute Übereinstimmung mit der Lage und dem Streichen der auskartierten Störungen aufweisen. Auch die aus der Satellitenbildanalyse generierten Fotolineamente (Maßstab 1:300.000) zeichnen die im Gelände nachgewiesenen Störungen trotz einer gewissen Unschärfe und Lageungenauigkeit recht

gut nach. Generell bestätigt dies die Annahme, dass Lineamente aus großmaßstäblichen Satellitenbildern große tektonische Trends andeuten und für eine regionale Betrachtung herangezogen werden können. Fotolineamente aus Luftbildern und Satellitenbildvergrößerungen zeigen im Gegensatz dazu kleinräumige tektonische Merkmale an und dienen der lokalen Betrachtung.

8.12.3.2 Störungen in reflexionsseismischen Profilen

Im Untersuchungsgebiet wurden zahlreiche reflexionsseismische Linien gemessen. Der überwiegende Teil diente der Kohlenwasserstoffexploration. Ein geringer Teil wurde für Fragestellungen im Zuge der Trink- und Thermalwassererkundung durch WRM-GPH gemessen, processed und interpretiert. Bei der Auswertung der reflexionsseismischen Profile konnten speziell in Linien mit hoher Auflösung neben den Sedimentstrukturen eine große Anzahl an Brüchen nachgewiesen werden. Das Streichen dieser Bruchstrukturen konnte aber aufgrund des zweidimensionalen Verfahrens nicht ermittelt werden.

In einem gemeinsamen Arbeitsschritt von GPH und GET wurden einerseits die vorliegenden Profile der seismischen Linien im NANUTIWA-Projektgebiet mit den Satellitenbildlineamenten korreliert. Andererseits wurden die Satellitenbilder dahingehend überprüft, ob markante Störungen, die in der Seismik erkannt wurden, auch als Lineamente zum Ausdruck kommen.

Speziell im Bereich der hochauflösenden Seismikprofile konnten die meisten Lineamente auch über zwei und drei Linien einer Störungszone zugeordnet werden. Umgekehrt war es jedoch nur selten möglich, anhand seismisch nachgewiesener Störungen nachträglich Lineamente auszuscheiden. Letzteres ist wahrscheinlich auf den großen Maßstab der Satellitenbilder zurückzuführen. Die so als Störungen verifizierten Lineamente des Arbeitsgebietes wurden in zwei GIS-Layern je nach Einfallsrichtung der Störung ($270^\circ - 90^\circ$ und $90^\circ - 270^\circ$) dargestellt (siehe Abbildung 61).

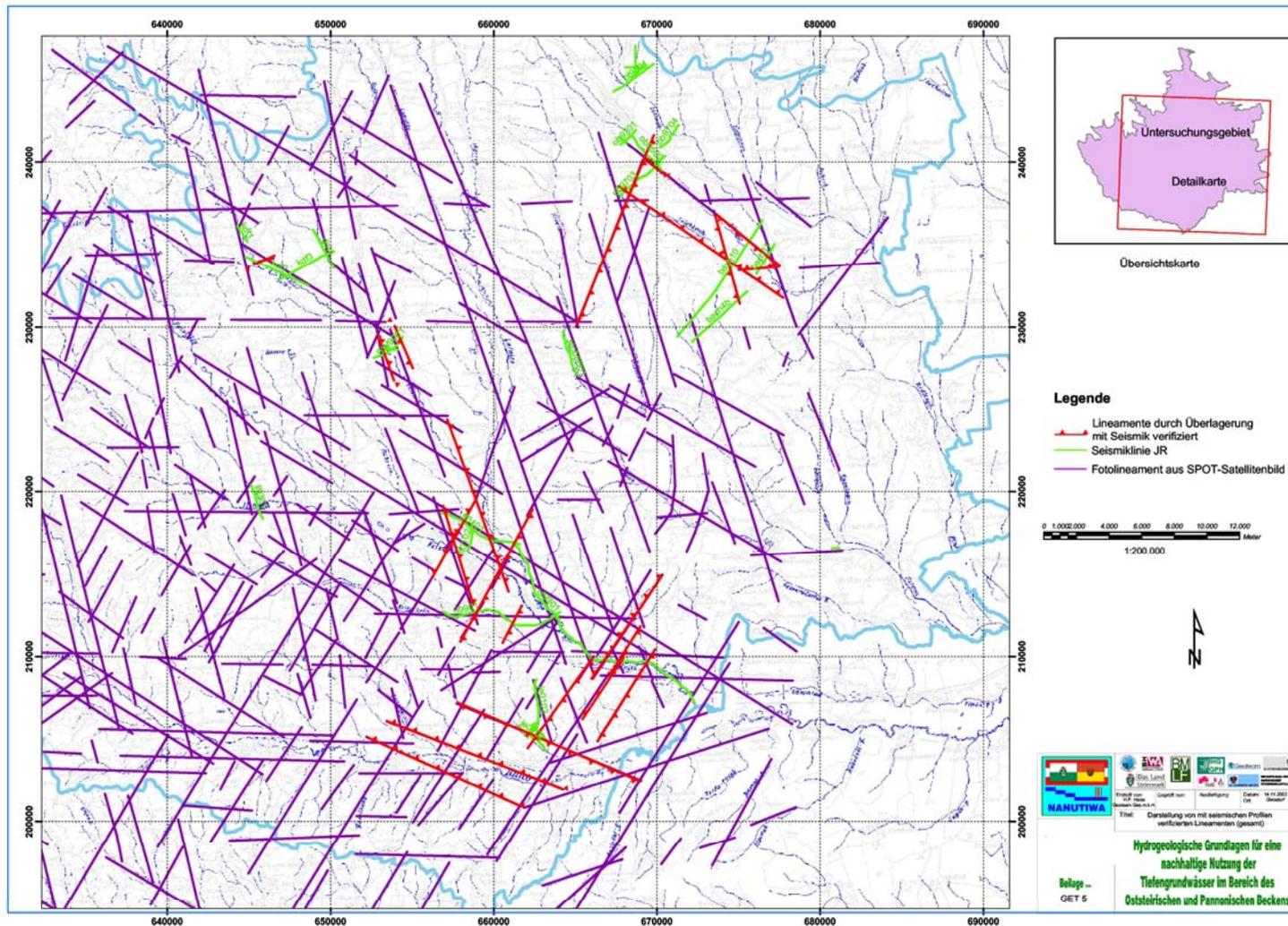


Abbildung 61: Verifizierte Lineamente

Nordnordost-Südsüdwest verlaufende Lineamente konnten am häufigsten als Störungen verifiziert werden. Dies liegt wahrscheinlich daran, dass es sich bei diesen Störungen um die jüngsten tektonischen Ereignisse handelt, die sich aus diesem Grund auch am stärksten in den quartären Sedimenten durchpausen. Ebenso dürfte dies bei den Nordnordwest-Südsüdost verlaufenden Lineamenten der Fall sein. Auch diese konnten mit seismisch detektierten Brüchen korreliert werden. Die geringere Anzahl an Verifizierungen ist auf Schnittlageneffekte mit den seismischen Linien zurückzuführen. Diese Nordnordwest-Südsüdost streichenden Störungen bilden mit den Nordnordost-Südsüdwest verlaufenden ein konjugiertes System aus.

Im Gegensatz dazu konnten Lineamente des ebenfalls häufigen Nordwest-Südost Richtungstrends in der hochauflösenden Seismik nicht erkannt, aber in einer älteren zur Verfügung stehenden südlich von Jennersdorf gemessenen seismischen Linie der OMV Störungen zugeordnet werden (siehe Abbildung 62). Dies kann dadurch begründet werden, dass diese Störungen ihre tektonische Hauptaktivität vor der Ablagerung der sarmatischen Schichten erreichten und mit der ursprünglichen Beckengenese in Zusammenhang stehen. Aus diesem Grund sind postbadensische Schichten, die das Untersuchungsziel der hochauflösenden Seismik darstellen, von diesen Störungen nicht betroffen. Die Nordwest-Südost streichenden Störungen sind vermutlich mit West-Ost verlaufenden Lineamenten konjugiert, die in der hochauflösenden Seismik ebenfalls nicht zu verifizieren sind.

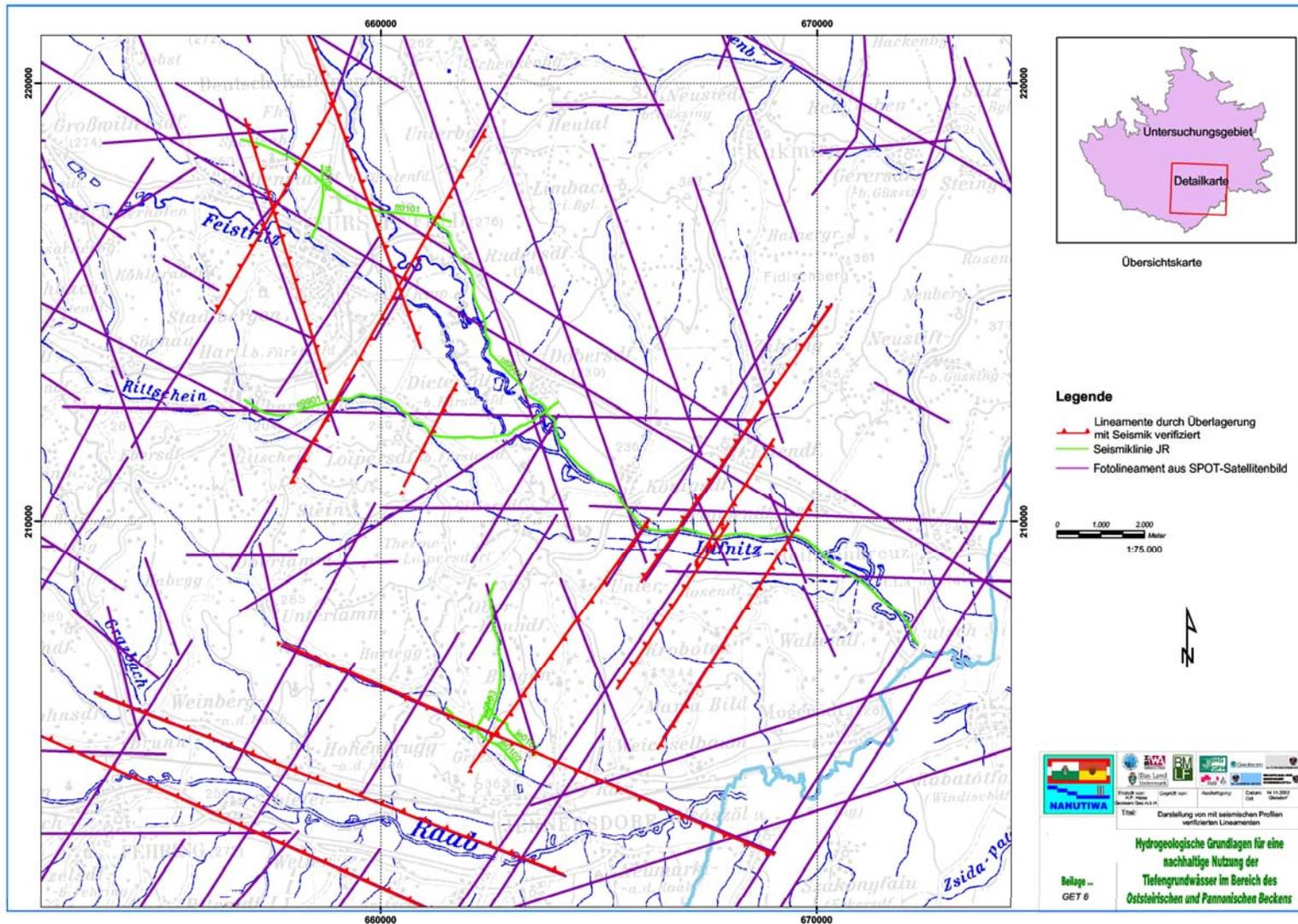


Abbildung 62: Lineamente im Bereich Jennersdorf

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Nordnordwest-Südsüdost und Nordnordost-Südsüdwest verlaufenden Lineamente in den meisten Fällen durch die Seismik und Geländekartierungen als Störungen in den Schichtabfolgen des Pannon und Sarmat bestätigt werden konnten. Daraus lässt sich ableiten, dass Lineamente dieser Richtungen in Gebieten, die nicht durch seismische Messungen überprüft werden konnten, ebenfalls meist Störungen zuzuordnen sind.

Nordwest-Südost und West-Ost gerichtete Lineamente repräsentieren meist ältere Störungen, die die Schichten des Sarmat und Pannon nicht mehr durchschlagen. Relevant sind sie jedoch für die Ablagerungen des Karpat und des Baden, sowie für das präneogene Grundgebirge.

8.12.4 Interpretation und Einbindung in den tektonischen Rahmen

Die Korrelation der Lineamente mit Störungen aus der Reflexionsseismik zeigte, dass Nordnordwest-Südsüdost und Nordnordost-Südsüdwest streichende Lineamente Störungen repräsentieren, die bis ins Quartär aktiv sind und somit die gesamte Sedimentabfolge des Beckens betreffen. Derartige Störungssysteme konnten mit Hilfe der Seismik im Unteren Lafnitztal und im Rittscheintal nachgewiesen werden. Ebenso entsprechen die im Bereich der Bucht von Weiz mittels auskartierter Störungen (KRAINER, 1987) verifizierten Lineamente diesem Richtungstrend.

Die Korrelation mit der Seismik ergab weiters, dass die Gliederung und Zerlegung der Burgenländischen Schwelle, die zur Ausbildung von Schollen mit Hoch- und Tiefzonen führte, durch diese Störungen gesteuert wurde.

Die Anordnung und Verteilung der plio-pleistozänen Vulkanschlote orientiert sich ebenfalls verstärkt an Nordnordwest-Südsüdost und Nordnordost-Südsüdwest streichenden Lineamenten. Dies lässt den Schluss zu, dass diese Störungsrichtungen auch im Übergang vom Neogen in das Quartär die bevorzugten tektonischen Störungszonen darstellen.

Nordwest-Südost und West-Ost verlaufende Lineamente sind eher mit Störungen zu korrelieren, die in Zusammenhang mit der Entstehung des Beckens zu sehen sind. Badenische bzw. postbadenische Ablagerungen sind daher tektonisch nur geringfügig oder gar nicht durch diese Elemente betroffen. Es ist aber auch nicht auszuschließen, dass diese Störungsrichtungen in jüngerer Zeit - zumindest kurzzeitig - reaktiviert wurden.

Die Lage der miozänen Kryptovulkanite in der Karte des Beckenuntergrundes nach KRÖLL et al., (1988) deuten (siehe auch Abbildung 49) auf einen genetischen Zusammenhang mit den Nordwest-Südost-verlaufenden Lineamenten/Störungen hin. Auch hier erscheint es, wie bei den jüngeren Vulkaniten wahrscheinlich, dass das aufsteigende Magma tektonisch bedingte Schwächezonen als Aufstiegswege wählte.

Die tektonischen Ursachen der Beckenbildung sind bis heute noch nicht restlos geklärt, stehen aber aller Wahrscheinlichkeit nach mit lateralen Bewegungen an großen Störungsbahnen, die in diesen Fällen auch als "Wrench-Zonen" bezeichnet werden können, in Zusammenhang. "Wrench-Tektonik" bewirkt, einfach ausgedrückt, Absenkung und Hebung durch transpressive Kräfte. Charakteristisch für Absenkungsbereiche bei großen Blattverschiebungen sind „pull-apart-Becken“, welche sich im Idealfall durch ihre rautenförmige Geometrie identifizieren lassen. In Abbildung 63 wird skizziert, wie sich das Oststeirische Becken als vereinfachtes sinistrales "pull-apart-Becken" darstellt. Die Lage dieses postulierten Beckens weist auf eine Nord-Süd gerichtete Kompression hin.

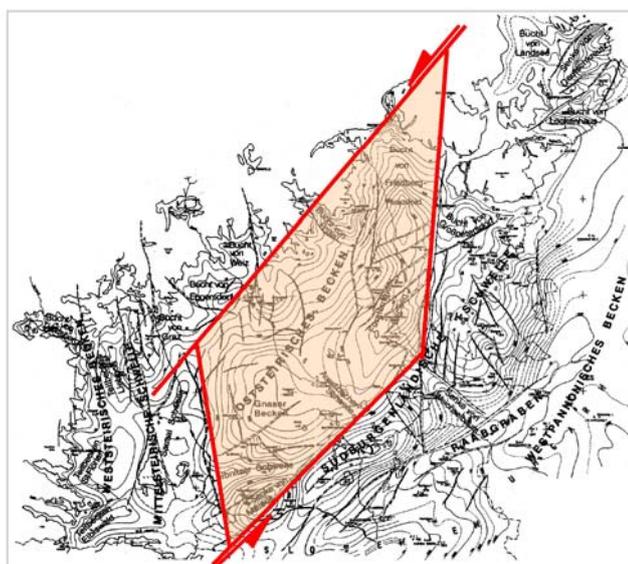


Abbildung 63: Skizze des Oststeirischen Beckens als "pull-apart-Becken" (Beckenuntergrund nach KRÖLL et al., 1988).

Hinweise auf Blattverschiebungen die zur Beckenbildung beigetragen haben, fehlen jedoch sowohl in der Seismik als auch in der Lineamentauswertung. Hierzu ist die Datendichte aus der zur Verfügung stehenden Seismik noch zu gering. Die im späten Miozän stattfindende Änderung des Spannungsregimes auf Ost-West-Kompression verursachte die Ausbildung neuer Scherzonen. Auch diese Scherzonen – als die die jüngere tektonische Entwicklung des Beckens steuernden Elemente - können aus der Seismik und der Lineamentauswertung nicht bestimmt werden. Die nachgewiesenen und oben als jung eingestuftes Nordnordwest-Südsüdost und Nordnordost-Südsüdwest verlaufenden Auf- und Abschiebungen stehen jedoch vermutlich in Zusammenhang mit diesen Scherzonen.

Störungen, die an der Wende Neogen zum Quartär aktiv waren, sind auch meist rezent aktiv, wie dies auch in anderen Becken der Fall ist. Derartige rezente und subrezente, also neotektonische Ereignisse, lassen sich auch aus den Asymmetrien der quartären Terrassenablagerungen im Bereich der Talränder im Untersuchungsgebiet ableiten.

8.13 Stratigraphie, Fazies und hydrogeologische Eigenschaften des Neogens (Tertiär, Quartär)

8.13.1 Einleitende Bemerkungen

Ziel der sedimentologischen Beschreibung ist es, ein Modell für den Sedimentationsraum und die abgelaufenen Transport- und Sedimentationsprozesse im NANUTIWA-Gebiet zu erstellen. Die Umsetzung der paläogeografischen Zusammenhänge und Abläufe und der daraus ableitbaren Sedimenteigenschaften erbringen Hinweise über mögliche Aquiferverbreitungen, Aquifermächtigkeiten und Aquiferlithologien bzw. die trennenden, wasserstauenden Lagen. Die paläogeografische Bewertung des Untersuchungsgebietes von NANUTIWA folgt im wesentlichen der Arbeit von EBNER & SACHSENHOFER (1991). Diese Arbeit wurde herangezogen und für Zwecke der NANUTIWA-Bearbeitung auch GIS-gemäß umgesetzt. Neben der Darstellung des Steirischen Tertiärbeckens durch KOLLMANN (1965) stellt die Arbeit von EBNER & SACHSENHOFER (1991) die umfangreichste Aufarbeitung des geologischen Wissens bis 1990 dar. Ergänzt wurden diese Arbeiten durch zahlreiche andere, z.T. neuere Studien, die im Untersuchungsgebiet durchgeführt wurden.

In den folgenden Kapiteln werden die sedimentologischen und paläogeografischen Rahmenbedingungen des Projektgebietes von NANUTIWA beschrieben bzw. zusammengefasst. Die Arbeit basiert auf EBNER & SACHSENHOFER (1991) und wurde entsprechend den Projekterfordernissen überarbeitet und mit Literatur neueren Datums ergänzt.

Abbildung 64 und Abbildung 65 dienen dabei vorrangig als Orientierungshilfe und der eindeutigen Lagezuordnung von beschreibenden Texten.

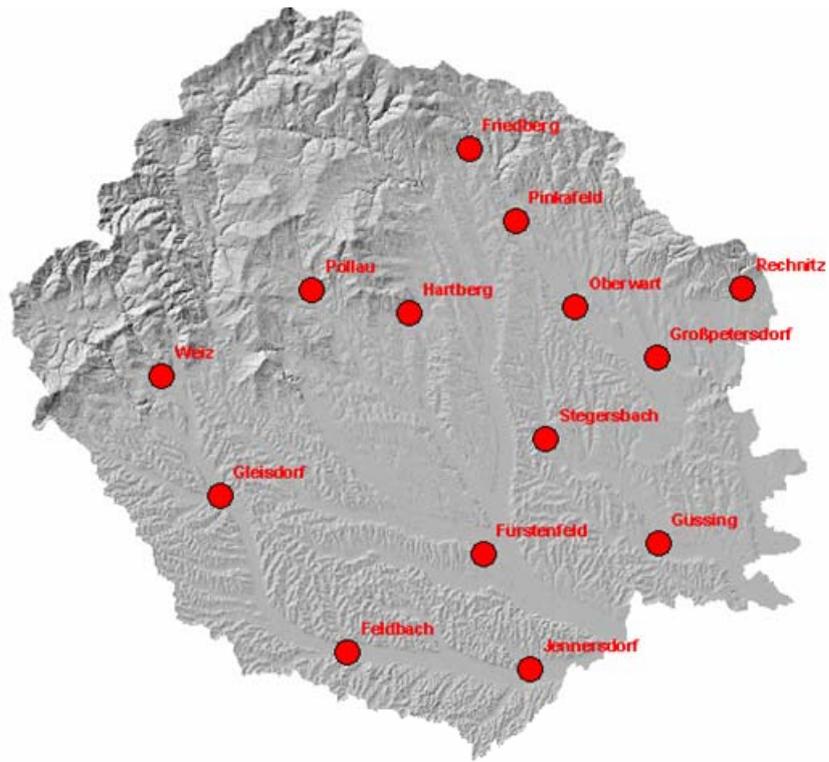


Abbildung 64: Übersichtslageplan des Projektgebietes

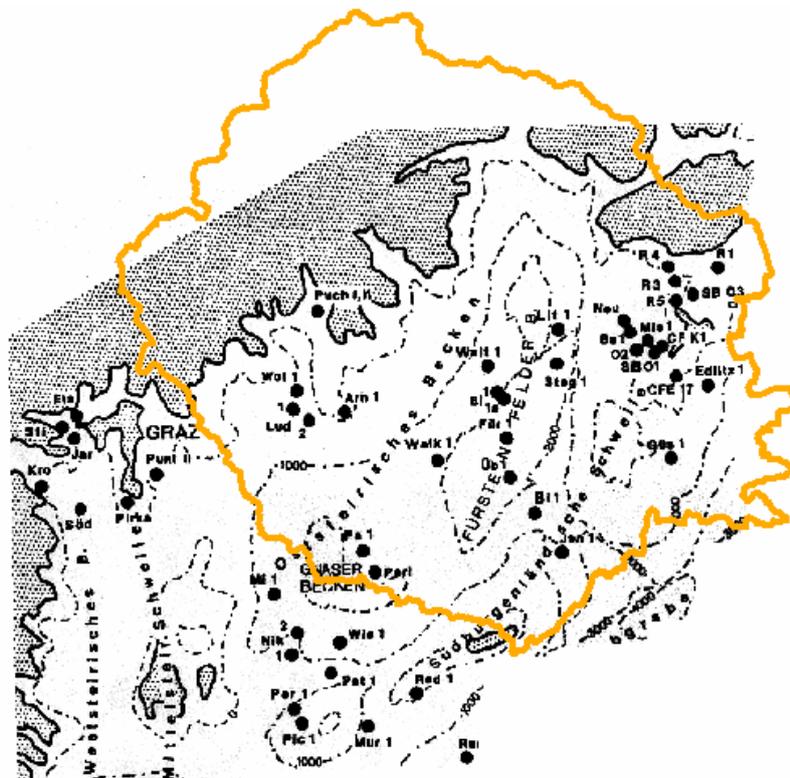


Abbildung 65: Hauptelemente und Tiefbohrungen im NANUTIWA-Gebiet (aus EBNER & SACHSENHOFER, 1991)

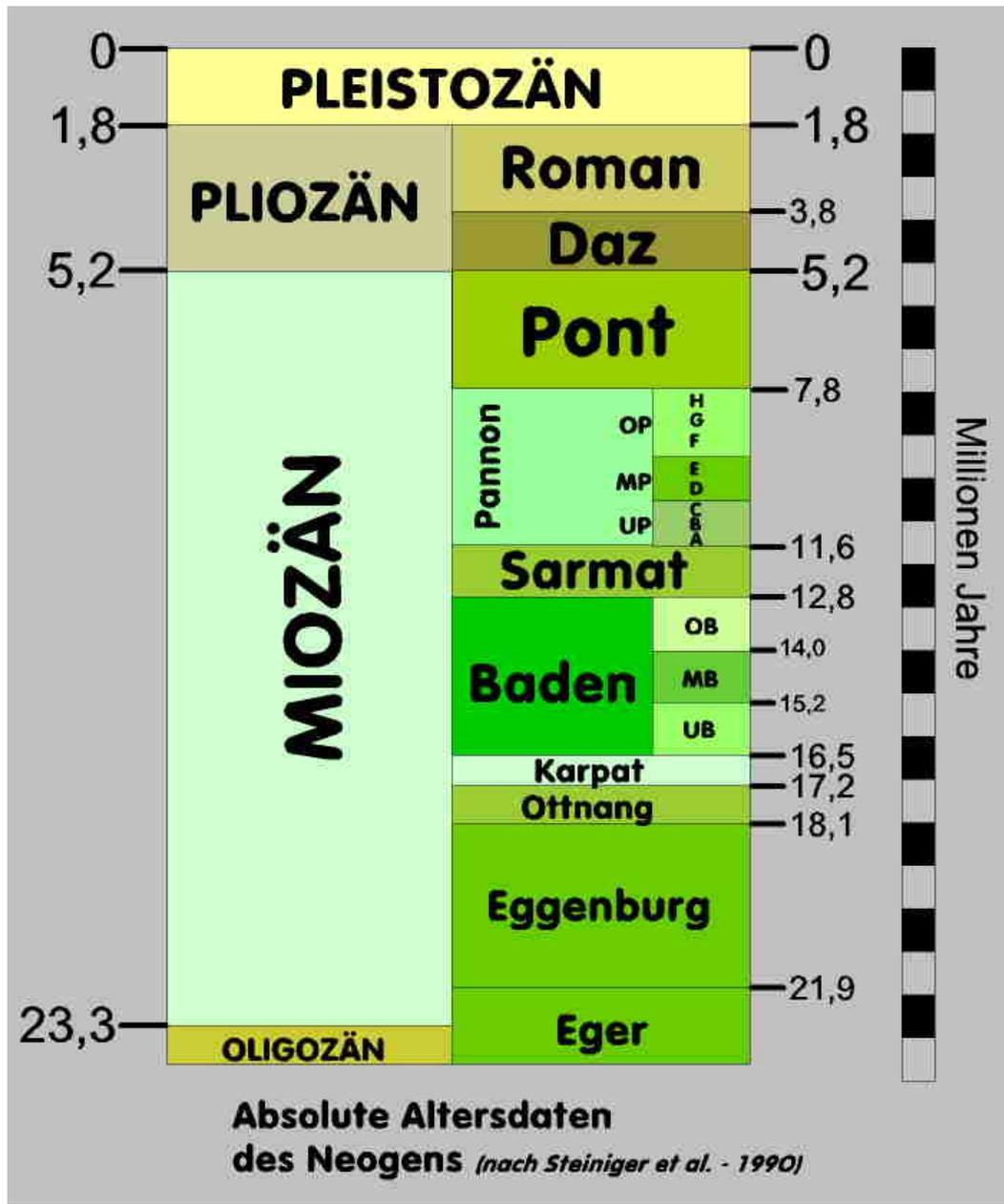


Abbildung 66: Absolute Altersdatierung des Neogens (nach STEINIGER et al. – 1990) aus EBNER & SACHSENHOFER (1991)

Die absolute Altersdatierung innerhalb des Projektgebietes von NANUTIWA weist in der Fachliteratur geringfügige Unterschiede auf. Diese Unterschiede sind jedoch kaum projektrelevant. Innerhalb des Projektes wird daher die Altersdatierung nach STEINIGER et al. (1990) herangezogen. Die Untergliederung des Pannon erfolgt nach PAPP in die Zonen A bis H, da diese Untergliederung in der Fachliteratur oft verwendet wird.

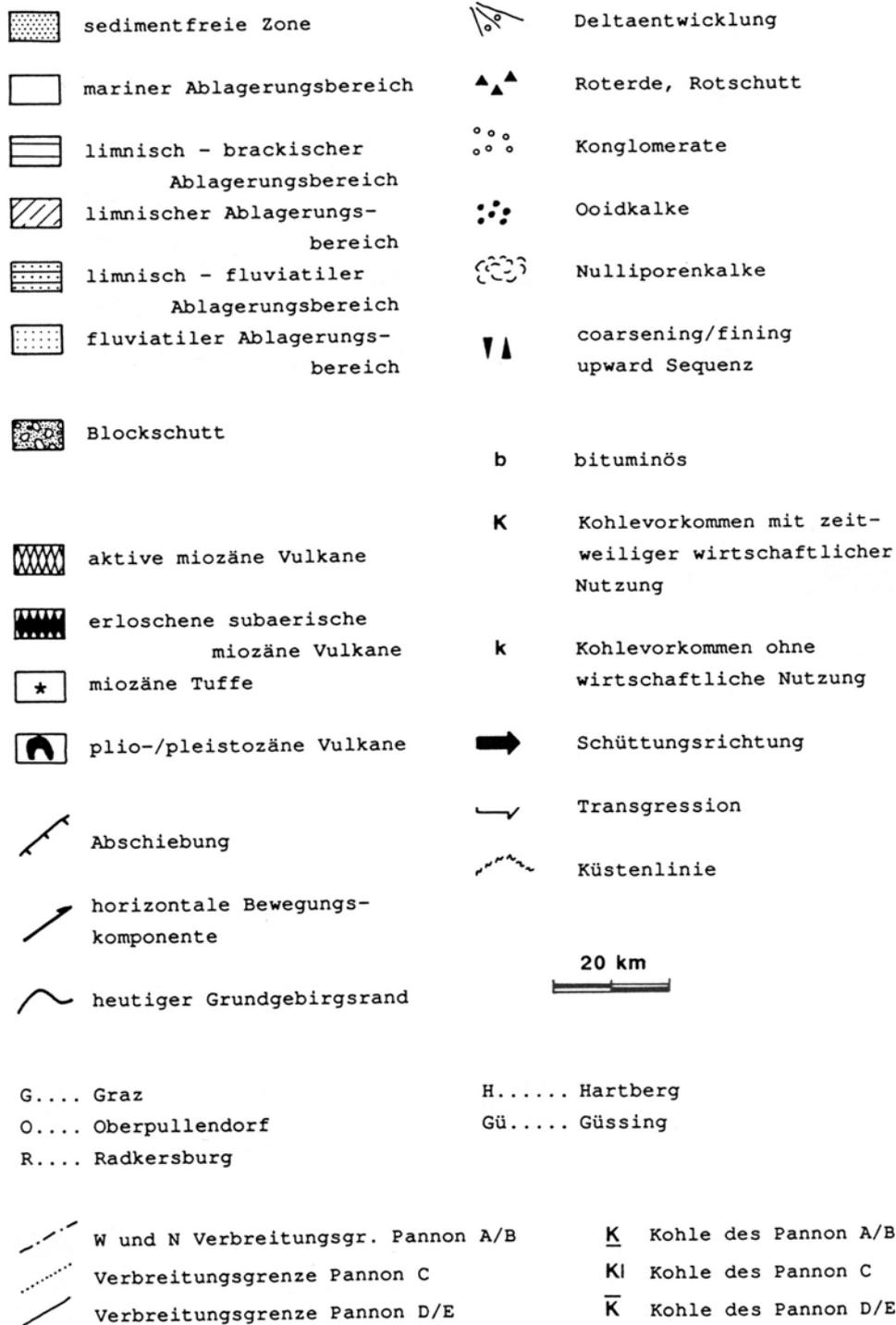


Abbildung 67: Legendenblatt zu den folgenden paläogeografischen Skizzen (aus EBNER F. & SACHSENHOFER, 1991)

Die lithostratigraphische Gliederung der Sedimente im Untersuchungsbereich wurde im Laufe der Zeit von verschiedenen Autoren mehrmals überarbeitet und ist derzeit noch nicht einheitlich geregelt. Da die „geringfügigen“ Unterschiede der verschiedenen lithostratigraphischen Gliederungen für die wasserwirtschaftliche Fragestellung in NANUTIWA nicht von essentieller Bedeutung sind, wird auf

eine detaillierte Berücksichtigung der, hauptsächlich im Oberpannon, bestehenden Unklarheiten verzichtet. Die modernen Arbeiten von GROSS (2000) wurden für die Bearbeitung zwar herangezogen, aus den oben angeführten Gründen in der vorliegenden Dokumentation jedoch nur eingeschränkt berücksichtigt.

Eine moderne, vereinfachte Gegenüberstellung einiger älterer Gliederungen mit den von GROSS (2000) formulierten lithostratigraphischen Einheiten in chrono- bzw. biostratigraphischer Zuordnung ist in Abbildung 68 ersichtlich.

Serie	Stufe	Biozone	Lithostratigraphische Gliederungen				
			STUR (1871)	WINKLER (1927 a)	KOLLMANN (1965)	diese Arbeit	
Oberes Miozän	Pannonium	Congeria parttschi-B.Z.	Belvedere-Schotter und Sand	Oberpontikum	Schichten von Loipersdorf und Unterlamm	Schichten von Loipersdorf und Unterlamm	
		Congeria hoernesii-B.Z.		Sedimente des Mittelpontikums	Karnerberg-niveau	Hangendschichten Karnerberg-schotter	Karnerberg-SbFm.
					Zone C des Unterpannons	Zwischenserie Kirchberger Schotter	Paldau-Formation
Mittleres Miozän	Congeria ornithopsis / Melanopsis impressa-B.Z.	Congerien-Tegel	Unterpontikum	Zwischenserie Kapfensteiner Schotter		Mayerhanselberg-SbFm.	
				Zone B des Unterpannons	Kapfensteiner Schotterzug	Feldbach-Formation	Kapfenstein-SbFm.
Sarmatium	"Nonion" granosum-B.Z.	Cerithienkalk und Sandstein Hernalser Tegel	Obersarmat		Obersarmat	Höheres Schichtpaket der Zone B	Sielegg-SbFm.
				Feldbach-Formation		Tieferes Schichtpaket der Zone B	Eisengraben-SbFm.
						Gleisdorf-Formation	

Abbildung 68: Vereinfachte Gegenüberstellung (aus GROSS, 2000)

Serie	M. A.	Stufen Zentrale Paratethys	Tektonische Einheiten		N → S						
			Biozonen	Pannonisches Becken (Seewinkel)	Eisenstädter Becken Wiener Becken	Landseer Bucht	Oststeirisches Becken (Südburgenland)				
MIOZAN	5,3	Romanium					Vulkanite				
		Dazium						Silberberg Schotter			
	7,1	Pannonium	H	Viviparus-Zone	Sande, Tonmergel, Lignite	Neufeld-Formation	Tone, Sande, Kiese	Jennersdorfer Schichten	Süßwasser-kalk		
			O	Congeria neumayeri / Congeria zahalkai-Zone					Taborer Schotter		
			F	Congeria subglobosa-Zone					Congerienschnäbelhoriz./Tone, Sande, Lignite		
			M	Congeria partsi-Zone	sandige Tonmergel	Fölligschotter		Stegersbacher Schichten/ Schichten von Loipersdorf u. Unterlamn			
			D	Congeria hoernesii-Zone							
			U	Congeria ornithopsis/ Melanopsis impressa-Zone	Tonmergel	Tone, Sande, Kiese		Tone, Mergel, Tonmergel, Sande	Kapfensteiner Schotter		
			11,5	Sarmatium	O	Porosonion granosum-Z.	Tonmergel	Tone, Sande, Kiese, detritärer Leithakalk	Tone, Sande, Kiese		
					M	Cribroelphidium hauerinum-Z.				Sande, Kiese	Gleisdorf-Formation
			13,0	Badenium	U	Cribroelphidium reginum-Zone					Sande, Kiese (+ umgel. Bull.-Bo.-Zone)
					O	Rotallien-Zone					
	M	Bulimin-Bolivinen-Zone			Tonmergel	Tone, Sande, Kiese, Leithakalk		Tone, Sande, Kiese			
	U	Sandschaler-Zone						Ritzinger Sande			
	16,4	Karpatum	U	Obere Lageniden-Zone				Tone, Sande, Kiese	Tauchen-Formation	Sande, Kalke	
			U	Untere Lageniden-Zone							
	17,3	Ottangium				Rust-Formation					
						Brennberger Blockstrom	Sinnersdorf-Formation				
18,8											
					Hochriegel-Formation						
					Obere						
					Untere	Auwaldschotter					
								Süßwasserschichten v. Brennberg			

Abbildung 69: Die Schichtfolge des Neogens im Burgenland (aus ZORN, 2000)

Gemäß EBNER & SACHSENHOFER (1991) existieren im Bereich der Tiefbohrungen, die im Untersuchungsgebiet von NANUTIWA abgeteuft wurden (siehe Abbildung 64), zahlreiche Schichtlücken. Vor allem betrifft dies das Unterpannon.

Schichtlücken in Tiefbohrungen:

Puch 1, 2	Mittelsarmat
Wollsdorf 1	Unterpannon
Ludersdorf 1, 2	Unterpannon
Paldau 1	Pannon A
Waltersdorf 1	Pannon A, Untersarmat
Walkersdorf 1	Pannon A, Untersarmat
Blumau 1	Pannon A
Blumau 1a	Pannon A
Fürstenfeld 1	Pannon A
Übersbach 1	Pannon A
Binderberg 1	Pannon A, Untersarmat
Bachselden 1	Pannon A

Die Sedimentationsgeschichte im NANUTIWA-Gebiet hängt intensiv und z.T. ursächlich mit der Subsidenzgeschichte der Teilbecken zusammen. Hinsichtlich der Aquifereigenschaften spielt auch der zunehmende Gesteinsdruck durch die zunehmende Überlagerung eine wesentliche Rolle, der zu einer Verringerung der Porosität mit der Tiefe führt.

8.13.2 Ottnang

Die Sedimentationsgeschichte des Steirischen Beckens beginnt am Alpenostrand im Ottnang, also vor etwa 18 Millionen Jahren.

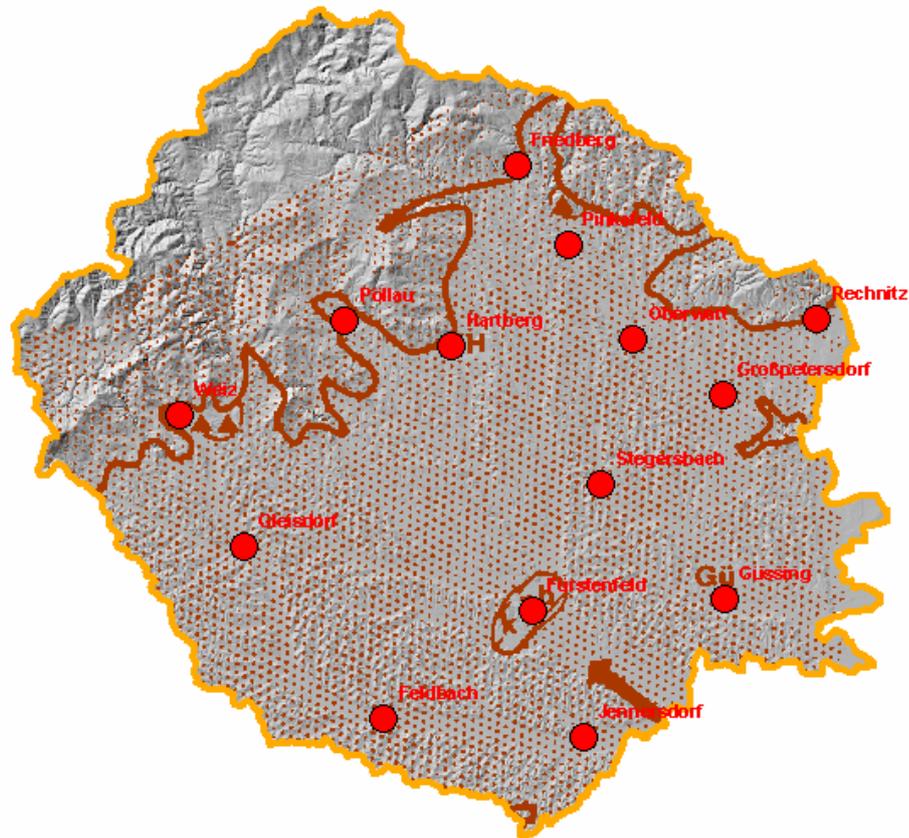


Abbildung 70: Paläogeographische Skizze des Ottnang (nach EBNER & SACHSENHOFER, 1991)

Das Projektgebiet von NANUTIWA war im Ottnang weitgehend landfest.

An der Basis des Ottnang sind Roterdevorkommen weit verbreitet. Hinsichtlich der Durchlässigkeiten und der damit zusammenhängenden Aquifereigenschaften sind die Sedimente des Ottnang eher bedeutungslos. Nur im Bereich der Beckenränder können lokal wasserführende gröberklastische Schwemmfächer und Deltaschüttungen sowie kohleführende Sedimente existieren.

Hinsichtlich des Schwermineralienspektrums ist die Tiefbohrung Übersbach erwähnenswert, die im Verlauf des Ottnang eine Änderung des Liefergebietes anzeigt.

8.13.3 Karpat

Das Karpat ist im Projektgebiet von NANUTIWA von einer intensiven Extensionstektonik geprägt, wodurch das Basement eine entsprechende Morphologie erlangt. Dadurch entstand im Bereich des

Fürstenfelder Beckens ein, von westlichen und östlichen Festlandbereichen begrenzter, Sedimentationsgraben. Diesem Szenario überlagerte sich der auflebende saure bis intermediäre Vulkanismus im Bereich der Auersbachschwelle, welche etwa entlang der Südgrenze des Projektgebietes von NANUTIWA verläuft. Gegen Ende des Karpat nimmt die tektonische Aktivität zu, was eine weitreichende Regression bedingt. Im Bereich der Beckenränder setzt daher Erosion und die Bildung von Schwemmfächern ein.

Der Sedimentbestand im zentralen Sedimentationsraum setzt sich überwiegend aus polymikten Konglomeraten in einer tonig-mergeligen Matrix zusammen. In der Bohrung Stegersbach Th 1 erreichten diese Konglomerate eine Mächtigkeit von etwa 850 m. Ein Kohleflöz weist auf eine küstennahe Position dieses Bereiches hin.

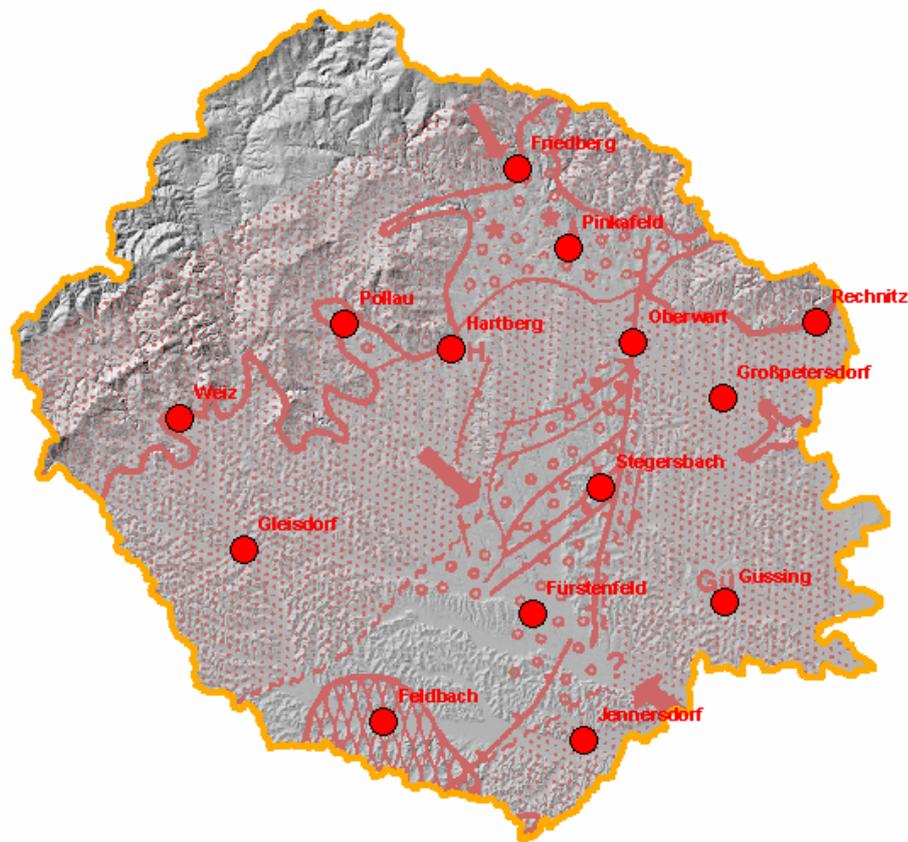


Abbildung 71: Paläogeografische Skizze des Karpat (nach EBNER & SACHSENHOFER, 1991)

Nördlich von Stegersbach schließen im Bereich der Friedberger-Pinkafelder Bucht limnisch-fluviatile Sedimente an. Die Schichtfolge der Friedberger-Pinkafelder Bucht beginnt im Hangenden der Zöberner Brekzie mit der Sinnersdorfer Formation. Bei der Sinnersdorfer Formation handelt es sich um einen Schuttsaum entlang des Grundgebirges, welcher großteils als Blockschutt in feinsandiger bis schluffig-toniger Matrix beschrieben werden kann. Aufgrund der Blockgröße (bis zu 3 m) und des Gesteinsbestandes (Quarzit, Gneis, Quarz, Granit) ist das Liefergebiet im Bereich der Wechselserie

und der Grobgnesserie zu suchen. In den hangenden 50 m der gesamten Ablagerungsfolge ist eine Wechsellagerung von gering mächtigen Blockschutt-, Sand- und Schotter-Lagen erkennbar. Die Gesamtmächtigkeit der Sinnersdorfer Formation beträgt im Bereich der Friedberger-Pinkfelder Bucht zwischen 200 und 600 m. Im Bereich des steirischen Raumes der Bucht sind auch vulkanische Tuffe eingeschaltet. Im Hangenden liegen teilweise geröllfreie Feinklastika vor, die eine Verzahnung mit marinen Sedimenten des Baden andeuten.

Hinsichtlich der Aquifereigenschaften ist die Sinnersdorfer Formation aufgrund der stark wechselnden lithologischen Abfolge nicht eindeutig zuordenbar. Hinweise auf Kies- und Sandlagen könnten eine Wasserführung andeuten.

8.13.4 Baden

Die im Karpat entstandene Differenzierung der Sedimentationsbereiche verliert sich im Übergangsbereich zum Baden. Bedingt durch eine weitreichende Absenkung im NANUTIWA-Gebiet kommt es zu großflächigen marinen Überflutungen und einer entsprechenden Änderung der Sedimentationsdynamik. Auch die Friedberger-Pinkfelder Bucht wird in den marinen Sedimentationsraum einbezogen. Die Südburgenländische Schwelle bleibt von Norden her bis zur Senke von Weichselbaum landfest.

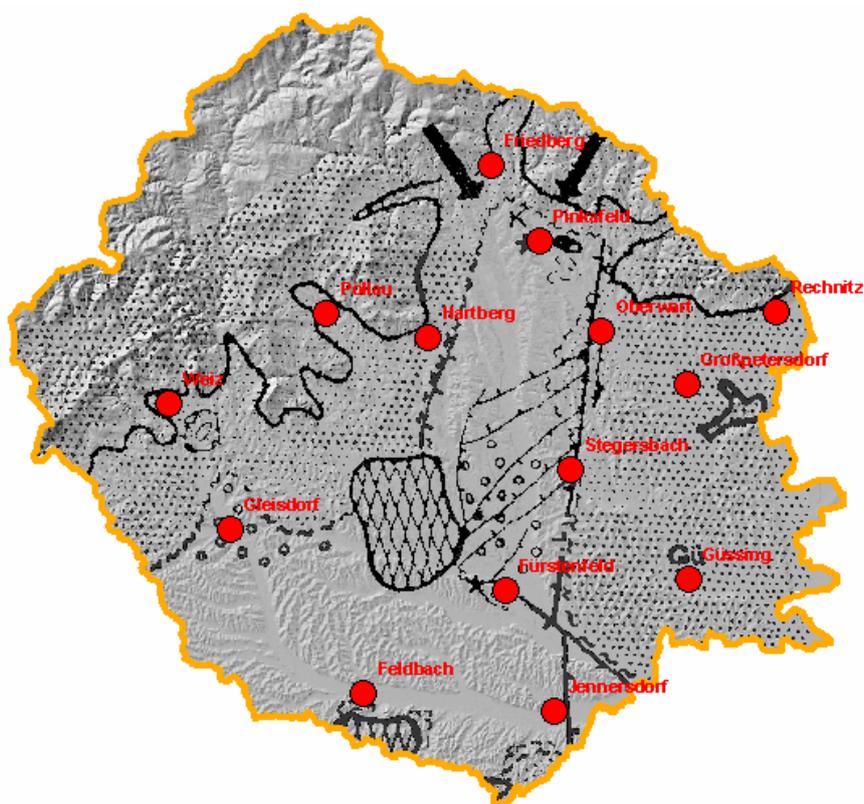


Abbildung 72: Paläogeographische Skizze des Baden (nach EBNER & SACHSENHOFER, 1991)

Die im Unterbaden beginnende Hebung des umrahmenden Grundgebirges führt zu einer Erhöhung des Erosionspotenzials und daraus resultierenden Blockschuttbildungen entlang der Grundgebirgsumrahmung. Im Bereich von Ilz und Walkersdorf greift der im Karpat einsetzende und nach Norden wandernde Vulkanismus direkt in das Projektgebiet von NANUTIWA über (siehe Abbildung 72).

Im Südburgenland sind die einzigen Ablagerungen des Baden im Bereich der Bucht von Pinkafeld und Friedberg bekannt. Die hier als Tauchen-Formation bezeichneten Sedimente weisen an der Basis eine etwa 25 m mächtige Kohleflözfolge (K) auf. Im Hangenden dieser Kohlelagen folgen tonig-schluffige Schichten, Sand- und Kieslagen, sowie Sandsteinbänke. Das Liefergebiet dieser Schichten wird durch eine Komponente aus dem jetzt herausragenden nordöstlich gelegenen Grundgebirge ergänzt. Die Tauchenformation erreicht eine Mächtigkeit von etwa 200 m. Im Osten ist diese im Raum von Wiesfleck und Tauchen als sandig dominierte Beckenfazies mit einer Leithakalkplatte (etwa 2 m mächtig) entwickelt, im Westen (Raum Friedberg-Sinnersdorf) als Deltaentwicklung ausgeprägt. Literaturhinweise deuten auf vulkanische Aktivität in diesem Raum hin.

Im Bereich von Gfängen und Pinkafeld wurden etwas jüngere Feinsedimente abgelagert. Dies ist insofern projektrelevant, als hier in jüngster Zeit sehr ergiebige Brunnen (z.B. einige Brunnen des Wasserbandes Südliches Burgenland 1) errichtet wurden.

In den Bohrungen Ludersdorf 1 und 2 und Wollsdorf 1 liegt auf der paläozoischen Tertiärbasis ein konglomeratischer Komplex mit einer Mächtigkeit von bis zu 185 m (Ludersdorf 1). Im Hangenden dieser Konglomerate wurden Leithakalke (Nulliporen-Kalke), die in marinen Flachwasserbereichen gebildet wurden, angetroffen. Die Mächtigkeit der Kalklagen beträgt maximal etwa 40 m. Die konglomeratische bis brekziöse Lage wurde auch in der Bohrung Waltersdorf 1, direkt über den paläozoischen Dolomiten angetroffen. Im Bereich des Weizer Beckens wurde ein etwa 52 m mächtiger kristalliner Blockschuttkörper angetroffen.

Die Bohrung Walkersdorf 1 (Walk 1) durchörterte die Lagenidenzone (Unterbaden) im Bereich des Mächtigkeitsmaximums von 416 m. Der lithologische Aufbau beinhaltet 110 m mächtige Vulkanite, die in ein 306 m mächtiges, vorwiegend mergelig-toniges Sedimentpaket eingebettet sind.

In der Bohrung Jennersdorf 1 wurde die Obere Lagenidenzone (Unterbaden) in einer Mächtigkeit von 595 m durchörtert. Dies ist ein Zeichen für die aktiv gewordene Senke von Weichselbaum im Süden des NANUTIWA-Gebietes. Bis dahin war hier landfester Bereich der Südburgenländischen Schwelle. Südlich der Senke von Weichselbaum erhob sich das paläozoische Grundgebirge, welches von Kalkriffen (Leithakalk) gesäumt ist.

Der nördlich von Fürstenfeld liegende Grabenbereich ist von mächtigen Konglomeratschichten geprägt. In den Bohrungen Litzelsdorf 1 und Stegersbach 1 setzt das Baden erst in der Sandschalerzone ein. Das Mittel- und Oberbaden im Bereich des Grabens ist überwiegend sandig

aufgebaut. Im Bereich der nördlichen Verlängerung dieser Subsidenzzone reicht der marine Sedimentationsbereich bis in die Friedberger-Pinkfelder Bucht wo er über die karpatischen Sinnersdorfer Schichten transgrediert.

8.13.5 Sarmat

Nach einer kurzen Regressionsphase im Oberbadener erfolgte im Untersarmat eine neuerliche Transgression. Gleichzeitig kommt es zu einer Abschnürung der Parathetys und damit Verbrückung des Binnenmeeres.

Im Steirischen Becken erfolgte zwischen der Mittelsteirischen Schwelle und dem landfest gebliebenen Nordteil der Südburgenländischen Schwelle nach einer Überflutung der beckeninternen Schwellen und eines Großteils der bereits erloschenen Vulkane eine Vereinheitlichung des Ablagerungsraumes. Marine Sedimentationsbedingungen griffen nach Norden und Westen auf bisher terrestrische Bereiche über.

Der Westrand des marinen Untersarmat wird etwa entlang der Linie Waldödhof/Graz – Wildon - St.Nikolai - Mureck definiert. Im zentralen Becken taucht Sarmat unter jüngere Ablagerungen des Gleichenberger Vulkanmassives (Feldbacher Sporn) ab.

Am Beckennordrand besteht entlang des aufragenden Grundgebirges von Graz bis nördlich von Bad Tatzmannsdorf ein Saum meist obersarmatischer Ablagerungen. Diese obersarmatische Randfazies ist im Westen (etwa Graz bis Weiz) limnisch-fluviatil-brackisch, d weiter östlich marin geprägt.

Vom Grundgebirgsrand her existieren zwei Sporne, der Gleisdorfer und der Hartberger Sarmatsporn, die weit nach Süden ins Becken vorspringen.

An der Grenze Baden/Sarmat besteht südlich des NANUTIWA-Gebietes in großen Bereichen (Wildon, Tauchen, Klapping , St. Anna/Aigen) eine Erosionslücke.

Im Umfeld des Fürstenfelder Beckens besteht eine Auftauchzone, welche in den Bohrungen Binderberg 1, Paldau 1, Walkersdorf 1 und Waltersdorf 1 dokumentiert ist. Aus diesem Grund waren Teilbereiche des Gleichenberger Vulkanmassives noch über Meeresniveau. Ebenso waren Teilbereiche der Südburgenländischen Schwelle südwestlich der Senke von Weichselbaum Auftauchzonen. Hier liegen untersarmatische Konglomerate auf Paläozoikum (z.B. bei St. Anna/Aigen).

Im Untersarmat ist das Fürstenfelder Becken im Nordwesten noch von der landfesten Hochzone Walkersdorf- Waltersdorf begrenzt. Diese Zone trägt später ein 650-700 m mächtiges Schichtpaket des Mittel-Obersarmat.

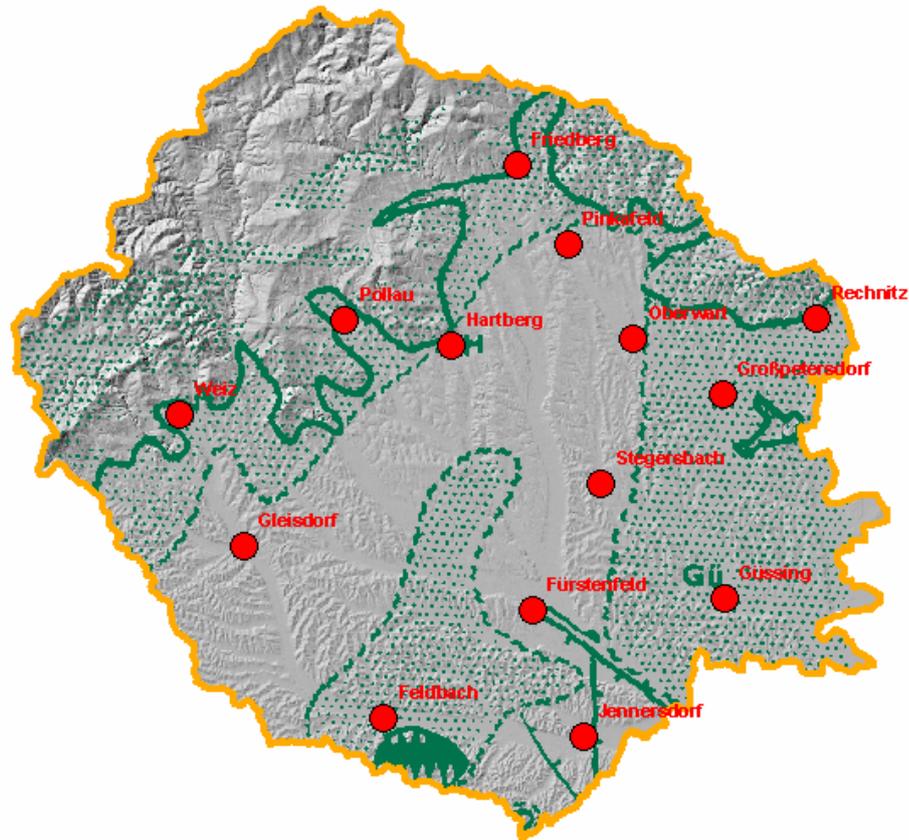


Abbildung 73: Paläogeografische Skizze des Untersarmat (nach EBNER. & SACHSENHOFER, 1991)

Im Grenzbereich zur Südburgenländischen Schwelle (Binderberg 1) kommt es nach Schichtlücken auch hier zu einer Absenkung und einer Vereinheitlichung des Ablagerungsraumes. Im Bereich zwischen dem Fürstenfelder Becken und der Senke von Weichselbaum wurde in der Tiefbohrung Jennersdorf 1 ein etwa 500 m mächtiges sarmatisches Ablagerungspaket aufgeschlossen.

Im Bereich der Bohrung Paldau 1 fehlt das höhere Oberbadener, das Sarmat besitzt eine Mächtigkeit von 742 m. In der Bohrung Gleisdorf wurden sarmatische Schichten zwischen 290 und 315 m durchörtert, was einer Mächtigkeit von nur 25 m entspricht.

Die Ablagerungsbedingungen im Sarmat sind bei aussüßendem Charakter vorwiegend marin dominiert, ziemlich einheitlich tonig-mergelig und sandig. Oolithische Kalksandsteine am Nordwest-Rand des Sedimentbeckens und in den zentralen Beckenteilen resultieren aus einer Flachwassersedimentation im Obersarmat.

Am Nordrand des Beckens zwischen Graz und Weiz herrschten limnisch-fluviatile Ablagerungsbedingungen.

Die Gleisdorfer Schichten liegen zwischen marinen Sedimenten des Beckeninneren und der

Randfazies entlang des Grundgebirges (Kohleführende Schichten von Weiz). Nordöstlich von Hartberg existiert tonig-sandiges, marines Untersarmat mit Mollusken bis in die Friedberger-Pinkafelder Bucht und bis Tauchen.

Im Bereich der Bohrung Gleisdorf Th 1 liegt zwischen 133-164m Untersarmat vor.

Mittelsarmat existiert an der West- und Südflanke des Gnaser Beckens ähnlich wie Untersarmat (monotone Tonmergel). Obertags ist Mittelsarmat im Südosten von Graz bei Mitterlabill kartiert.

Die Mächtigkeit des Mittelsarmat beträgt im Südteil des Gnaser Beckens etwa 130 m, im Dreiländereck zwischen Österreich, Slowenien und Ungarn etwa 60-70 m. Größere Mächtigkeiten sind, wie schon erwähnt, im Bereich der Senke von Weichselbaum und des Fürstenfelder Beckens bekannt.

Bekannte Mächtigkeiten in den Tiefbohrungen sind:

Waltersdorf 1	417,7m
Jennersdorf 1	1.100 m
Binderberg1	730 m
Walkersdorf 1	700 m
Paldau 1	491 m
Übersbach 1	814 m
Litzesdorf 1	704 m
Stegersbach 1	711 m
Fürstenfeld Th 1	1135 m
Gleichenberger Kogel:	Oberbaden bis Obersarmat: 176 m
Gleisdorf Th 1	Sarmat 290 - 315 m

Obersarmat existiert im südlichen Gnaser Becken und südlich des Gleichenberger Vulkanitmassivs in Form von „sarmato-carinthischen“ Schottern, welche max. 5-7 Grad gegen die Beckenachse einfallen. In der Literatur ist dieser obersarmatische „sarmato-carinthische“ Schotterzug, der ein guter lithostratigraphischer Leithorizont sein kann, mehrfach zitiert. Südlich des NANUTIWA-Gebietes, bei St. Anna am Aigen, fehlt dieser. Der Schotterzug besitzt eine Mächtigkeit bis etwa 30 m.

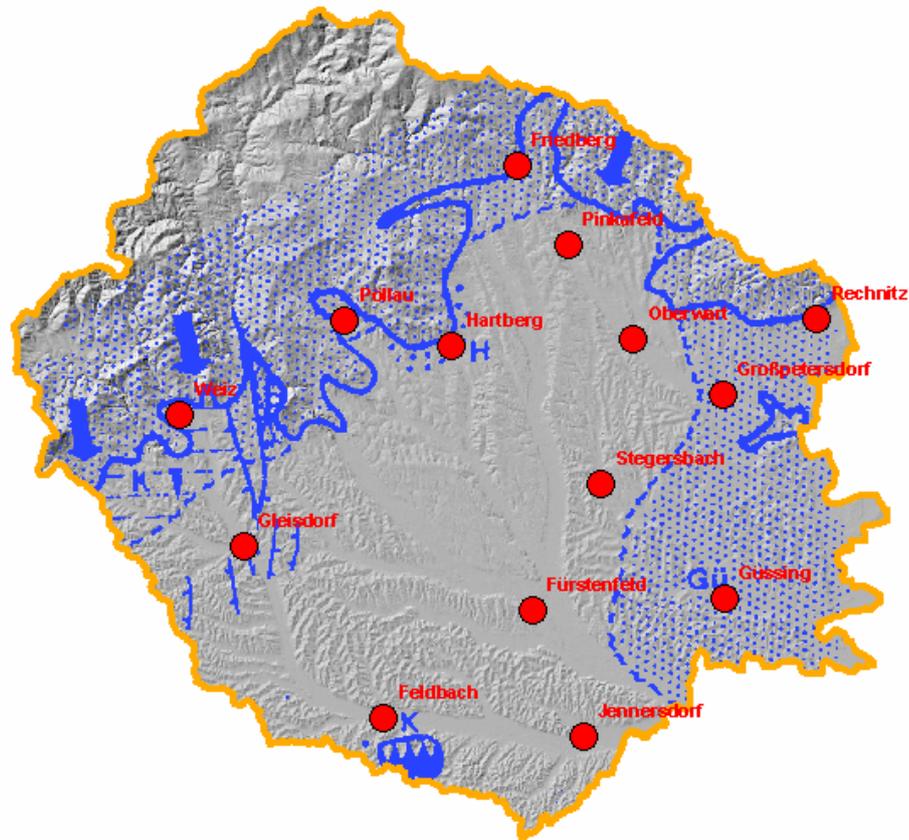


Abbildung 74: Paläogeografische Skizze des Obersarmat (nach EBNER. & SACHSENHOFER, 1991)

Über diesen Kiesen liegen tonig-mergelige und sandige Sedimente unterschiedlicher Fossilführung und Einschaltungen von Kiesen und teilweise oolithischen Kalksandsteinen.

Generell existieren bedeutende regionale fazielle Unterschiede.

Zwischen Feldbach und Gleichenberg existieren mehrere Schotterlagen (z.B. Mühldorfer Schotter) und im Raum von Feldbach Lignitflöze.

Die Tiefbohrung Übersbach 1 durchörterte eine Obersarmat-Mächtigkeit von 401m. Hier ist das Obersarmat von Kiesen, oolithischen Sandsteinen, Ton und Mergel geprägt. An der Basis liegt hier eine etwa 100m mächtige zweigeteilte Schotterserie vor.

Im tieferen Obersarmat und im Untersarmat dominieren Quarz und Kristallinkomponenten sowie auch Karbonatkomponenten, die aufgrund der Schwermineralzusammensetzung ein geändertes Liefergebiet anzeigen. Der Gipfel des erloschenen Gleichenberger Vulkankomplexes ragt aus dem Meer. An der Nordflanke existiert im Kogelbachgraben ein Obersarmatischer Transgressionshorizont in 360m Seehöhe.

Der Gleisdorfer Sarmatporn ist fossilführendes Obersarmat im Bereich von Fünffing und Arnwiesen. Im Hangenden dieses Bereiches liegen bis zu 150 m mächtige feinsandige Tone die im hangenden zunehmend Einschaltungen von Kiesen und Grobsandlagen aufweisen. Diese Sedimente vermitteln zu den etwa 200 m mächtigen Kohle führenden Schichten von Weiz, welche dem Obersarmat bzw. dem Pannon A/B zugeordnet werden. Im Bereich des grundgebirgsnahen Saumes treten diese in den Rollsdorfer Schichten im Westen bis in den Bereich Wenisbuch bei Graz auf (MOSER 1986, KRAINER 1978b) und begrenzen eine Bruchstruktur. Sie beinhalten ehemalige Flöze. Sie werden als limnisch-brackische Ablagerungen eines Schwemmlandbereiches, der an ein offenes Becken grenzt, angesehen. Die, im Obersarmat östlich der kohleführenden Schichten einsetzenden, 250 m mächtigen Pucher Schotter, bilden progradierende Alluvial-Fächer.

Für die Faziesdifferenzierung im Sarmat des Weizer Beckens ist die Bruchtektonik von großer Bedeutung (KRAINER 1984, 1987b). Versatzbeträge von bis zu 300 m sind auf eine Ost-West-gerichtete Dehnungstektonik zurückzuführen, welche zur Bildung der heute durch die von den Rollsdorfer Schichten eingenommene Hochzone führt, während sich in den Tiefschollen die Sedimentation kontinuierlich bis ins Pannon fortsetzt. Erst im Pannon C wird ein einheitlicher Faziesraum wiederhergestellt. Eine Dehnungstektonik vergleichbaren Alters ergibt sich auch aus Bohrungen im Raum Gleisdorf.

Im Bereich des Hartberger Sporns überlagern Mittel- und Obersarmat unter Zwischenschaltung von älteren tuffführenden Blockschottern kristallines Grundgebirge. Bei Grafendorf liegen obersarmatische karbonatische Transgressionsbildungen über Kristallin. Mittelsarmatische und obersarmatische Schichten mit reicher Fossilführung existieren in Steinbrüchen im Bereich von Löffelbach-Schildbach in grundgebirgsnaher Position (Kalksandstein, Kalkmergel).



Abbildung 75: Sarmatische Wechselagerung bei der Schottergrube Wiesfleck bei Pinkafeld

In der Tauchener Bucht ist das gesamte klastische Sarmat nur etwa 200m mächtig. Es transgrediert über penninischem Grundgebirge (nördlich von Bad Tatzmannsdorf) oder überlagert das Baden bzw. bei Willersdorf die Sinnersdorfer Formation.

Im Südburgenland existieren sarmatische, hauptsächlich als Grobsande und Kiese entwickelte Ablagerungen im Bereich von Pinkafeld und in der Nähe von Neustift zwischen Lafnitz und Stögersbach. Ein anschaulicher, fossilreicher, Aufschluss ist in Wiesfleck, in der Nähe von Pinkafeld, bekannt (siehe Abbildung 75).

8.13.6 Pannon

Die im Sarmat begonnene Aussüßung des Restsees setzt sich im Pannon weiter fort. Aufgrund des Seespiegelrückganges an der Grenze zwischen Sarmat und Pannon fehlt die Zone A in großen Bereichen des Untersuchungsgebietes von NANUTIWA. Generell beginnt die Sedimentation im Pannon B, oft jedoch erst im Pannon C.

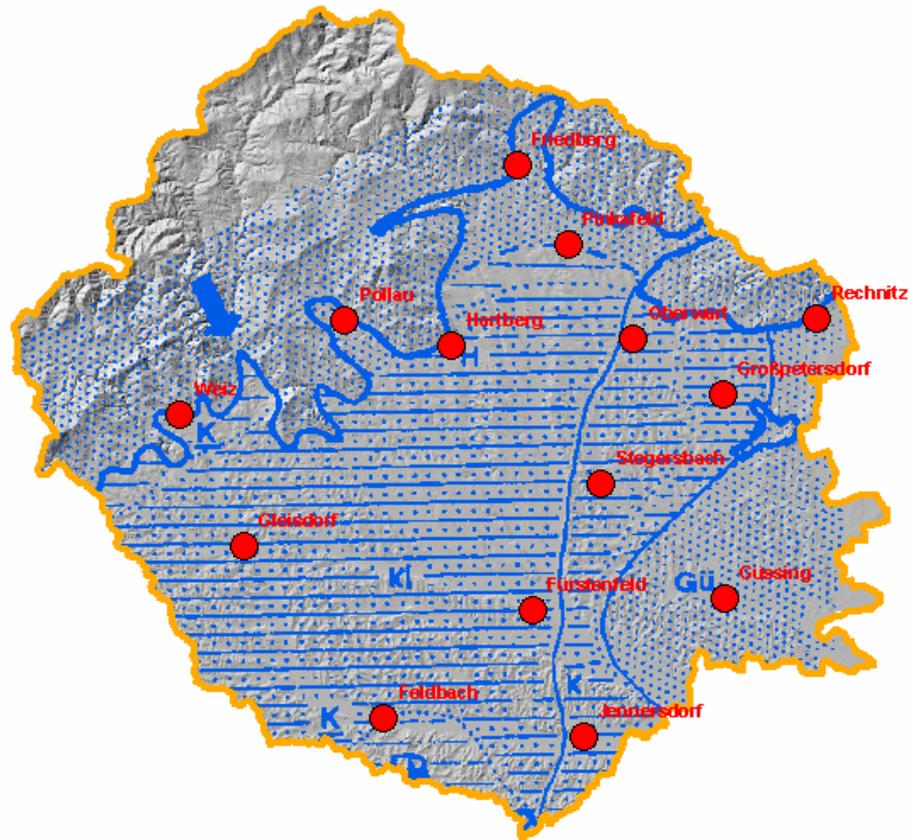


Abbildung 76: Paläogeographische Skizze des Pannon (nach EBNER F. & SACHSENHOFER F., 1991)

Im Steirischen Becken liegen hauptsächlich klastische Sedimente des Pannon B und Pannon C vor, welche die zentralen Beckenteile erfüllen und im Norden z.T. weit über das Grundgebirge lappen.

Die westlichsten Sedimente des Unterpannon liegen nördlich und östlich von Graz. Von hier aus verläuft die Verbreitung gegen Südosten bis in den Bereich von Gnas, umgeht das Gleichenberger Massiv nördlich und stößt bei St. Anna auf die Südburgenländischen Schwelle.

Das Mittelpannon (Zone D, Zone E) hat seine Hauptverbreitung im Steirisch-Südburgenländischen Grenzgebiet. Weiters liegt Mittelpannon am nordwestlichen Rand des NANUTIWA-Gebietes zwischen Graz und Hartberg auf das Grundgebirge übergreifend oder nur durch einen Saum älterer Sedimente von Grundgebirge getrennt, vor.

Oberpannon liegt im östlichen Bereich des NANUTIWA-Gebietes vorrangig in Form der „Taborer Schotter“ vor.

Da die Sedimente des Pannon für die Tiefengrundwasseraquifere im Untersuchungsgebiet von NANUTIWA von größter Bedeutung sind, erfolgt im weiteren eine detaillierte Beschreibung der Genese dieser Sedimente.

8.13.6.1 Pannon A

Sedimente des Pannon A fehlen im Untersuchungsgebiet von NANUTIWA weitgehend, was aus einem Rückgang des Seespiegels resultierte. Hinweise für Pannon A ergeben sich nur aus grundgebirgsnahen Bereichen des Untersuchungsgebietes (z.B. Kohle führende Schichten von Weiz (Pannon A/B), eventuell Pucher Schotter (Obersarmat bis Pannon C), eventuell Lokalitäten bei Siebenbirken, Seibersdorf, Pinkafeld).

8.13.6.2 Pannon B

Das westlichste Vorkommen von Sedimenten des Pannon B ist im Bereich von Vasoldsberg, südlich des Untersuchungsgebietes von NANUTIWA bekannt. Generell besitzt Pannon B im Oststeirischen Becken eine große Verbreitung.

Als Leithorizonte werden zwei Schichtpakete herangezogen:

Das liegende Paket baut sich aus Sanden mit *Melanopsis impressa* und Tonmergeln mit *Congeria ornithopsis* auf. Das hangende Paket besteht aus gebänderten Tonmergeln, Sandschnüren, vereinzelt Kieslagen und, im Raum Paldau, auch Lignitschmitzen. Die Mächtigkeit dieser Zone beträgt im Raum Paldau etwa 70-80 m, südlich davon etwa 80 bis 120 m.

Pannon B liegt weiters im Bereich der Pöllauer Bucht, im Raum Hartberg und Grafendorf bis in den Bereich der Friedberger-Pinkafelder Bucht vor und überlagert nördlich von Bad Tatzmannsdorf bereichsweise die Rechnitzer Schieferinsel.

Mächtigkeiten des Pannon B werden in der Bohrung Fürstenfeld Th 1 mit 189 m, in der Bohrung Stegersbach Th 1, als Unter- und Mittelpannon zusammengefasst, mit 497,7 m, in der Bohrung Litzelsdorf 1, als gesamtes Unterpannon, mit 396 m und Bohrung Jennersdorf mit 193 m angegeben.

Eine Verbindung zum Raabgraben bestand im Pannon B über die Senke von Weichselbaum.

8.13.6.3 Pannon C

Das westlichste Vorkommen von Pannon C ist auf den Höhenzügen am östlichen Stadtrand von Graz bekannt. Etwa östlich der Verbindungslinie zwischen den Tiefbohrungen Übersbach 1 und Binderberg 1 wird Pannon C von Mittelpannon überlagert. Im zentralen Teil des Oststeirischen Beckens liegt Pannon C großflächig vor.

Der lithologische Aufbau der Pannon C–Sedimentabfolge wird als fluviatile, zyklische Sedimentabfolge von Sanden, kalkfreien Tonen und Kiesen beschrieben. Der Grund für die Zyklizität des Sedimentationsgeschehen ist in einem mehrmaligen Trockenfallen (Aufschotterung) aufgrund Änderungen der klimatischen Bedingungen oder/und tektonischer Bewegungen zu sehen.

Diese zyklische Abfolge des Pannon C beinhaltet folgende Kieszüge:

Hangendschotter
Schemerl Schotter
Karnberger Schotter
Kirchberger Schotter
Kapfensteiner Schotter

Zwischen diesen, oft als flächig vorliegend beschriebenen Schotterfolgen liegen feinklastische, limnische Serien mit lokalen Kohle- und Lignitflözen. Beispielsweise existiert im Bereich von Ilz eine Lignitlage in der Zwischenserie zwischen dem Kapfensteiner und Kirchberger Schotterzug.

Grundgebirgswärts nimmt die Mächtigkeit der Schotterhorizonte unter teilweiser Verschmelzung einzelner Niveaus zu. Dem entspricht auch der aus den Sedimentstrukturen ermittelte Sedimenttransport aus der Nordwest-Umrahmung des Sedimentbeckens (SKALA, 1968).

Der Geröllbestand dieser Abfolgen ist Quarz, Kristallin (Gneis, Pegmatit, Amphibolit), Sandstein und Porphy. In den hangenden Schemerl Schottern dominieren Karbonate, welche allerdings gegen Süden in feine Quarz- und Kristallinschotter übergehen.

Nach einer Hypothese von KRAINER (1987,1988) bauten die Flüsse vom Beckenrand her ein verzweigtes Rinnensystem mit gelegentlichen Schichtfluten auf. Dieses geht in ein mäandrierendes Flusssystem über, das im Beckeninneren einen breiten, teilweise versumpften Schwemmlandbereich bildet. KRAINER (1987,1988) glaubt nicht an eine klimatische Steuerung der Sedimentationszyklen, sondern eher an eine tektonische Wechselbeziehung zwischen einer Hebung des Ostalpenraumes und einer Subsidenz des Pannonischen Beckens.

Aufgrund sedimentologischer Parameter und der Schwermineralführung ordnet NEBERT (1983) die Kapfensteiner und Kirchberger Schotter zwei getrennten fluviatilen Sedimentationszyklen zu. Die stratigraphische Zuordnung erfolgte auf Basis von Ostracoden und Wirbeltieren (z.B. Nashörner).

Die maximale, kartierte bzw. durchörterte, Mächtigkeit der Pannon C-Sedimente beträgt etwa 160m.

In der Friedberger-Pinkafelder Bucht existieren wahrscheinlich Äquivalente des Pannon C. In der Bucht von Tauchen existiert Unterpannon in feinklastischer Ausbildung mit einer Mächtigkeit von etwa 50 m, die nach Süden rasch zunimmt. Basale Grobklastika liegen nur lokal vor.

Nach KOLLMANN (1960) besteht das Pannon C vorwiegend aus Sanden und kalkfreien, oft grünlich oder gelb verfärbten Tonen, unterbrochen durch oft flächenhaft verbreitete Schotterhorizonte verschiedener Verlandungsphasen.

Eine rhythmische Abfolge von Schottern und meist pflanzenführenden Tonen wiederholt sich im tieferen Teil zweimal (Kapfensteiner und Kirchberger Schotter). Diese Schotterhorizonte sind an der Südflanke des Beckens geringer mächtig und durch Sand-Tonlagen deutlich getrennt. Gegen Norden nimmt die Schottermächtigkeit und die Korngröße zu und es schalten sich weitere, zusätzliche Schotterpakete und Linsen ein.

Abbildung 77 bis Abbildung 82 zeigen einige Geländeaufschlüsse, die aufgrund der großgeologischen Lage dem Pannon C zugeordnet werden könnten. Eine biochronologische Identifikation erfolgte hier nicht. Augenscheinlich, und der eigentliche Grund für die Einbindung dieser Abbildungen, ist die Darstellung der kleinräumigen Änderungen der lithologischen Eigenschaften der abgelagerten Sedimentfolge im Pannon.



Abbildung 77: Gesamter Aufschluß bei Steinhöfl (Pannon)



Abbildung 78: Typische Wechsellagerung beim Aufschluß bei Steinbüchl (Pannon)



Abbildung 79: Fest gelagerte Sande Aufschluß bei Steinbüchl (Pannon)



Abbildung 80: Kreuzschichtungen beim Aufschluß Steinhöfl (Pannon)



Abbildung 81: Wechsellagerung Aufschluß Steinhöfl (Pannon)



Abbildung 82: Schottergrube Kolmegg (wahrscheinlich Schemerl Schotter)

8.13.6.3.1 Kapfensteiner Schotter

Die Kapfensteiner Schotter sind nach KOLLMANN (1965) eine fast durchgehende Schotterplatte, welche das Pannon B bedeckt und randlich auch über ältere Schichten übergreift. Das Sedimentliefergebiet dieser Schotter sind aus den Alpen kommende Schuttkegel. Nur einzelne Aufragungen wurden nicht von diesem Schotterzug bedeckt. Diese werden daher unmittelbar von der nächsten limnischen Phase überlagert.

Der Geröllbestand ist großteils Quarz und Kristallinschutt (Gneise, Pegmatite, amphibolitähnliche Gesteine), aber auch Sandsteine, Porphyry und untergeordnet Kalke und Dolomite. Die Geröllgröße ist auch in grundgebirgsrandfernen Bereichen bis in den Dezimeterbereich reichend. Die Matrix dieser Schotterlage ist sandig.

Diese Schotter ruhen meist taschenförmig mit Erosionsflächen der Unterlage auf. Da sie flächig (mit Ausnahme weniger Gebiete, z.B. im Raum Graz) von Pannon B unterlagert werden, spricht man eher von einer Unstetigkeit an der Basis als von einer Diskordanz.

8.13.6.3.2 Verbreitung der Kapfensteiner Schotter

- Am Südrand des Beckens zwischen der Steirisch-Burgenländischen Landesgrenze und Feldbach bis Paldau (WINKLER-HERMADEN 1927 b-c)
- Nördlich des Feldbacher Sporns fehlt der Kapfensteiner Schotter mit Ausnahme eines Vorkommens bei Raabau.
- Östlich von Saaz bis Paldau ist der Kapfensteiner Schotter wieder gut entwickelt.
- Der Kapfensteiner Schotter fehlt örtlich zwischen Paldau und dem Saßbachtal bei St.Stefan. Von hier aus ist der Kapfensteiner Schotter fast fortlaufend in vielen hundert Aufschlüssen bis Schloß Vasoldsberg in allgemeiner Nordwest-Richtung zu verfolgen. Der Kapfensteiner Schotter liegt in diesem Bereich auf Sedimenten des Obersarmat.
- Gleisdorf: Kapfensteiner Schotter fingert aus und ist zwischen Laßnitzhöhe und dem Ilztal bei Hohegg von den Kirchberger Schottern, die ebenfalls ausfingern, zu trennen.
- Zwischen Ilz und Walkersdorf: erbohrter Schotter entspricht der tieferen Digitation, also dem nach Osten relativ beständigen Kapfensteiner Schotter. Dieser liegt auf dem höheren Schichtpaket des Pannon B.
- Nordseite des Ilztales unmittelbar nördlich von Ilz
- Mayerbach- und Rittscheintal: Schottergruben an beiden Talhängen
- Bereich Markt Hartmannsdorf:
Von hier aus setzt sich das tiefere Paket, linsenförmig aufgelöst, in einzelnen Aufschlüssen an der nördlichen Talflanke bis Walkersdorf fort.
- Im Tal von Schweinz und Krennach fehlt Kapfensteiner Schotter
- In der Tiefbohrung Übersbach 1 liegen diese Schotter unmittelbar im Hangenden der Zone B vor.
- Nördlich des Ilztales liegen nur wenige Informationen vor.
- In der Pöllauer Bucht liegen diese Kieslagen des Pannon C weit verbreitet vor (NEBERT, 1952). Grundgebirgsnah sind diese ähnlich aufgegliedert wie im Gebiet von Gleisdorf und gehen in verkittete Blockschotter über.
- Weiters existieren zahlreiche Vorkommen von äquivalenten Sedimentlagen am Grundgebirgsrand von Hartberg und in der Friedberger-Pinkafelder Bucht.

8.13.6.3.3 Fluviale Faziesentwicklung im Unterpannon des Steirischen Beckens (Zentrale Paratethys) (KRAINER, 1987)

In dieser Arbeit untersuchte KRAINER (1987) die Faziesentwicklung der Weizer und der Pucher Bucht.

Aus dem Studium zweier fluvialer Faziesentwicklungen im Steirischen Becken ergibt sich anhand von Geländebeobachtungen und Makroanalysen ein verzweigtes Rinnensystem mit gelegentlichen Schichtfluten am Grundgebirgsrand und ein grobklastisches, mäandrierendes System mit gut entwickeltem Aubereich im Beckeninneren. Durch die rege Beschäftigung mit fluvialen Systemen wurde zwar der Wissensstand über die theoretische Faziesentwicklung und mögliche Bandbreite fluvialer Ablagerungsmodelle erweitert, jedoch gleichzeitig die Notwendigkeit weiterer Detailinformationen über Einzelbeispiele betont.

8.13.6.4 Pannon D, E

Sedimente des Pannon C werden im NANUTIWA-Gebiet nur im Bereich der Südburgenländischen Schwelle angetroffen. Südlich und südöstlich von Fürstenfeld werden sie als Schichten von Loipersdorf und Unterlamm zusammengefasst.

Nach Norden setzen sich diese Schichten über das Feistritztal in das westliche Südburgenland bis Stegersbach fort. Dort werden sie als Schichten von Stegersbach zusammengefasst.

Im Steirischen Raum ist das Pannon D und E als Wechselfolge von Sanden, fossilreichen bunten Tonen und Lignit ausgebildet. Untergeordnet treten auch Kieslagen auf.

Mächtigkeitangaben des Mittelpannon liegen nur aus den Tiefbohrungen Jennersdorf 1 (134m) und Litzelsdorf (100m) vor.

8.13.6.5 Pannon F,G,H

Oberpannone Schichten existieren nur im Osten des Beckens im Bereich der Südburgenländischen Schwelle. Lithologisch bauen sich diese Schichten aus Sanden, Tonen, Mergeln, Süßwasserkalken und Kiesen auf.

Die Taborer Schotter, welche vorrangig Quarzkomponenten beinhalten, liegen dem Mittelpannon und teilweise dem Unterpannon mit Schichtlücke auf.

Im Südöstlichen Steirischen Becken fehlt Zone F.

Im Pinkatal und bei Oberneuburg südlich von Oberwart existiert Oberpannon in Form der Kohlelagerstätte von Eberau und dem Congerienschnäbelhorizont bei Siget (Zone F).

Im Hangenden der Taborer Schotter lagern blau-grün gefärbte Tone und Feinsande der Schichten von Jennersdorf, die als „blaugüne Serie“ bezeichnet wird und eine Mächtigkeit von 150 m aufweist und der Zone G angehört. Diese Schichten liegen hauptsächlich im Südburgenland vor.

In der Friedberger-Pinkafelder Bucht lagern Feinsande, Schluffe, Quarzkleinschotter des Oberpannon (Mächtigkeit max. etwa 200 m) über Mittelpannon.

Im Osten greift Oberpannon direkt auf das Penninikum von Rechnitz über.

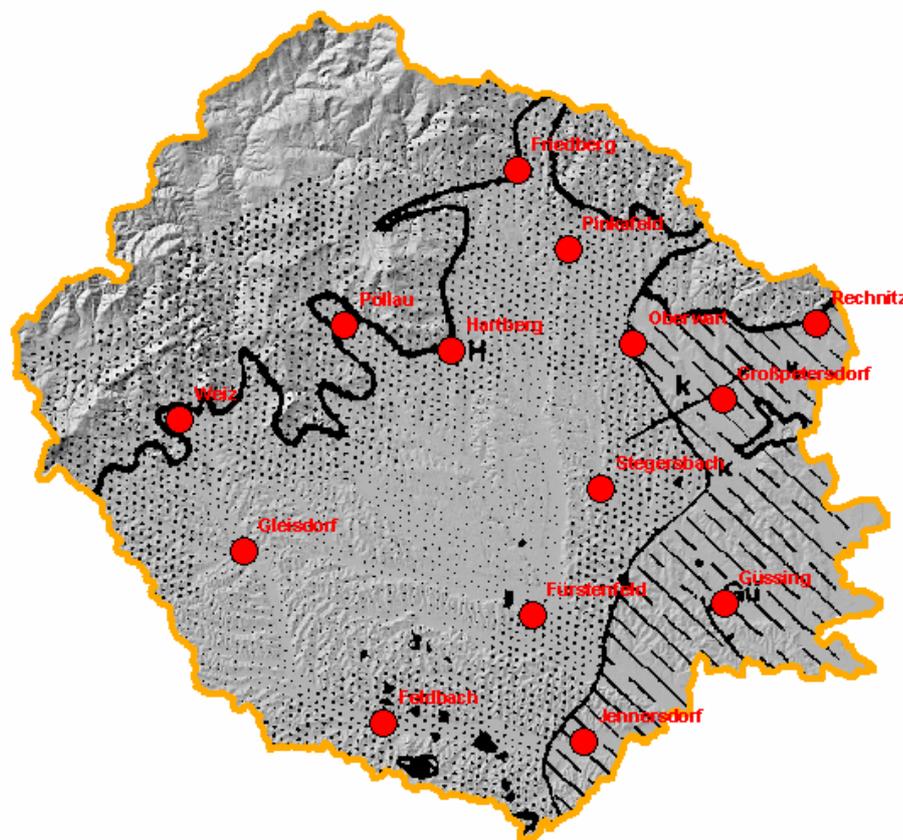


Abbildung 83: Päläogeographische Skizze des Oberpannon (nach EBNER F. & SACHSENHOFER F., 1991)

8.13.7 Pliozän-Pleistozän-Holozän

Die Hebung des Steirischen Beckens setzt im Pliozän ein, wodurch mächtige Sedimentpakete erodiert werden. In diesem Umfeld kommt es zur zweiten vulkanischen Phase im Steirischen Becken. Auf den Gesteinen dieser vulkanischen Phase lagern Verwitterungsgesteine, Lehme und fluviatile Feinkiese.

8.13.8 Zusammenfassende Darstellung

Der lithologisch-sedimentologische Aufbau von Teilen des Projektgebietes von NANUTIWA wurde in zahlreichen Arbeiten untersucht. Die komplexe Sedimentationsgeschichte aufgrund der

Wechselwirkung zwischen marinen, limnischen und fluviatilen Zyklen spiegelt sich in dem komplexen, regional und tiefenabhängig sehr differenzierten lithologischen Aufbau der Sedimente wieder. Dem Sedimentationsgeschehen überprägt sich zusätzlich die Subsidenzgeschichte des NANUTIWA-Bereiches als Ausdruck plattentektonischer Vorgänge. Die in manchen Arbeiten stark vereinfachte Darstellung des Sedimentaufbaues bildet zwar eine wesentliche Grundlage für das Verständnis der sedimentologischen Abläufe im NANUTIWA-Gebiet, stellt jedoch keine hinreichende Basis für die Darstellung eines hydrogeologischen Untergrundmodelles dar. Zum Teil als großflächig vorhanden bezeichnete, einförmige Lagen existieren im NANUTIWA-Gebiet wohl nur in kleinen Teilbereichen und sind daher nicht kritiklos in eine wasserwirtschaftliche Betrachtung übertragbar. Dies zeigt sich aus zahlreichen Bohrprofilen, die im Rahmen der Bearbeitung des Kapitels herangezogen wurden und wesentlichen Bestandteil der weiteren Vorgangsweise darstellen. Eine schematische Darstellung der Gesteinschichten in einem Nordwest-Südost-Schnitt durch das Steirische Becken ist in Abbildung 84 ersichtlich.

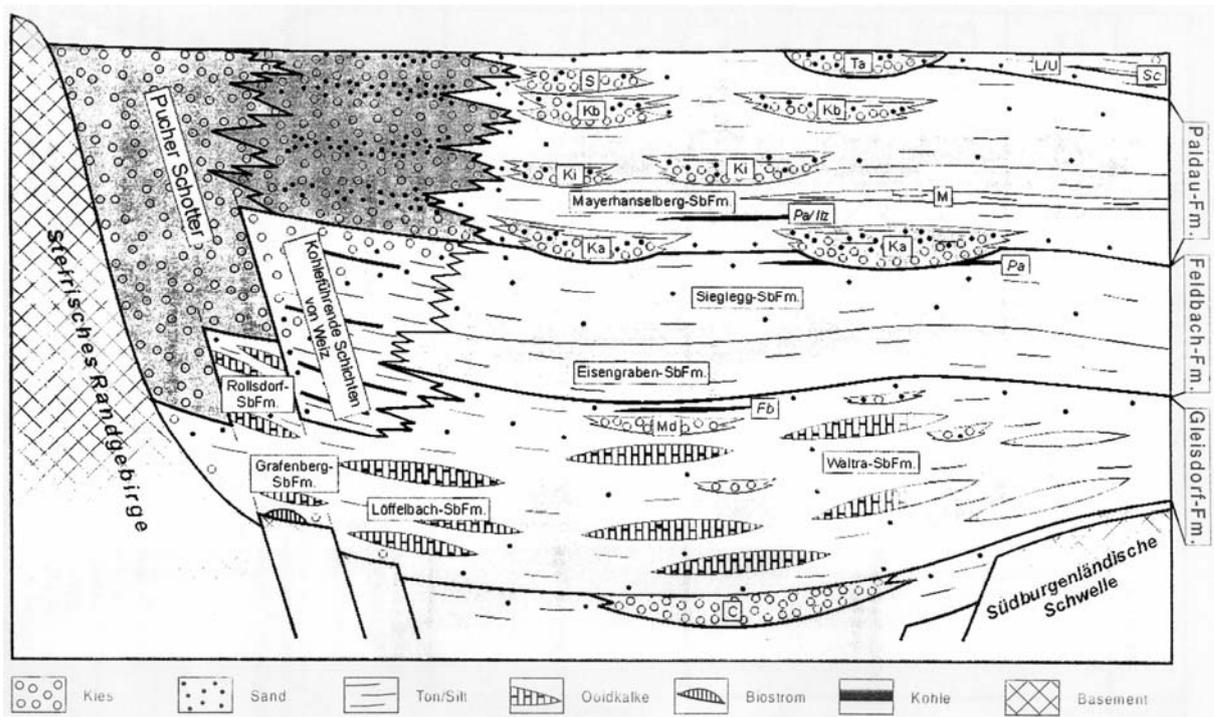


Abbildung 84: Schematische Darstellung (aus M. GROSS, 2000)

Aufgrund der bisher bearbeiteten Informationen scheint das dargestellte Schema (siehe Abbildung 84) die sedimentgeologischen Bedingungen im NANUTIWA-Gebiet wohl am besten zu erfassen, da die Komplexität und der Mangel von stark vereinfachten und generalisierten Darstellungen sowie die laterale und vertikale Differenzierung der Sedimente gut zum Ausdruck kommt.

8.13.9 Ausblick, Vorgangsweise

Die weitere Vorgangsweise, vor allem im Hinblick auf die Aquiferkorrelation und die wasserwirtschaftliche Bedeutung der Sand- und Kieslagen muss mit interdisziplinären Ansätzen, wie dies in NANUTIWA durchgeführt wurde, erfolgen. Ein erster weiterer Bearbeitungsschritt ist die Korrelation kleinster, gut bekannter Bereiche bzw. Profile. Dies erfolgt anhand von detaillierten Auswertungen von Bohrprofilen. Der lithologische Aufbau der Bohrungen wird auf Basis der sedimentologischen, reflexionsseismischen und hydraulischen Erkenntnisse und Abhängigkeiten interpretiert werden.

8.13.10 Schwermineralregime der klastischen Sedimente

8.13.10.1 Allgemeines

Anhand von sedimentpetrografischen Untersuchungen wie beispielsweise der Schwermineral-Analyse lassen sich prinzipiell Aussagen über Herkunftsgebiet, Transport und Verwitterung der untersuchten Sedimente treffen. Durch Änderungen im Schwermineralspektrum können Änderungen des Liefergebietes, zum Beispiel Erweiterungen oder Einengungen von fluviatilen Systemen, erfasst werden. Bei der Schwermineralanalyse an Profilen oder Bohrkernen sind stratigraphische Aussagen durch die Mineralwechsel möglich.

8.13.10.2 Methodik

Die Schwermineralanalyse erlaubt es vornehmlich Sande sowie auch Böden auf ihre Entstehungsweise zu untersuchen. Auch hier wird ähnlich wie bei der Geröllpetrographie eine bestimmte Korngröße aus Sanden und Böden durch Sieben isoliert. Bei manchen Gesteinen müssen die Einzelminerale erst durch geeignete Schritte wie z.B. das Kochen in Salzsäure oder Zerkleinern gewonnen werden. Unter Schwermineralen versteht man im allgemeinen Minerale mit einer Dichte über $2,9 \text{ g/cm}^3$ wie zum Beispiel Granat, Epidot, Turmalin oder Zirkon. Diese gewinnt man, indem die Sandfraktion in eine Schwereflüssigkeit bekannter Dichte gegeben wird.

In einer Flüssigkeit mit einer Dichte von $2,9 \text{ g/cm}^3$ schwimmen alle leichteren Körner an der Oberfläche, während sich die Schwerminerale mit einer Dichte von mehr als $2,9 \text{ g/cm}^3$ am Grund ansammeln. Mit Hilfe eines Scheidetrichters können diese Schwerminerale separiert werden. Durch Auswaschen und Trocknen wird die Schwermineralfraktion für die weitere Untersuchung gewonnen. Die Schwermineralfraktion wird mit Kunstharz auf einen Objektträger gebettet und unter dem Mikroskop untersucht. Anhand von Form, Farbe, Lichtbrechung und Doppelbrechung werden die Mineralien identifiziert und ihre Mengenanteile erfasst. Im Idealfall lässt sich aus der Verteilung der Schwerminerale auf die Herkunft der Sedimentprobe schließen.

8.13.10.3 Schwermineralien – Arbeiten im Steirischen Becken

Aus dem Bereich des Steirischen Tertiärbeckens (NANUTIWA-Gebiet) liegt hinsichtlich des Schwermineralgehaltes der Sedimente keine systematische Bearbeitung des Gesamtbereiches vor. Auch existieren kaum kleinräumige oder punktuelle Untersuchungen, welche zu einem Gesamtbild zusammengefügt werden könnten.

Zwei der vorliegenden Detailuntersuchungen beziehen sich auf das Pannon C des NANUTIWA-Gebietes. Die Ergebnisse dieser Studien werden im folgenden kurz zusammengefasst.

Daneben liegen 2 Dissertationen aus dem Bereich des kohleführenden Tertiärs von Tauchen und Umgebung vor (TRAUSSNIG, 1978, GEUTEBRÜCK, 1978).

8.13.10.3.1 Kohlengeologische Erkundung des Ilzer Reviers

NEBERT (1988) untersucht in dieser Studie die Schwermineralverteilung in den zyklischen Sedimentabfolgen der Kapfensteiner und Kirchberger Schotter („Ilzer Sedimentationszyklus“) im Bereich des Ilzer Kohlereviers.

Es wurden folgende Schwermineralien bestimmt:

Apatit, Hornblende, Granat, Epidot, Staurolith, Disthen, Titanit, Turmalin, Rutil, Korund

Die Ergebnisse zeigen, dass die zyklischen Abfolgen durch charakteristische Schwermineralspektren charakterisiert sind. Dabei zeigt sich, dass im untersuchten Sedimentationszyklus die lithofaziellen Phasen konform mit dem Schwermineralspektrum gehen, wobei aufgrund der Granat (GR) / Epidot (EP) - Verhältnisse drei Ablagerungsphasen unterschieden werden können.

- | | |
|----------------------------|---------------------|
| •Fluviatile Phase | Granat-Phase |
| •Limnisch-fluviatile Phase | Granat-Epidot-Phase |
| •Liminische Phase | Epidot-Phase |

Fluviatile Phase (Granat-Phase)

Der „Ilzer Sedimentationszyklus“ beginnt mit einem Basalschotter (Kapfensteiner Schotter), welcher lithofaziell auch durch diagonalgeschichtete Grobsande vertreten sein kann.

Diese Sedimente werden einer fluviatilen Phase zugeordnet. Das Schwermineralspektrum weist eine charakteristische Zusammensetzung mit hohen Granat- und geringen Epidotgehalten auf.

In der Granat-Phase dominiert Granat mit einem Maximum-Gehalt von 75%. Das Gr/Ep-Verhältnis beträgt etwa 4,8, Hornblende fehlt. Der Anteil resistenter Schwermineralien (Turmalin, Zirkon, Rutil,

und opaker Körner) ist gering. In den Ablagerungsraum gelangte frisches, unverwittertes Material das einen langen Transportweg zurückgelegt hat.

Limnisch- fluviatile Phase (Granat-Epidot-Phase)

In dieser Phase nimmt die Korngröße ab und es überwiegen Sande, wobei in den hangenden Schichten auch schon Tegel auftreten können. In diese Phase werden auch die Kohlebildungen gestellt. Charakteristisch ist die Abnahme des Granatgehaltes zugunsten des Epidot-Gehaltes.

Die Grenze zwischen Granat-Phase und Granat-Epidot-Phase liegt bei einem Granat-Epidot-Verhältnis von etwa 3,78.

Limnische Phase (Epidot-Phase)

In der hangenden, limnischen Phase überwiegen Tegel und Feinsand und es überwiegt Epidot.

Die drei beschriebenen Sedimentationszyklen sind in der liegenden Abfolge (Kapfensteiner Schotter) und in den hangenden Sedimenten (Kirchberger Schotter) zu finden.

Projektrelevanz - Theorie der Schwermineralspektren

NEBERT (1988) geht davon aus, dass der Charakter einer Schwermineralassoziation in der Hauptsache von den klimatischen Bedingungen bereits im Liefergebiet geprägt wird. Dabei ist Granat besonders verwitterungsanfällig. Sein Gehalt innerhalb eines Zyklus nimmt in vertikaler Richtung zusehends ab und die resistenteren Schwerminerale wie Epidot, Rutil oder Turmalin werden angereichert. Dass es sich hierbei im wesentlichen um eine Zerstörung von Granat handelt, geht aus der Tatsache hervor, dass mit der Abnahme von Granat auch der Anteil an opakem Material zunimmt. Durch den weiteren Transport kommt es zusätzlich zu einer selektiven Auslese, wobei Mineralien mit einer geringen mechanischen Resistenz aus dem Schwermineralspektrum allmählich verschwinden, was besonders bei der Hornblende zum tragen kommt. Da die Hornblende im Ilzer Sedimentationszyklus praktisch fehlt, wird auf einen langen Transportweg geschlossen.

Aber auch zu Änderungen des Schwermineralspektrums bereits abgelagerter Sedimente kann es kommen. Dieser Vorgang tritt zum Beispiel in den Sedimenten bis 15 m unter dem Kohleflöz auf, wo durch die Einwirkung von huminsäurereichen Sickerwässern auch verwitterungsresistentere Schwerminerale gelöst bzw. in opake Eisenverbindungen umgewandelt werden können.

8.13.10.3.2 Lithologische Untersuchungen an den Sanden der Kirchberger-Karnerberger-Zwischenserie (Pannon C, Steirisches Becken)

Die Studie von SKALA (1967) beschäftigt sich mit der „sandigen Zwischenserie“, welche zwischen den Kirchberger Schottern im Liegenden und den Karnerberger Schottern im Hangenden vorliegt. Die beschriebene Abfolge wird aufgrund ihres Aufbaues als fluviatile Sequenz gedeutet.

Untersucht wurden 92 Sandproben in regelmäßiger Verteilung über den zentralen Teil des Steirischen Beckens.

In der Fraktion 125–250µm wurden folgende Schwerminerale bestimmt:

Granat, Olivin (sehr selten), Pyroxen, Amphibol, Tremolit, Turmalin, Rutil, Zirkon, Titanit, Staurolith, Disthen, Klinozoisit-Epidot, Zoisit, Apatit, Chloritoid, Sillimanit, Andalusit, Korund, Opake Mineralien

Granat ist mit einem Gehalt von 20-40% (mittlerer Gehalt 28,8%) das dominierende Schwermineral.

Bemerkenswert erscheint die Amphibolführung, welche starken Schwankungen unterworfen ist. Sie liegt in den nördlichen Teilen des Untersuchungsgebietes nicht über 7-8% während im Süden, speziell im Südosten des untersuchten Gebietes in vielen Proben der Amphibolgehalt über 15%, (Maximalgehalt 35,4%) liegt.

Nach NEBERT (1988) wäre dies ein klarer Hinweis auf einen sehr kurzen Transportweg.

Im Vergleich zum Schwermineralspektrum der Sedimentabfolge bei Ilz ist festzuhalten, dass die Gruppe Klinozoisit-Epidot-Zoisit mit durchschnittlich 4,1% im Schwermineralspektrum vertreten ist.

Nach NEBERT (1988) liegt die Grenze zwischen der fluviatilen Phase und der fluviatil/limnischen Phase bei einem Granat/Epidot-Verhältnis von 3,78.

Nimmt man die Granat/Epidot-Verhältnisse zeigt sich bei SKALA (1967), dass der Großteil der untersuchten Sedimente aufgrund dieses Parameters auch einer fluviatilen Phase entsprechen würde. Daneben sind aber auch Schwermineralspektren vorhanden, welche einer fluviatil/limnischen und seltener auch einer limnischen Phase entsprechen würden.

Die grundlegende Aussage dieser Studie ist: *„Gesetzmäßige Zusammenhänge zwischen der räumlichen Verteilung der Probenpunkte scheinen nach den bisherigen Feststellungen nicht zu bestehen“*. Die Amphibolführung unterliegt im Untersuchungsgebiet starken Schwankungen.

8.13.10.4 Zusammenfassung und Ausblick

Leider liegen keine flächendeckenden und systematischen Untersuchungen der Schwermineralgehalte der Sedimente im Steirisch-Südburgenländischen Tertiärbecken vor. Die Ergebnisse der beiden beschriebenen Untersuchungen sind schon ein Hinweis, dass eine

systematische Untersuchung der Schwermineralverteilung zu Lösung von speziellen Detailproblemen und unter Umständen auch für eine Aquiferkorrelation hilfreich sein könnte. Systematische Untersuchungen solcher Art können aber sicher nicht im Zuge des gegenständlichen Projektes durchgeführt werden. Vielmehr kann nur auf die universitäre Forschung verwiesen werden, die diese Thematik verfolgen könnte und zum Teil auch schon verfolgte.

8.14 Geologisch-tektonisches Arbeitsmodell

Zur Darstellung des geologisch-strukturellen Inventars wurden im Projektgebiet auf Grundlage der Tiefeninformationen (KW-Explorationsbohrungen, Thermalwasserbohrungen, CF-Bohrungen und aktuelle hochauflösende Seismik) eine Schnittserie mit 9 ca. Nordwest-Südost (Schnitte A bis I) und 5 ca. Südwesten–Nordost verlaufenden Schnitten (J bis N) konstruiert. Die Schnittlängen betragen insgesamt 713 km (451 km Nordwest-Südost-Schnitte, 262 km Südwest – Nordost – Schnitte).

Das geologisch-tektonisch Arbeitsmodell in Form der vergitterten regionalen Schnitte bildet die Grundlage für die detailliertere Auflösung und Korrelation der potenziellen Aquiferformationen im Schichtabschnitt der oberen ca. 300 m des Projektgebietes.

Der Lageplan der geologischen Schnitte ist in Abbildung 85 ersichtlich.

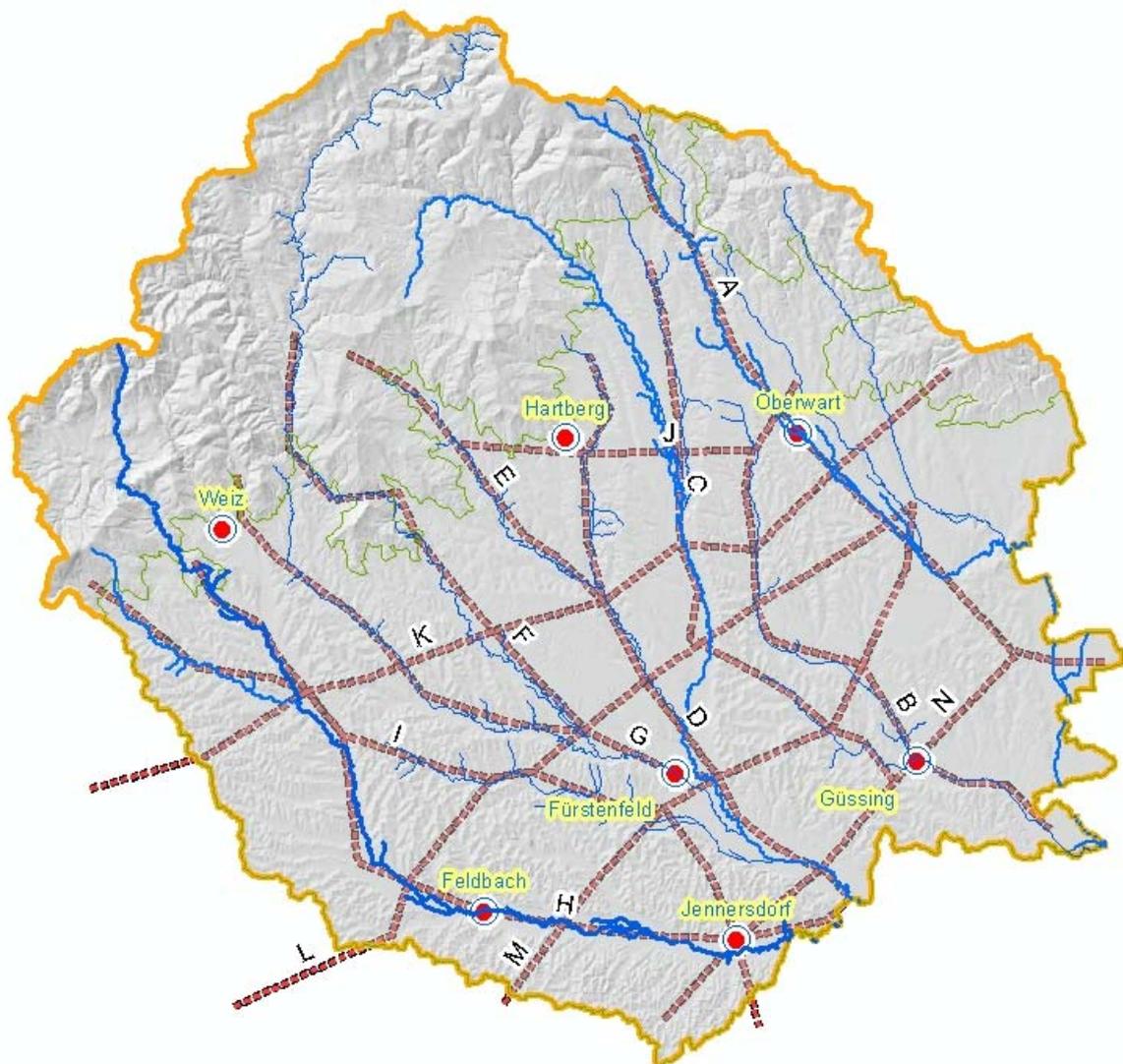


Abbildung 85: Lageplan der geologischen Schnitte A bis N

8.14.1 Schnitt A

Verlauf: Schaueregg – Pinggau – Oberwart (Pinkatal) – Großpetersdorf – St. Kathrein – Oberbildein.

Länge: 57,3 km

Bohrungskontrolle: Tatzmannsdorf 1, Neuhaus K1, Bachselten 1, Mischendorf 1, Edlitz 1

Der Schnitt verläuft vom Wechselkristallin über den nördlichen Rand des Fürstenfelder Beckens, die Südburgenländische Schwelle an den Westrand des Westpannonischen Beckens.

8.14.2 Schnitt B

Verlauf: Kemetten – Stegersbach (Stremtal) – St. Michael – Güssing – Strem - Hagendorf

Länge: 42,8 km

Bohrungskontrolle: Litzelsdorf 1, Stegersbach 1, Güssing 1

Der Schnitt verläuft aus dem südöstlichen Rand des Fürstenfelder Beckens über die Südburgenländische Schwelle an den Westrand des Westpannonischen Beckens.

8.14.3 Schnitt C

Verlauf: Ehrensachsen, Grafensachsen (Stögersbach), Markt Allhau, Wörth an der Lafnitz (Lafnitztal), Burgau, Rohr i. Bgld., Eisenhüttel, Sulz, Rosenberg b. Güssing.

Länge: 49 km

Bohrungskontrolle: Litzelsdorf 1, Waltersdorf 1, Stegersbach 1, Blumau 2

Der Schnitt verläuft ca. in der Achse des Fürstenfelder Beckens an die Südburgenländische Schwelle.

8.14.4 Schnitt D

Verlauf: Grafendorf – Hartberg – Bad Waltersdorf – Blumau – Rudersdorf – Königsdorf - Heiligenkreuz – Mogersdorf.

Länge: 52,7 km

Bohrungskontrolle: Waltersdorf 1 und 2, Blumau 1, 3 und 2, Fürstenfeld Thermal 1, Fürstenfeld 1 und 2, Binderberg 1

Der Schnitt beginnt nahe des Grundgebirgsrandes bei Hartberg und verläuft durch das zentrale Fürstenfelder Becken auf die Südburgenländische Schwelle. Durch die Bohrungen Blumau 1, 2 und 3 ist hier die störungsbedingte Gliederung des Reliefs des Beckenuntergrundes lokal gut bekannt.

8.14.5 Schnitt E

Verlauf: Pöllau – Tutten – Kaindorf – Ebersdorf – Bad Waltersdorf

Länge: 27,8 km

Bohrungskontrolle: Waltersdorf 2

Der Schnitt verläuft aus dem Bereich der Pöllauer Bucht entlang der Westflanke des Fürstenfelder Beckens.

8.14.6 Schnitt F

Verlauf: Birkfeld – Rosegg – Unterfeistritz – Stubenberg – St. Johann – Kroisbach – Großsteinbach – Hainersdorf – Großwilfersdorf

Länge: 42,9 km

Bohrungskontrolle: Ilz 1

Der Schnitt verläuft entlang des Feistritztales, aus der Grundgebirgsumrahmung kommend, über die Westflanke des Fürstenfelder Beckens und tangiert die miozänen Vulkanite unter Tertiärbedeckung im Bereich von Ilz.

8.14.7 Schnitt G

Verlauf: Schwarzwald – Oberfladnitz – Hegerstetten – Neudorf – Prebendsdorf – Ilz – Großwilfersdorf – Fürstenfeld – Rudersdorf

Länge: 46,4 km

Bohrungskontrolle: Arnwiesen 1, Ilz 1, Walkersdorf 1, Fürstenfeld Thermal 1, Fürstenfeld 2 und 1

Der Schnitt verläuft im Bereich des oberen Fladnitztales und dem Tal der Ilz in das Fürstenfelder Becken. Er tangiert die miozänen Vulkanite unter Tertiärbedeckung im Bereich von Ilz.

8.14.8 Schnitt H

Verlauf: Rosegg – Millendorf – St. Rupprecht a. d. Raab - Wollsdorf – Gleisdorf – Hofstätten – Kirchberg – Feldbach – Schiefer – Jennersdorf – Mogersdorf

Länge: 64,5 km

Bohrungskontrolle: Wollsdorf 1, Ludersdorf 1 und 2, Gleisdorf 1, Arnwiesen 1, Ilz 1, Walkersdorf –
Übersbach 1, Binderberg 1, Jennersdorf 1

Der Schnitt verläuft von der Grundgebirgsumrahmung bei Rosegg über das Raabtal in den Südteil des Fürstenfelder Beckens und die Senke von Weichselbaum an den Westrand des pannonischen Beckens. Der Bereich Ludersdorf ist durch die Explorationsbohrungen aus den 80-er Jahren gut dokumentiert. Im Raum Feldbach tangiert der Schnittverlauf die miozänen Vulkanite unter Tertiärbedeckung und Schlotte des pliozänen Vulkanismus.

8.14.9 Schnitt I

Verlauf: St.Radegund – Kumberg – Eggersdorf – Ludersdorf – Gleisdorf – Hofstätten –
Markt Hartmannsdorf – Ottendorf – Walkersdorf – Söchau – Übersbach –
Oberhenndorf – Jennersdorf – Felsözölnök

Länge: 67,5 km

Bohrungskontrolle: Ludersdorf 1 und 2, Gleisdorf 1, Arnwiesen 1, Ilz 1 Walkersdorf 1, Übersbach 1,
Binderberg 1, Jennersdorf 1

Der Schnitt verläuft von der Grundgebirgsumrahmung (Radegunder Kristallin) durch das Rabnitztal über den Raum Ludersdorf und das Rittscheintal (Fehringer Becken) auf die Einsenkung der Südburgenländischen Schwelle (Senke von Weichselbaum) im Raum Jennersdorf.

8.14.10 Schnitt J

Verlauf: Winzendorf – Hartberg – Stögersbach – Oberwart – Unterschützen

Länge: 28,5 km

Bohrungskontrolle: Tatzmannsdorf 1

Der Schnitt quert vom Grundgebirgsrand bei Hartberg kommend den Nordteil des Fürstenfelder Beckens bei Stögersbach – Oberwart und verläuft auf den Westabfall der Südburgenländischen Schwelle.

8.14.11 Schnitt K

Verlauf: Hart bei Graz – Gleisdorf – Arnwiesen – Großsteinbach – Bad Waltersdorf –
Wörth a. d. Lafnitz – Litzelsdorf – Unterwart – G. Plische

Länge: 75,5 km

Bohrungskontrolle: Gleisdorf 1, Ludersdorf 1, Arnwiesen 1, Waltersdorf 2 und 1, Litzelsdorf 1, Neukirchen 1, Tatzmannsdorf 1

Der Schnitt verläuft vom Nordrand des Oststeirischen Beckens in den Nordbereich des Fürstenfelder Beckens zur Südburgenländische Schwelle in die obertage anstehende Rechnitzer Einheit.

8.14.12 Schnitt L

Verlauf: Mitterlabill – Paldau – Berndorf – Ottendorf – Walkersdorf – Blumau – Stegersbach – Neuhaus i. d. Wart – Großpetersdorf

Länge: 66,5 km

Bohrungskontrolle: Paldau 1, Ilz 1, Walkersdorf 1, Fürstenfeld Thermal 1, Blumau 1 und 2, Stegersbach 2 und 1, Neukirchen 1

Der Schnitt verläuft durch das Fehringer und Fürstenfelder Becken zur Südburgenländischen Schwelle. Er tangiert die miozänen Vulkanite unter Tertiärbedeckung im Bereich von Mitterlabill und Paldau – Berndorf.

8.14.13 Schnitt M

Verlauf: Gleichenberger Kogel – Hatzendorf – Übersbach – Rudersdorf – Kukmirn – Rehgraben – St. Michael i. Bgld. – Güttenbach – Mischendorf – Großpetersdorf

Länge: 52,3 km

Bohrungskontrolle: Übersbach 1, Fürstenfeld 1, Mischendorf 1

Der Schnitt verläuft vom Verbreitungsgebiet der miozänen Vulkanite (Gleichenberger Kogel) durch das Fehringer Becken zur Südburgenländischen Schwelle.

8.14.14 Schnitt N

Verlauf: Minihof–Liebau – Jennersdorf – Heiligenkreuz – Rosenberg b. Güssing –
Güssing – Edlitz

Länge: 39,5 km

Bohrungskontrolle: Jennersdorf 1, Güssing, Edlitz 1

Der Schnitt verläuft über die Senke von Weichselbaum auf die Südburgenländische Schwelle.

8.14.15 3D-Umsetzung der geologischen Schnitte A-N

Die geologischen Schnitte, welche in Kapitel 8.14.1 bis 8.14.14 beschrieben wurden, bilden die Grundlage für die Beschreibung des Aufbaues der gesamten Tertiärfolge bis zum prätertiären Untergrund. Um eine räumliche Umsetzung dieser Profile zu ermöglichen, erfolgte am WRM-IHG eine mehrschrittige, sehr aufwendige Aufbereitung der ursprünglich im ACAD-Format vorliegenden Schnitte.

Abbildung 86 stellt diese 3D-Umsetzung zusammengefasst dar. Die gesamte Darstellung wurde im 3D-GIS realisiert und liegt daher auch in entsprechenden Datensätzen vor.

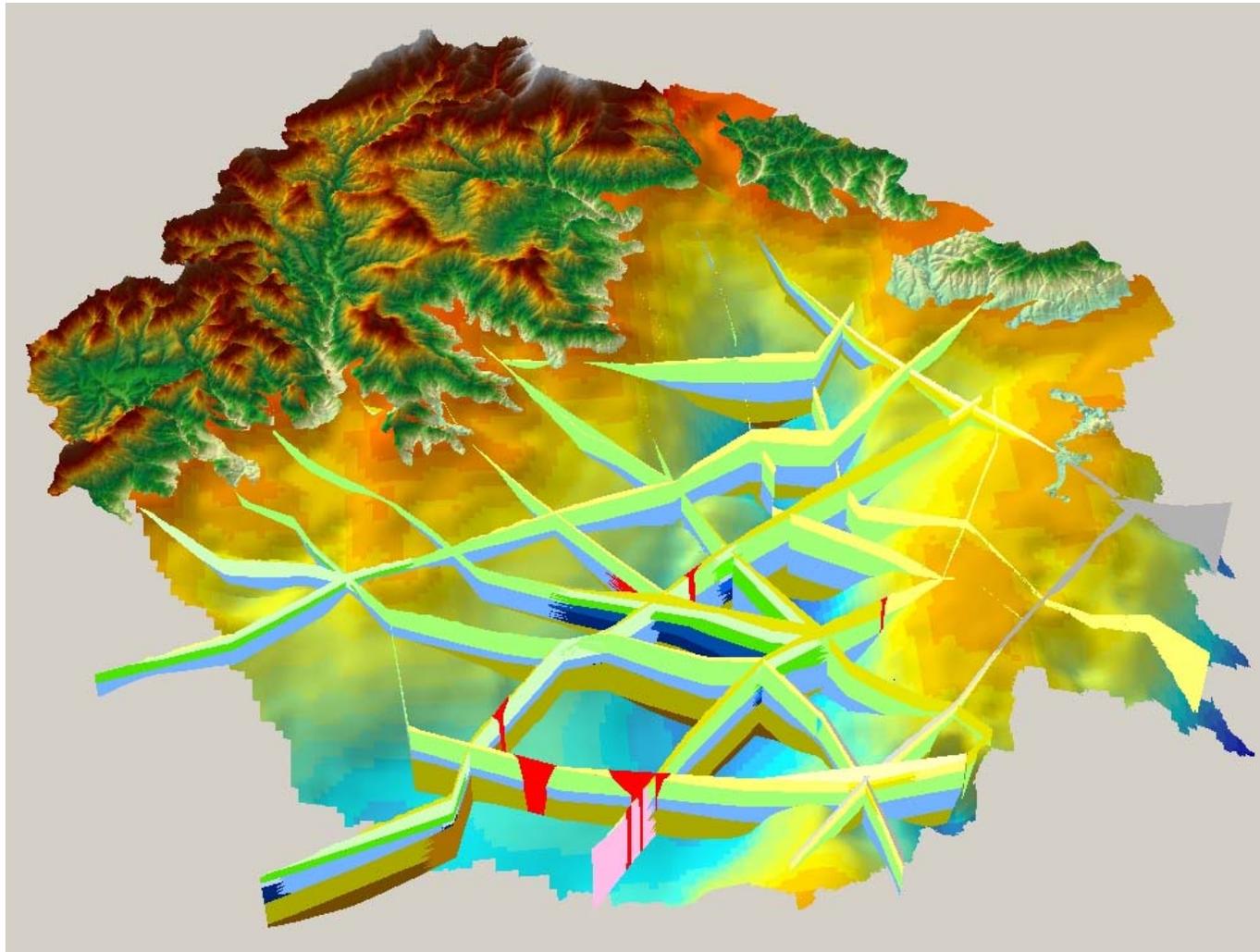


Abbildung 86: 3D-Umsetzung der Profilschnitte A-N

(braun = Ottnang, ocker = Karpat, blau = Baden, grün = Sarmat, gelb = Pannon, grau = Pont, rot = Vulkanite)

Da NANUTIWA auch als Projekt zu sehen ist, welches den gesamten Datenbestand im Zusammenhang mit der nachhaltigen Nutzung von Thermalwasser aufbereitet, bildet diese Grundlagenarbeit einen wesentlichen Ansatz für ein mögliches diesbezügliches Folgeprojekt.

9 Aquifersystemanalyse

9.1 Einleitung

Das Kapitel Aquifersystemanalyse befasst sich mit der Bearbeitung des gesamten Datenbestandes im Tiefenbereich der Trinkwasseraquifere. Ausgehend von einer systematischen Aufbereitung hydraulischer Kennwerte, der Ganglinienanalyse von Pegeln, der geostatistischen Bewertung des Untergrundes und den geologischen Rahmenbedingungen erfolgt eine detaillierte Darstellung der Verbreitung und der Zusammenhänge der maßgeblichen Aquiferschichten im NANUTIWA-Gebiet. Der innerhalb dieses Abschnittes bearbeitete Tiefenbereich umfasst die Sedimentfolge bis zu einer Tiefe von etwa 400 m.

9.2 Hydraulische Auswertungen

9.2.1 Allgemeines

Ziel der vorliegenden Untersuchung ist es, die hydraulischen Eigenschaften und das hydraulische Verhalten gespannter Grundwasserleiter basierend auf vorliegenden Pumpversuchsdaten und den Druckspiegelganglinien im Projektgebiet zu erkunden und zu charakterisieren. Dazu wurden die seit Ende der 70er Jahre in Versuchsbohrungen der tertiären Beckenfüllung durchgeführten Pumpversuche und die systematisch aufgezeichneten Druckspiegelganglinien der gespannten Grundwasserleiter ausgewertet, Luftdruckwirksamkeiten ermittelt und hydraulische Zusammenhänge untersucht.

Die Druckspiegelganglinien im Projektgebiet liegen in zweierlei Formen vor. Im Burgenland wurde das Brunnen Monitoring System Burgenland eingerichtet, in dem die meisten Brunnen der Wasserverbände erfasst sind. Da es bei den im Brunnen Monitoring System Burgenland erfassten Brunnen um in Betrieb befindliche Versorgungsbrunnen handelt, werden im Monitoringsystem die kontinuierlichen Betriebsdaten wie Grundwasserspiegel und Fördermenge aufgezeichnet. Dementsprechend widerspiegeln die Grundwasserspiegeldaten den jeweiligen Belastungszustand und stellen einen meist stark instationären dar und repräsentieren in keinem Fall einen Ruhezustand.

In der Steiermark existiert ein Messnetz von Versuchsbohrungen, aus welchen keine Wasserentnahme erfolgt und in welchen die gemessenen Grundwasserspiegelhöhen somit einen unbeeinflussten Zustand repräsentieren. Diese Grundwasserspiegelhöhen können jedoch durch den

Betrieb benachbarter Versorgungsbrunnen beeinflusst sein, was bei der Analyse der Ganglinien mitberücksichtigt wurde. Detaillierte Betriebsdaten konnten nicht herangezogen werden, weil diese für das Projekt nicht zur Verfügung standen.

9.2.2 Datenbasis Burgenland

Die Datenbasis für das Burgenland bildet das Brunnen Monitoring System Burgenland.

Um eine Kontrolle hinsichtlich der langzeitigen Entwicklung der Druckwasserspiegel bei den getätigten Entnahmen zu erhalten und um somit eine, wenn erforderlich auch revidierbare Nutzung, welche dem Anspruch der Nachhaltigkeit entspricht, nahezukommen, werden im gesamten Burgenland bei Tiefengrundwassernutzungen, sowohl betreffend die Wasserversorgung, Mineralwassernutzung, wie auch die Thermalwassernutzung, seit einigen Jahren in den Wasserrechtsverfahren kontinuierliche Mess- und Datenerfassungssysteme für die Erfassung von (Druck-) Wasserspiegellagen und Durchflussmengen vorgeschrieben. Die Tiefbrunnenanlagen werden daher mit hochgenauen Drucksonden und mit magnetisch induktiven Durchflussmessgeräten ausgestattet, wodurch eine detaillierte Kontrolle des Langzeitverhaltens des Druckwasserspiegels sowie eine kontinuierliche Betriebsüberwachung ermöglicht wird (siehe Abbildung 88). Die Daten werden digital aufgezeichnet und in einer datenbankähnlichen Struktur gespeichert (HERLICKSKA, 2002).

In dieser Datenbank sind die in Abbildung 87 dargestellten Versorgungsgebiete der wichtigsten Wasserverbände des Südburgenlandes verarbeitet. Insgesamt sind derzeit 51 Brunnen erfasst. Tabelle 2 gibt detailliert die Anzahl der Brunnen sowie den Umfang der für die Projektbearbeitung zur Verfügung gestellten Daten wieder (Stand Frühjahr 2004).

Wasserverband	Daten	Anzahl der Brunnen
WV Stögersbachtal	bis Mai 2003	3
WV Raabtal Neuhaus	bis März 2003	3
WV Raabtal Minihof Liebau	bis Juni 2003	1
WV Raabtal Jennersdorf	bis Juni 2003	3
WV Süd I Pinkafeld	bis Juli 2003	3
WV Süd I Oberwart	bis Juli 2003	15
WV Unteres Lafnitztal	bis Oktober 2003	23
WV BT-O-M	bis Dezember 2002	4

Tabelle 2: Die im Brunnen Monitoring System Burgenland zur Verfügung stehenden Daten nach Wasserverbänden

Die Datenbank beinhaltet detaillierte Betriebsdaten der Brunnen wie Förderraten (l/s) und Druckspiegelhöhen (m ü. A.), außerdem sind die Bezugspunkthöhen (m ü. A.), Warnniveaus für den Pumpenbetrieb (m ü. A.), Brunnensohle (m ü. A.) ebenfalls gespeichert. Sämtliche Daten können auch grafisch dargestellt werden, wobei auch gleitende Mittelwerte der Daten (Trends) und die Summen der Fördermengen von bestimmten Perioden errechnet und gezeigt werden (Abbildung 89) können.

Die im Rahmen des Brunnen Monitoring System Burgenland eingesetzten (standardisierten) Messeinrichtungen sind in Abbildung 88 anhand eines Fotos einer Brunnenkopfausrüstung veranschaulicht.

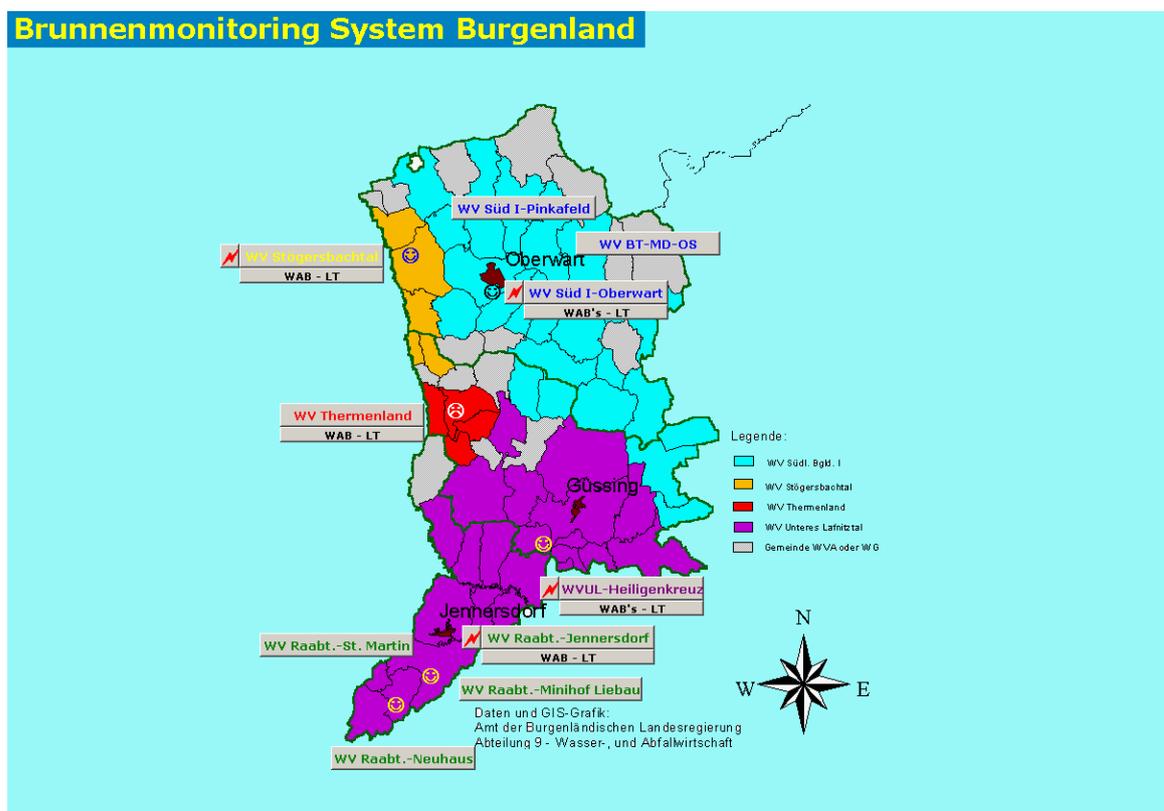


Abbildung 87: Lageplan der wichtigsten Grundwasserfelder im Burgenland



Abbildung 88: Brunnenkopf Brunnen B4 - WV Südl. Burgenland 1

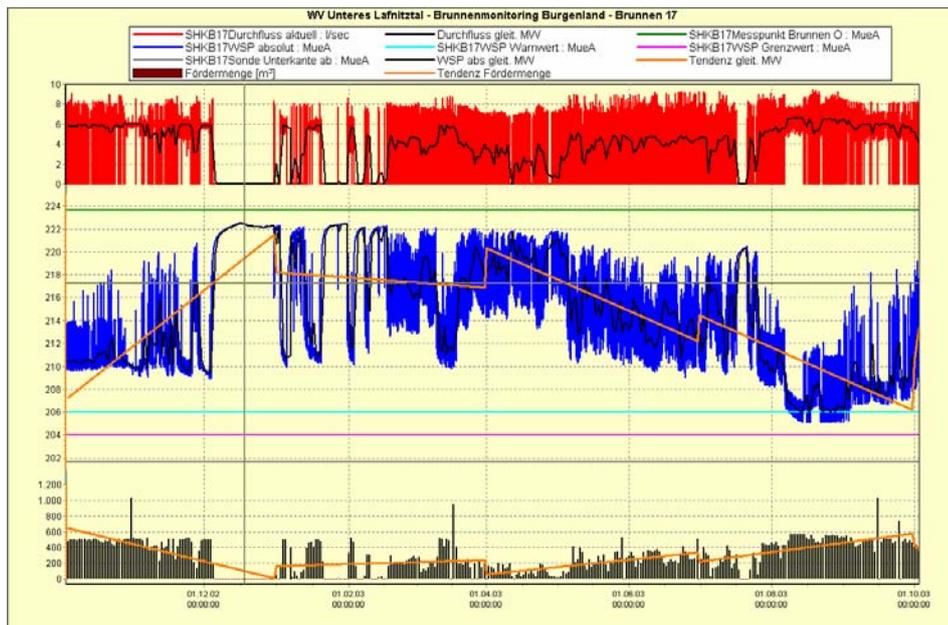


Abbildung 89: Grafische Darstellung der Betriebsdaten eines Beobachtungsjahres am Brunnen B17 des Wasserverbandes Unteres Lafnitztal

Zusätzliche Ausführungen zum Brunnenmonitoringsystem Burgenland finden sich in Kapitel 13.4. und 13.5.

9.2.3 Datenbasis Steiermark

Die Datengrundlage der Auswertungen bilden die kontinuierlich aufgezeichneten Druckspiegelganglinien der mit Datensammlern oder Schreibern bestückten Versuchsbohrungen. An der Mehrzahl der Versuchsbohrungen erfolgte die Aufzeichnung der Druckspiegelschwankungen auf Schreibstreifen mit Hilfe von Schwimmerpegeln, an wenigen Versuchsbohrungen wurden mit Lichtlot oder durch Manometer gemessene Terminwerte (Abstich oder Kopfdruck) abgelesen und registriert. Einige Versuchsbohrungen haben einen Datensammler mit Drucksonde oder Ausperlverfahren.

Die in die Untersuchung einbezogenen Versuchsbohrungen mit ihren wichtigsten Daten sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

Versuchsbohrung	Beobachtungszeitraum	Beobachtungsjahre	Bezugspunkt ROK (m ü. A.)
Buch Geiseldorf	1980-2000	20	304,51
Waltersdorf Nord	1989-2001	13	293,71
Waltersdorf Süd	1988-1996	9	297,47
Kaindorf 1	1983-1989	7	319,40
Kaindorf 2	1983-1989	7	319,45
Hirnsdorf 1	1991-1999	9	358,43
Kroisbach	1981-2000	21	340,75
Großsteinbach 2	1991-2001	11	319,75
Großhartmannsdorf S1	1989-1994	6	313,20
Großhartmannsdorf S2	1991-2001	11	313,43
Obgrün V1	1991-2001	11	306,16
Obgrün V2	1989-2001	13	305,45
Hainersdorf	1989-1995	7	293,74
Großwilfersdorf	1994-1999	6	313,43
Neudau 1	1991-1999	9	295,17
Neudau 2	1991-1999	9	295,35
Busental	1988-1995	8	-
Jobst	1978-1983, 1990-1999	16	288,79
Martkt Hartmannsdorf	1991-2000	11	336,07
Blumau	1975-1985	11	269,68

Tabelle 3: Die untersuchten Versuchsbohrungen in der Steiermark

Die aufgezeichneten Druckspiegelganglinien wurden jährlich bearbeitet und auf dreifachen Ausdrucken dargestellt, wobei neben der Druckspiegelganglinie die Tagesmittelwerte des Luftdrucks der Station Graz/Flughafen sowie die Tagesniederschläge der nächstgelegenen Niederschlagsstation enthalten sind. Diese Darstellung erlaubt bereits den Vergleich der Druckspiegelganglinien nicht nur mit der Niederschlagstätigkeit, sondern auch mit den Luftdruckschwankungen. Im Rahmen dieser

Auswertungen wurden auch die luftdruckkorrigierten Ganglinien der Stationen ermittelt, sofern eine signifikante Luftdruckwirksamkeit festgestellt wurde (VASVÁRI & ARCHIMANDRITIS, 1999).

Die Druckspiegelganglinien der in Tabelle 3 aufgezählten Versuchsbohrungen wurden verarbeitet und liegen in digitalisierter Form als Polygonzug am Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau der TU Graz vor.

Beim Digitalisiervorgang der Ganglinien wurde folgendermaßen vorgegangen:

Grundwasserdruckspiegelganglinien der Messstellen wurden auf Monatsschreibstreifen registriert. Auf den Schreibstreifen sind die Werte der zum Zeitpunkt des Streifenwechsels monatlich vorgenommenen Kontrollmessungen eingetragen. Beim Wechsel der Schreibstreifen wird das Abstichmaß gemessen, aus dem die Druckspiegelhöhe bestimmt werden kann. Weiters wird zugleich der Zeitpunkt dieser Kontrollmessung auf dem Schreibstreifen eingetragen. Die Druckspiegelganglinie muss nun hinsichtlich ihres zeitlichen und höhenmäßigen Verlaufes an diese Kontrollmessungen angepasst werden, um die Ungenauigkeit des Uhrwerks und des Schwimmers des Grundwasserpegels auszugleichen. Die zeitliche Streckung der Ganglinien wird automatisch vom Digitalisierprogramm durchgeführt. Differenzen zwischen den bei den Kontrollmessungen bestimmten Abstichmaßen und den Anfangs- und Endpunkten der Ganglinie werden so ausgeglichen, dass die Druckspiegelhöhenganglinie entsprechend diesen Abweichungen gedreht wird. Um große Fehler im Zuge der Digitalisierung und Datenaufbereitung zu vermeiden, sind in das Digitalisierprogramm mehrere Kontrollrechnungen eingebaut. Das Ergebnis dieser Digitalisierung sind Jahresfiles der Druckspiegelhöhen mit 3 bis 10 Punkten pro Tag. Um Tagesmittelwerte zu erhalten, werden diese Daten durch ein weiteres Programm nach der Trapezregel gemittelt. Die so erhaltenen Tagesmittelwerte bilden die Grundlage der Untersuchungen. Mit Hilfe eines weiteren Programmpaketes werden Luftdruckwirksamkeiten ermittelt und können sowohl die gemessenen als auch die luftdruckkorrigierten Ganglinien mit den Tagesniederschlägen und den Tagesmittelwerten des Luftdrucks dargestellt werden.

Die in Protokollen festgehaltenen Terminwerte wurden händisch eingegeben, wobei bei der Darstellung dieser Terminwerte angenommen wurde, aus Mangel an weiteren Informationen, dass diese am Tag der Ablesung den Tagesmittelwert der Druckspiegelhöhe repräsentieren.

Seit Ende der 90er Jahre wurde mit der stufenweisen Umstellung von Schreibpegeln auf die modernsten Messgeräte begonnen. Diese verwenden entweder das Schwimmerprinzip mit Winkelkodierer (Thalimedes) oder das Einperlprinzip mit eingebauter Pumpe (Orphimedes), wobei beide Messsysteme mit integrierten, digitalen Datensammlern bestückt sind.

Aufgrund der jahresweise verarbeiteten Druckspiegelganglinien wurden langjährige Ganglinien erstellt, welche bereits die Beurteilung von langfristigen Entwicklungen der Druckverhältnisse erlauben. Bei der Auswertung wurden die möglichen Ursachen der Beeinflussungen, wie

Pumpversuche oder betriebliche Entnahmen an Nachbarbohrungen recherchiert und berücksichtigt sowie diese in den Diagrammen mit Zeitmarken ebenfalls dargestellt.

Vor der Analyse erfolgte unter Heranziehung der Monatsschreibstreifen, soweit dies möglich war, eine Plausibilitätsuntersuchung der langfristigen Ganglinien. Dabei wurden Sprünge besonders im Bereich der Datenausfälle näher geprüft, ob die Weiterführung der Aufzeichnungen durch entsprechende Kontrollmessungen mit Lichtlot belegt worden sind.

In diesem Zusammenhang muss weiters darauf aufmerksam gemacht werden, dass in bestimmten Bohrungen (z.B. Buch Geiseldorf und Waltersdorf Nord) gleichzeitig mehrere (zwei oder sogar drei) Horizonte jeweils von zwei Filterstrecken erfasst werden und daher in diesen Bohrungen ein gemischtes Druckspiegelniveau von zwei vermutlich unterschiedlichen Drucksystemen gemessen wird.

Die Druckspiegelganglinien der Versuchsbohrungen Grafendorf I, II, III, IV und Seibersdorf 1, 2 wurden in diesem Bericht nicht behandelt, weil diese bereits in einem Bericht von BERGMANN und ÜBERWIMMER (1992) ausführlich beschrieben und die Druckspiegelauzeichnungen nicht weitergeführt wurden.

Die kurzfristigen Druckspiegelauzeichnungen der Versuchsbohrungen Hirnsdorf 1 und 4 (kürzer als ein Jahr) erlauben keine Analyse der langfristigen Entwicklung und wurden daher auch nicht behandelt.

9.2.3.1 Ermittlung der Luftdruckwirksamkeit und des Speicherkoeffizienten

Da gespannte Grundwasserleiter auf Luftdruckschwankungen mit Schwankungen der Druckspiegelhöhe in Abhängigkeit von ihrer Elastizität reagieren, wurde die Luftdruckwirksamkeit (BE - *Barometric Efficiency, barometrischer Koeffizient*) der Grundwasserleiter ermittelt, um luftdruckkorrigierte Druckspiegelganglinien erstellen und in weiterer Folge aufgrund deren die Einspeisungsvorgänge genauer untersuchen zu können.

Zur Bestimmung der Luftdruckwirksamkeit wurde die von CLARK (1967) erarbeitete Methode der modifizierten Doppelsummenanalyse verwendet. Bei der Bestimmung der Luftdruckwirksamkeit wurden Tagesmittelwerte der Druckspiegelschwankungen und der Luftdruckschwankungen zugrunde gelegt, um Störeinflüsse mit Periodenlängen von einem halben und einem Tag zu eliminieren.

Die Luftdruckwirksamkeiten wurden auf der Basis von Jahresganglinien für die einzelnen Jahre ermittelt. Hierbei ist zu beachten, dass sich für denselben Aquifer für verschiedene Jahre geringfügig unterschiedliche Werte ergeben können. Für die Luftdruckkorrektur wurde für alle Jahre ein Mittelwert der Luftdruckwirksamkeit herangezogen, der unter Beachtung aller vorliegenden Messjahre und unter allfälliger Bewertung der gemessenen Ganglinien verschiedener Jahre bestimmt wurde. Die Werte

unter 3% wurden als nicht signifikant angesehen, weil in diesem Falle die Luftdruckkorrektur bereits im messtechnisch nicht erfassbaren Millimeterbereich liegt.

Aufgrund der Tiefenabhängigkeit kann die Luftdruckwirksamkeit auch zur Zuordnung einzelner Messstellen zu einzelne Aquiferen herangezogen werden. Bei einem Aufschluss verschiedener Aquifere mit einer einzigen Bohrung ist es weiters möglich, über die Luftdruckwirksamkeit den hydraulischen Einfluss verschiedener aufgeschlossener und durch die Bohrung verbundener Horizonte festzustellen.

Die ermittelten Luftdruckwirksamkeiten erlauben die Korrektur der gemessenen Druckspiegelganglinien bezogen auf den Normalwert des Luftdruckes nach der Formel:

$$h_{W, \text{korr}} = h_{W, \text{gem}} - BE \cdot (p_{L, \text{gem}} - p_{L, \text{norm}}) \quad (\text{Formel 1})$$

Da der spezifische Speicherkoeffizient von denselben Parametern (Kompressibilität des Korngerüstes und des Wassers) wie die Luftdruckwirksamkeit abhängig ist, kann er in Kenntnis der ermittelten Luftdruckwirksamkeit nach folgender Formel bestimmt werden (LANGGUTH & VOIGT, 1980):

$$S_0 = \rho_w \cdot g \cdot n \cdot \beta \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{n \cdot \beta}\right) = \rho_w \cdot g \cdot n \cdot \beta \cdot \frac{1}{BE} \quad [1/m] \quad (\text{Formel 2})$$

wobei α die Kompressibilität des Korngerüstes und β die Kompressibilität des Wassers darstellen.

Wird $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ und $\rho_w \approx 1000 \text{ kg/m}^3$ angenommen, was bei den meisten untersuchten Aquiferen zutrifft, vereinfacht sich Formel 2 zu

$$S_0 = 4,91 \cdot 10^{-6} \cdot n \cdot \frac{1}{BE} \quad [1/m] \quad (\text{Formel 3})$$

Kann die Porosität n ermittelt oder abgeschätzt werden, lässt sich auch der spezifische Speicherkoeffizient S_0 leicht errechnen. Die Porosität der untersuchten Grundwasserleiter kann nach ÜBERWIMMER (1992) zwischen 0,15 und 0,20 angenommen werden. Der spezifische Speicherkoeffizient multipliziert mit der Mächtigkeit ergibt den die instationären Vorgänge charakterisierenden Speicherkoeffizienten S :

$$S = H \cdot S_0 \quad (\text{Formel 4})$$

Dieses Berechnungsverfahren erlaubt den Vergleich und die Kontrolle der durch die Pumpversuchsauswertungen errechneten Speicherkoeffizienten.

Da die meisten Versuchsbohrungen in den Talbereichen der größeren Fließgewässer abgeteuft worden sind, werden sie innerhalb der folgenden Kapitel entsprechend gegliedert behandelt, wobei diejenigen, die keine Tallage aufweisen, abschließend beschrieben werden.

9.2.3.2 Versuchsbohrungen im Safental einschließlich Pöllauer Safen

9.2.3.2.1 Versuchsbohrung Buch-Geiseldorf (ID 6070203)

Die Versuchsbohrung Buch-Geiseldorf ist eine der am längsten beobachteten Grundwassermessstellen. Der Ruhegrundwasserspiegel lag vor dem Pumpversuch am 26.06.1980 0,84 m unter ROK bei 303,67 m ü. A. Im Zeitraum vom 26.06.1980 bis 05.07.1980 (Gesamtdauer 89 Stunden, Gesamtmenge 1293300 l) wurde ein zweistufiger Pumpversuch durchgeführt: I. Stufe: 1 Versuch $Q = 3,1$ l/s; 2. Versuch $Q = 2,9$ l/s, Gesamtmenge 438300 l II. Stufe: $Q = 5$ l/s, Gesamtmenge 855000 l. In der Bohrung sind durch zwei Filterstrecken drei Horizonte erschlossen.

Das Jahr 1980 ist durch die Aufspiegelung nach dem Pumpversuch geprägt. In diesem Jahr erreichte der Wasserspiegel seinen Höchststand mit 303,89 m ü. A. Der bisherige Tiefststand wurde 1993 mit 303,21 m ü. A. gemessen (Abbildung 90).

Seit der zweiten Hälfte der 80er Jahre kann eine gewisse Periodizität in der langjährigen Ganglinie entdeckt werden, wobei die Jahresamplitude etwa 0,35 m beträgt. Die Maxima treten jeweils im ersten Halbjahr, die Minima im zweiten Halbjahr auf. Ab 1990 ist diese Periodizität nicht mehr zu beobachten, während die Ganglinie weiter sinkt und im September 1993 ihren bisherigen tiefsten Stand mit 303,21 m ü. A. erreicht. Die 21 Jahre lange Ganglinie lässt eine signifikante Druckspiegelabsenkung feststellen, welche von Anfang 1980 bis Ende 1994 etwa 0,5 m beträgt und somit wesentlich größer als die durchschnittliche Jahresschwankung ist. An der Ganglinie sind die außergewöhnlich trockenen Sommer 1992 und 1993 gut erkennbar.

Es erhebt sich jedoch die Frage, ob die Ganglinie anschließend an den Datenausfall vom Oktober 1989 nicht um ca. 0,2 m tiefer zu liegen kam (innerhalb von 10 Tagen im Oktober). Die Ursache für diese Druckabsenkung konnte nicht eruiert werden. Eine Korrektur, Anhebung der Ganglinie um ca. 0,2 m, erscheint plausibel.

Zu beobachten ist, abgesehen vom allgemeinen negativen Trend der Ganglinie, dass die Absenkung eine gewisse Periodizität aufweist, da sich ein lokaler Tiefpunkt um die Wende von 1986 und 1987 einstellt, dem ein lokales Maximum in der zweiten Hälfte von 1989 folgt. Anschließend sinkt die mittlere Druckhöhe wieder rapid. Während der Durchführung der Pumpversuche an den Bohrungen Dombachtal 2 und 3 konnte keine erkennbare Änderung des Grundwasserspiegels in der Bohrung Geiseldorf festgestellt werden. Der Beginn der Wasserentnahme (1988) aus den Brunnen Dombachtal 1 und 2 (Entfernung ca. 1,5 km) macht sich an der langjährigen Ganglinie auch nicht bemerkbar. Die ungewöhnlich große Druckabsenkung im Jänner 1990 ist auf Gerätefehler zurückzuführen.

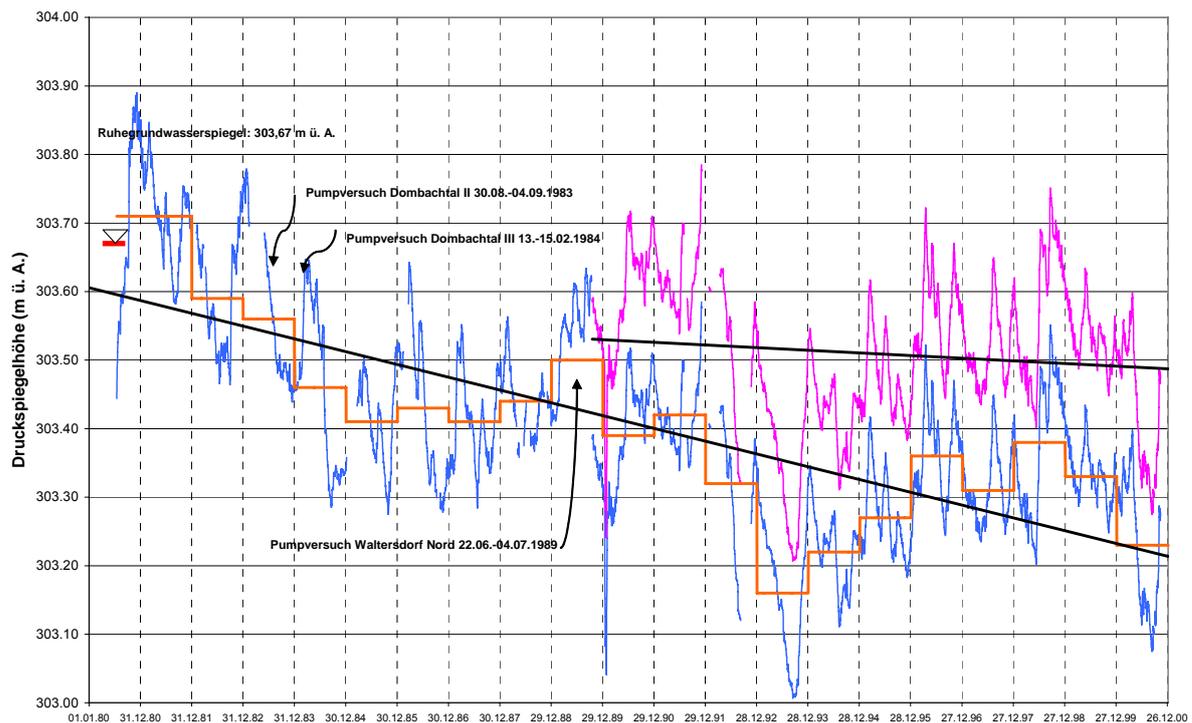


Abbildung 90: Buch Geiseldorf – Druckspiegelganglinie, Beobachtungszeitraum 1980-2000

Die für die einzelnen Jahre errechneten Luftdruckwirksamkeiten zeigen die Auswirkungen des Druckgleiches der drei Horizonte in der Bohrung. Die Luftdruckwirksamkeit nimmt von ca. 8 % im Schnitt auf ca. 3 % in 4 Jahren ab.

9.2.3.2.2 Versuchsbohrung Waltersdorf Nord (ID 6074805)

Die Ruhedruckhöhe vor dem Pumpversuch (291,26 m ü. A. am 22.06.1989) liegt um ca. 0,4 m tiefer als die spätere mittlere Druckhöhe der langjährigen Druckspiegelganglinie. Der Aquifer in der Bohrung Waltersdorf Nord zeigt wesentlich schnellere Regeneration nach dem Pumpversuch ($Q_{\max} = 3,0 \text{ l/s}$, $s_{\max} = 9,23 \text{ m}$) im Sommer 1989 als jener z.B. in Kroisbach. Der Druckanstieg nach dem Pumpversuch erreichte eine Druckspiegelhöhe von 291,87 m ü. A. also 0,61 m höher als die Ruhedruckhöhe (Abbildung 91).

Der langjährige Schwankungsbereich beträgt ca. 0,7 m, die Jahresschwankung liegt zwischen 0,20 und 0,25 m. Eindeutige jahreszeitliche Schwankungen können nicht festgestellt werden. Ein deutlicher Abfall der Druckspiegelhöhe von ca. 0,3 m ist ab Anfang 1991 zu beobachten, was eine mehrmonatige Verzögerung zum Beginn der Wasserentnahme in der Bohrung Leitersdorf 2 (Entfernung ca. 3,4 km) bedeutet. Dies kann auf eine indirekte hydraulische Verbindung hindeuten.



Abbildung 91: Waltersdorf Nord – Druckspiegelganglinie, Beobachtungszeitraum 1989-2001

Zwischen den beiden verfilterten Horizonten ist kein Druckausgleich zu verzeichnen. Die errechneten Luftdruckwirksamkeiten der einzelne Jahre weisen zwar geringe Schwankung, jedoch keinen signifikanten Trend auf. Die für die einzelnen Jahre errechneten Luftdruckwirksamkeiten ergeben eine mittlere Luftdruckwirksamkeit von etwa 10 %.

9.2.3.2.3 Versuchsbohrung Waltersdorf Süd (ID 6074806)

Die zu Beginn des ersten Pumpversuches abgelesene Ruhedruckspiegelhöhe von 286,01 m ü. A. liegt ca. 1 m tiefer als die mittlere Druckspiegelhöhe von ca. 287,2 m ü. A. In dieser Lage beruhigt sich die Druckspiegelhöhe nach den Pumpversuchen scheinbar wieder (Abbildung 92).

Die Ganglinie der Versuchsbohrung Waltersdorf Süd lässt erkennen, dass sich der Druckspiegel nach dem ersten Pumpversuch ($Q_{\max} = 1,7 \text{ l/s}$, $s_{\max} = 7,83 \text{ m}$) im Herbst 1987 erst in etwa einem Jahr erholte. Im Herbst 1988 wurde ein weiterer Pumpversuch ($Q_{\max} = 1,7 \text{ l/s}$, $s_{\max} = 9,66 \text{ m}$) durchgeführt. Der Druckabfall Anfang 1992, dessen Maß wegen einer Lücke der Aufzeichnung nicht zur Gänze erfasst wurde, fällt mit dem Pumpversuch ($Q_{\max} = 4,5 \text{ l/s}$, $s_{\max} = 9,22 \text{ m}$) in der Bohrung Speilbrunn (Entfernung ca. 2 km) zusammen. Jedoch weist die Ganglinie noch während des Pumpversuches einen Anstieg auf, was unter Annahme einer hydraulischen Verbindung schwer zu erklären ist. Die durchschnittliche Jahresschwankung erreicht kaum 0,20 m. Weder die Inbetriebnahme des Brunnens Leitersdorf II (Entfernung 2387 m) im Jahr 1993 noch die Inbetriebnahme des Brunnens Leitersdorf I (Entfernung 2497 m) im Jahre 1993 sind an der Ganglinie zu beobachten.

Der Brunnen Waltersdorf Süd selbst wurde 1997 von der Marktgemeinde Waltersdorf in Betrieb genommen.



Abbildung 92: Waltersdorf Süd – Druckspiegelganglinie, Beobachtungszeitraum 1988-1996

9.2.3.2.4 Versuchsbohrung Kaindorf 1 (ID 6071502)

An der Ganglinie der Bohrung Kaindorf 1 ist eine rasche Aufspiegelung nach dem Pumpversuch ($Q_{\max} = 4,0 \text{ l/s}$, $s_{\max} = 11,70 \text{ m}$) im August 1983 zu beobachten. Im Vergleich zur Ruhegrundwasserspiegelhöhe vor dem Pumpversuch (-3,84 m) ist auch hier ein Druckspiegelanstieg von ca. 0,25 m nach Beendigung des Pumpversuches zu beobachten. Eine Absenkung der Druckspiegelhöhe trat bereits im Laufe des Jahres 1984 ein. Nach dem Pumpversuch von Mai-Juli 1985 stellte sich eine um ca. 0,5 m tiefere Druckspiegelhöhe wie davor ein. Die Jahresschwankung der Druckspiegelhöhe beträgt etwa 0,15 m (Abbildung 93). Der Brunnen wurde im Jahr 1990 vom Wasserverband Feistritzal in Betrieb genommen.

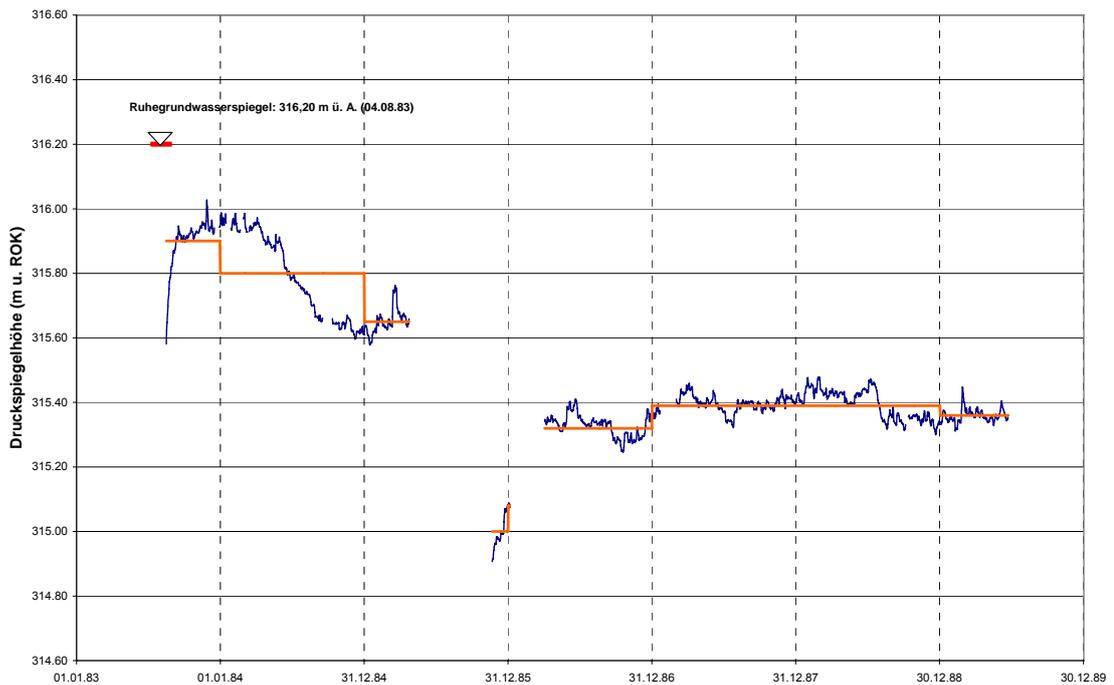


Abbildung 93: Kaindorf 1 – Druckspiegelganglinie, Beobachtungszeitraum 1983-1989

9.2.3.2.5 Versuchsbohrung Kaindorf 2 (ID 6071503)

Die Ganglinie der Bohrung Kaindorf 2 zeigt im Vergleich zu jener der Bohrung Kaindorf 1 erhebliche Schwankungen von bis zu 1,5 m pro Jahr. Eine offensichtliche Übereinstimmung besteht mit den im Pöllauer Saifenbach ablaufenden Abflussspitzen. Die schnelle Reaktion der Druckhöhe auf die niederschlagsreichen Perioden ist auf die geringe Tiefe des Aquifers zurückzuführen (Abbildung 94). Der Brunnen wurde ab 1990 vom Wasserverband Feistritztal in Betrieb genommen.



Abbildung 94: Kaindorf 2 – Druckspiegelganglinie, Beobachtungszeitraum 1983-1989

Die Auswirkung der Pumpversuche von 1983 ($Q_{\max} = 3,5 \text{ l/s}$, $s_{\max} = 9,47 \text{ m}$) und 1985 ($Q_{\max} = 3,95 \text{ l/s}$, $s_{\max} = 4,91 \text{ m}$) ist nicht zu bemerken. Zwischen 1986 und 1988 ist ein generelles Absinken der Druckspiegelhöhe festzustellen. Der plötzliche Anstieg der Druckhöhe von ca. 0,8 m im Oktober 1988 ist noch zu klären, weil dessen Ausmaß aufgrund des Gesamtverlaufes der Ganglinie nicht plausibel erscheint.

9.2.3.2.6 Versuchsbohrung Blumau (Filterstrecke B) (ID 6050201)

Die Ganglinie beschreibt den gespannten Horizont zwischen 45,5 und 48,6 m. Während der tiefere Horizont in der Filterstrecke A artesisch gespannt ist, liegt das Druckniveau des seichteren Horizontes (Filterstrecke B) knapp unter Gelände. Die durchschnittliche Jahresschwankung des Druckspiegels liegt unter 0,1m. Ein ausgeprägter Jahresgang ist den meisten Jahren nicht zu beobachten. Charakteristisch für die Ganglinie sind die kurzfristigen Druckspiegelschwankungen. Langfristig betrachtet ist ein Anstieg des Druckspiegels bis Ende der 70er Jahre und eine anschließende Absenkung des mittleren Druckniveaus um durchschnittlich 0,05 bis 0,1 m zu verzeichnen, wo sich der Druckspiegel einzustellen scheint (Abbildung 95). Die abnehmende Tendenz des Druckspiegels Anfang der 80er Jahre entspricht jener in der Bohrung Buch Geiseldorf.



Abbildung 95: Blumau (Filterstrecke B) – Druckspiegelganglinie, Beobachtungszeitraum 1975-1985

9.2.3.3 Versuchsbohrungen im Feistritztal

9.2.3.3.1 Versuchsbohrung Hirnsdorf 1 (ID 6171804)

Die Bohrung ist nahe dem Beckenrand d.h. nahe zu einer möglichen Infiltrationszone situiert. Daher ist die Ganglinie deutlich von hydrometeorologischen Ereignissen geprägt. Die Ganglinie hat jährliche Schwankungen bis 0,6 m, mit Tiefpunkten meistens im Sommer oder im Frühherbst, wobei ein eindeutiger Jahrgang nicht ausgeprägt ist. Ein leichter positiver Trend der Ganglinie ist zu verzeichnen (Abbildung 96).

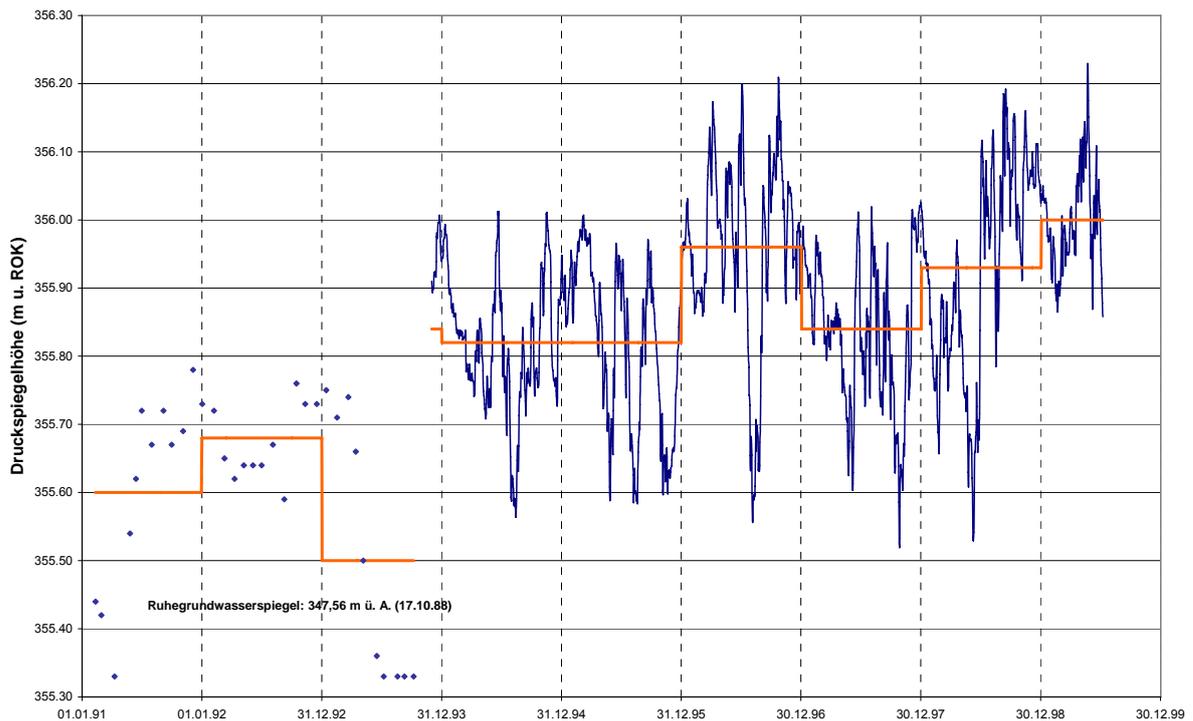


Abbildung 96: Hirsdorf 1 – Druckspiegelganglinie, Beobachtungszeitraum 1991-1999

9.2.3.3.2 Versuchsbohrung Kroisbach (ID 6050505)

Bezugspunkt (ROK): 340,75 m ü. A. (bis 21.02.1996: 339,86 m ü. A.)

Die Druckspiegelganglinie der Versuchsbohrung Kroisbach zeigt markant die typischen Auswirkungen von Pumpversuchen. Die Aufspiegelungsphase nach dem Pumpversuch vom Juli 1981 ($Q_{\max} = 5,3 \text{ l/s}$, $s_{\max} = 7,12 \text{ m}$) ist gut erkennbar. Die Ruhedruckhöhe vor dem Pumpversuch (327,94 m ü. A.) liegt um ca. 0,7 m tiefer als die spätere mittlere Druckhöhe nach der Aufspiegelungsphase. Ab Anfang 1988 ist die Ganglinie zwar lückenhaft, die eindeutige Druckspiegelabsenkung und die wesentlich größeren Schwankungen im Vergleich zur vorhergehenden Periode sind jedoch unverkennbar. Der steil abfallende Ganglinienabschnitt im Juli-August 1981 passt zeitlich mit dem Überlaufversuch in der Bohrung Großhartmannsdorf 2 (Entfernung ca. 3,2 km) zusammen. Der plötzliche Sprung an der Druckspiegelganglinie Mitte 1988 kann mit dem Überlaufversuch in der Bohrung Großhartmannsdorf 1 (Entfernung ca. 2,8 km) in Zusammenhang gebracht werden. Wie vorher bereits erwähnt, hängen die Horizonte dieser zwei Bohrungen hydraulisch zusammen. Die Inbetriebnahme der Bohrung Großhartmannsdorf 1 in der zweiten Hälfte von 1991 erscheint als Druckabfall von 0,8 m an der Ganglinie von Kroisbach. Angenommen, dass die Jahre 1985-1987 einen relativ ungestörten Zeitraum repräsentieren (abgesehen von der Spätphase der Aufspiegelung), beträgt die jährliche Schwankung ca. 0,20-0,25 m. In den Jahren von 1994 bis 1999 stellte sich ein mehr oder weniger konstantes Druckniveau ein, wobei die anschließenden zwei Jahre eine durchschnittlichen Druckabsenkung von ca. 0,3 m erkennen lassen (Abbildung 97).



Abbildung 97: Kroisbach – Druckspiegelganglinie, Beobachtungszeitraum 1981-2000

9.2.3.3.3 Versuchsbohrung Großsteinbach II (ID 6050502)

Die Terminwerte (monatliche Ablesungen) des am Brunnenkopf gemessenen Druckes lassen nur eine generelle Aussage über die langfristige Druckentwicklung zu. Jahreszeitliche bzw. kurzfristige Schwankungen sind mit dieser Datenbasis nicht analysierbar. Über den Beobachtungszeitraum ist ein Druckabfall von ca. 0,1 bar zu beobachten, wobei dieser in den ersten 4 Jahren auftrat. Anschließend verhielt sich der Druckspiegel nahezu konstant. Bezogen auf den Ruhedruck von 0,14 bar liegen jedoch sämtliche Messwerte höher (Abbildung 98).

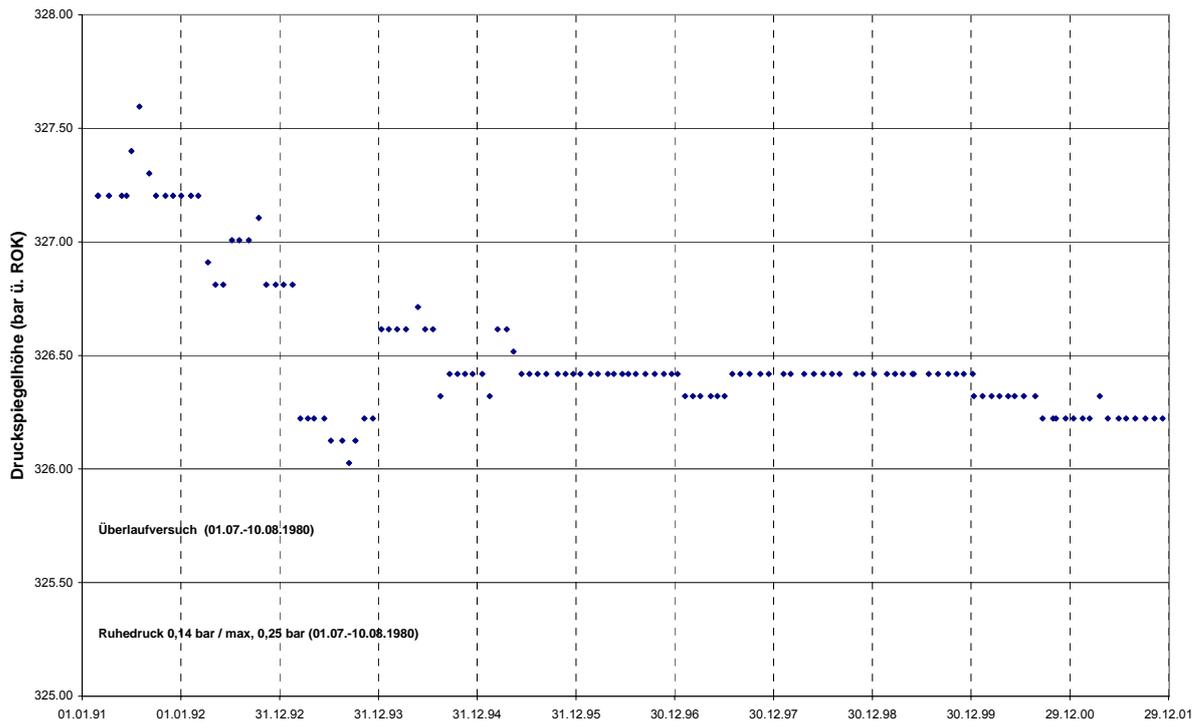


Abbildung 98: Großsteinbach II – Druckspiegelganglinie, Beobachtungszeitraum 1991-2001

9.2.3.3.4 Versuchsbohrung Großhartmannsdorf Sonde 1 (ID 6050503)

An der Ganglinie ist die Auswirkung der zwei extrem trockenen Sommer von 1992 und 1993 gut erkennbar. Unter Berücksichtigung dieser Tatsache und auch wegen der kurzen Dauer der Beobachtung ist kein signifikanter Trend festzustellen (Abbildung 99).

9.2.3.3.5 Versuchsbohrung Großhartmannsdorf Sonde 2 (ID 6050823)

Der Ruhedruck von 1981 wird mit 0,7 bar angegeben. Die zehn Jahre danach aufgezeichneten Terminwerte liegen um 1,1 bar. Nach den Jahren von 1991 und 1992 sank der Druck um ca. 0,15 bar. Die anschließenden Jahre weisen einen nahezu konstanten Druck um 1,0 bar auf (Abbildung 100).

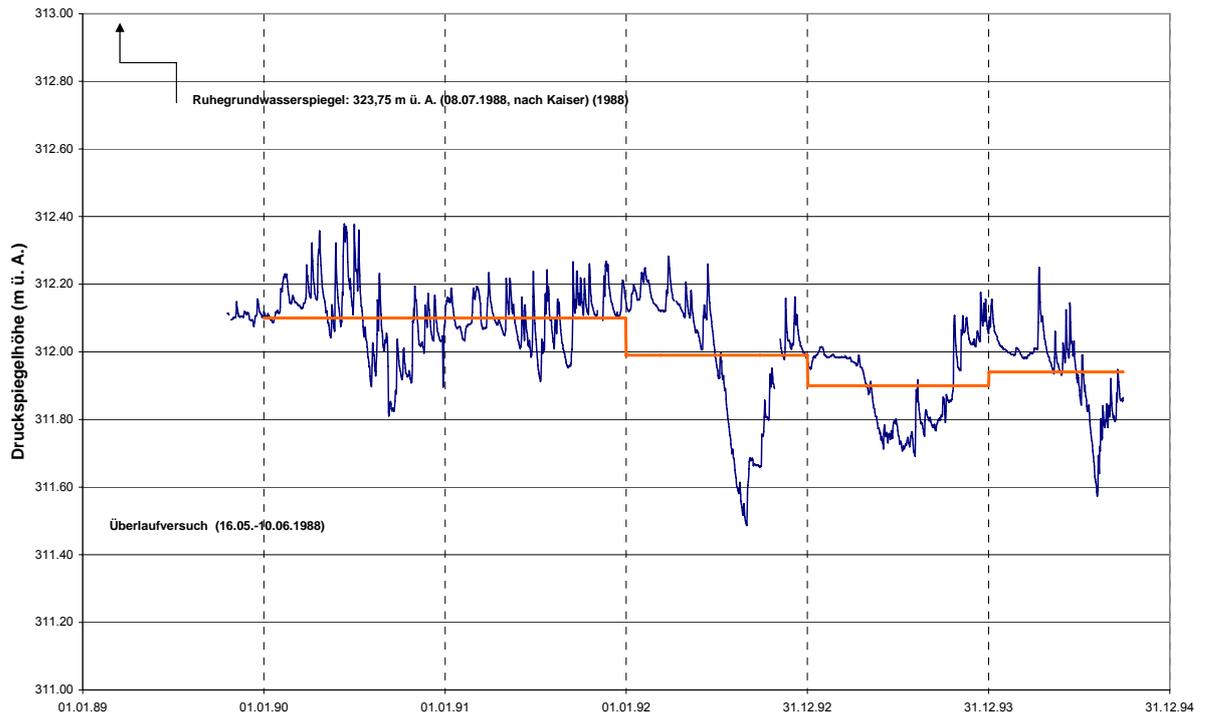


Abbildung 99: Großhartmannsdorf Sonde 1 – Druckspiegelganglinie, Beobachtungszeitraum 1989-1994

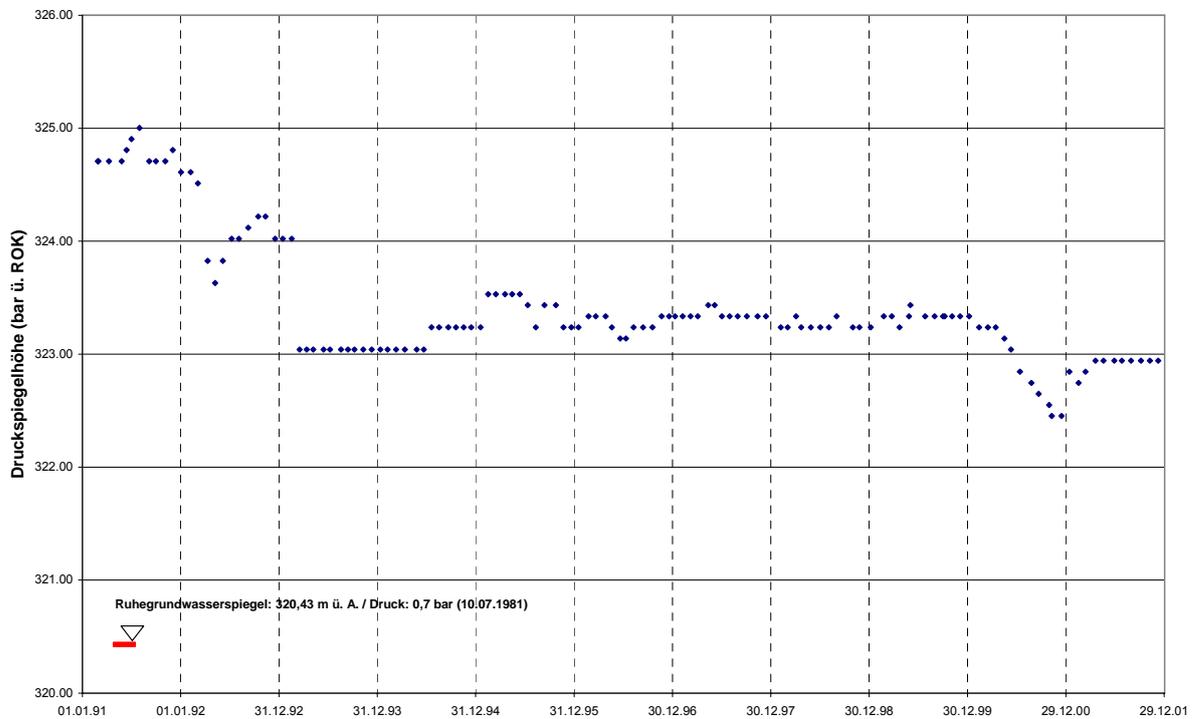


Abbildung 100: Großhartmannsdorf Sonde 2 – Druckspiegelganglinie, Beobachtungszeitraum 1991-2001

9.2.3.3.6 Versuchsbohrung Obgrün V1 (ID 6050506)

Der Ruhegrundwasserspiegel konnte nicht ermittelt werden. In den Jahren von 1991 bis 1993 trat eine Druckabsenkung von ca. 0,2 m auf. In den anschließenden Jahren blieb der Druckspiegel auf einem nahezu konstanten Niveau. Nach der Absenkung während der Isotopenprobennahme im August 1997 stellte sich der Druckspiegel auf einem Niveau um ca. 0,3 m tiefer ein (Abbildung 101).

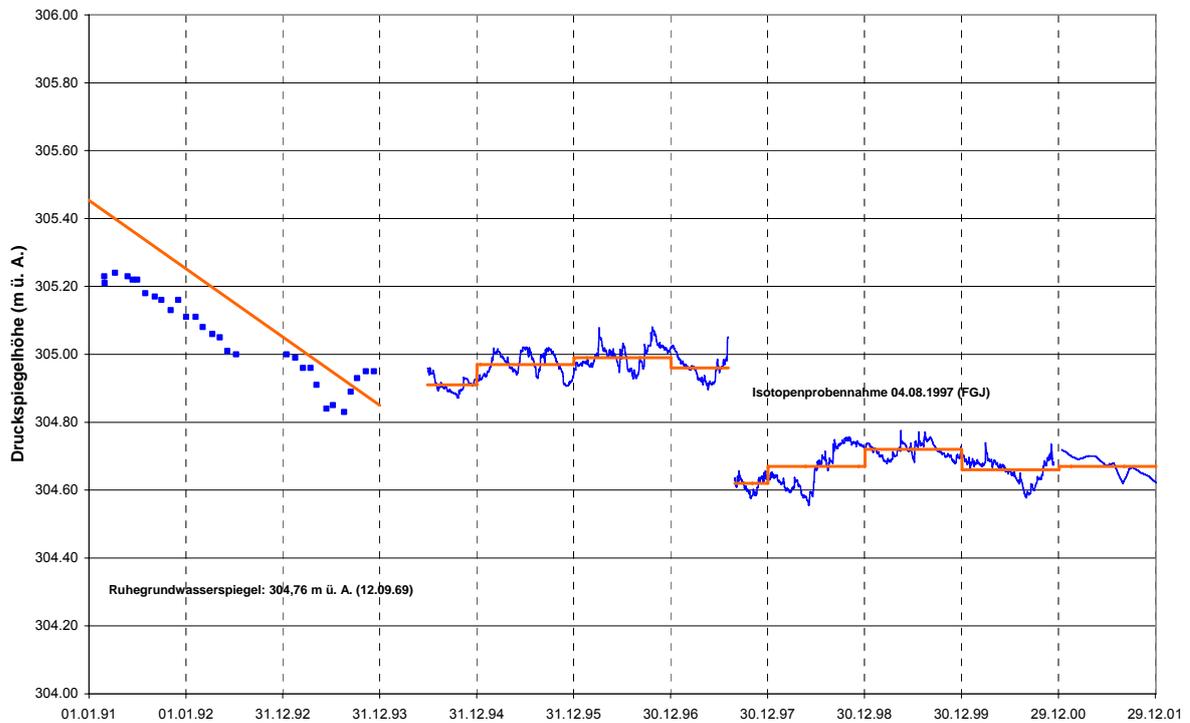


Abbildung 101: Obgrün V1 – Druckspiegelganglinie, Beobachtungszeitraum 1991-2001

9.2.3.3.7 Versuchsbohrung Obgrün V2 (ID 6050729)

Ein ausgeprägter jahreszeitlicher Rhythmus zeigt sich an der Ganglinie der Bohrung Obgrün V2 nur in den Jahren 1992 und 1993. Die jährlichen Tiefpunkte der Druckspiegelhöhe fallen in der Regel in den Herbstanfang. Die mittlere Jahresschwankung beträgt etwa 0,10-0,12 m (Abbildung 102).

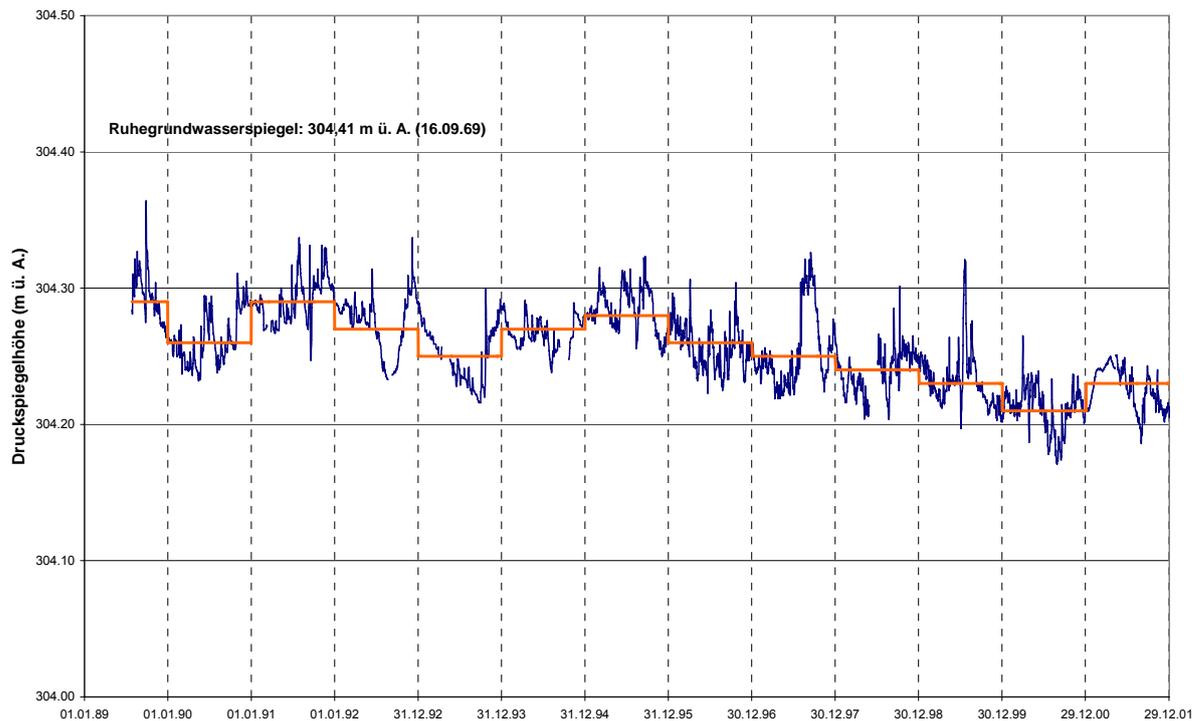


Abbildung 102: Obgrün V2 – Druckspiegelganglinie, Beobachtungszeitraum 1989-2001

9.2.3.3.8 Versuchsbohrung Hainersdorf (ID 6050727)

Die Ganglinie der Versuchsbohrung Hainersdorf spiegelt einen relativ regelmäßigen Verlauf wider, wobei die Amplitude der Schwankungen weniger als 0,4 m beträgt. Im Winterhalbjahr 1991/1992 ist ein erheblicher und lang anhaltender Anstieg der Druckhöhe im Vergleich zu den anderen Jahren zu beobachten (Abbildung 103).

9.2.3.3.9 Versuchsbohrung Großwilfersdorf (ID 6050640)

Die Ganglinie weist jährlich 2 bis 3 größere Spitzen auf, wobei die Maxima sowohl in der ersten als auch in der zweiten Jahreshälfte auftreten können (Abbildung 104). Die kurzfristigen Schwankungen sind vernachlässigbar. Die jährliche Schwankung der Druckspiegelhöhe liegt zwischen 0,6 und 0,8 m. Am langfristigen Verlauf der Ganglinie ist kein Trend erkennbar.

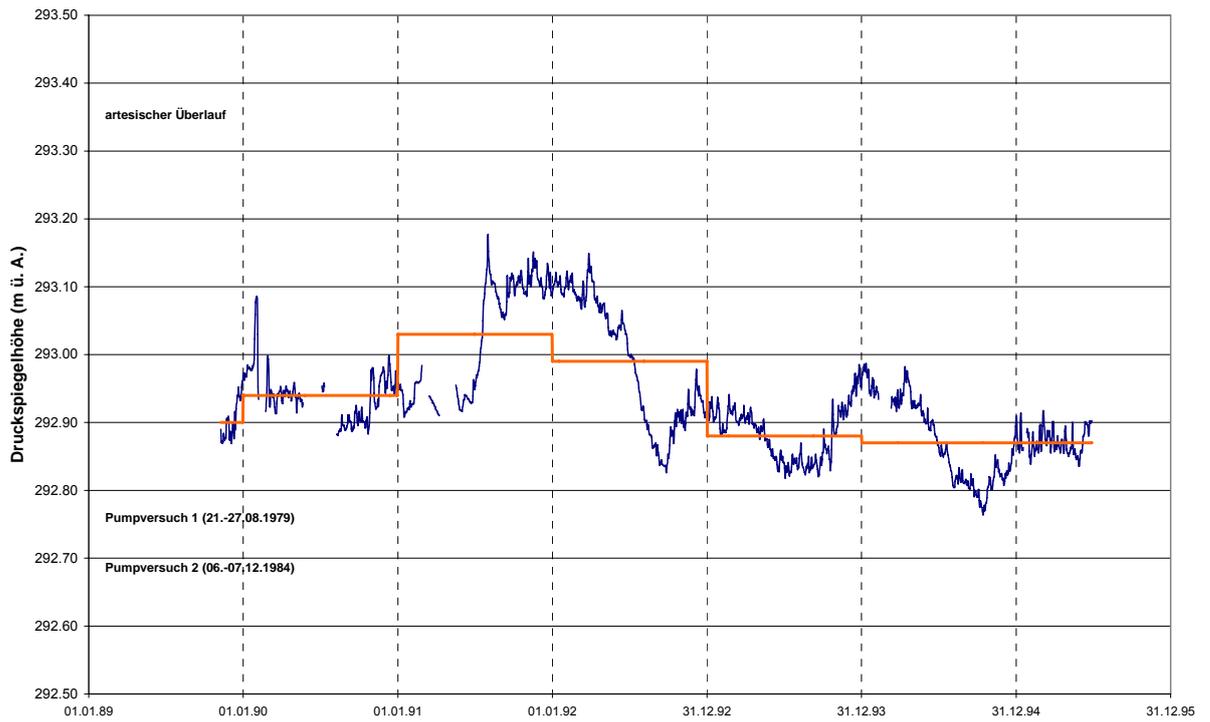


Abbildung 103: Hainersdorf – Druckspiegelganglinie, Beobachtungszeitraum 1989-1995

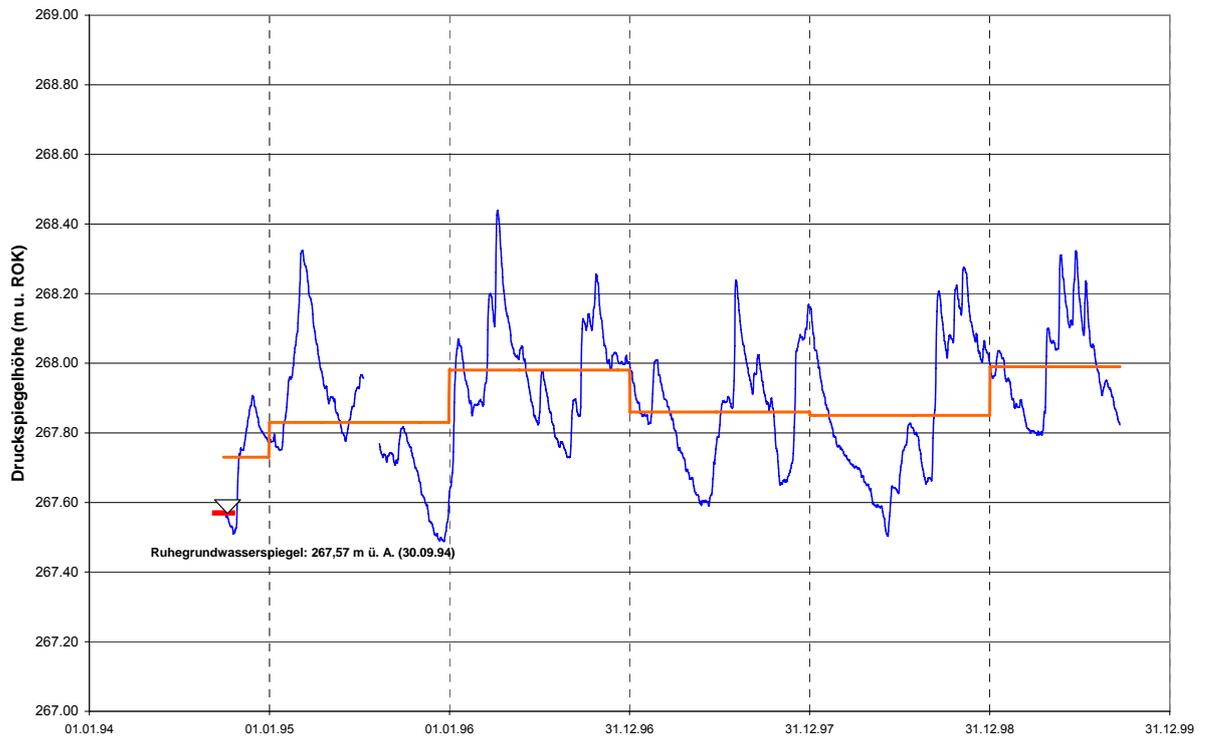


Abbildung 104 Großwilfersdorf – Druckspiegelganglinie, Beobachtungszeitraum 1949-1999

9.2.3.4 Lafnitztal

9.2.3.4.1 Versuchsbohrungen Neudau 1 und 2 (ID 6072001, 6072002)

Aus Abbildung 105 ist ersichtlich, dass die Ganglinien der Bohrungen Neudau 1 und 2 einen vollkommen parallelen Verlauf aufweisen. Der gespannte Horizont in der Bohrung Neudau 1 liegt ca. 66 m tiefer als jener in der Bohrung Neudau 2. Die jährliche Schwankung beider Ganglinien beträgt ca. 0,5 m. Die Ganglinien sind von kurzfristigen Schwankungen frei und zeigen einen ruhigen Verlauf. Die Ganglinien weisen einen positiven Trend auf. Die Wasserentnahme aus dem 1998 in Betrieb genommenen Brunnen WVA Wörth (Entfernung 2217 m) zeigt keine Auswirkung auf die Ganglinien.

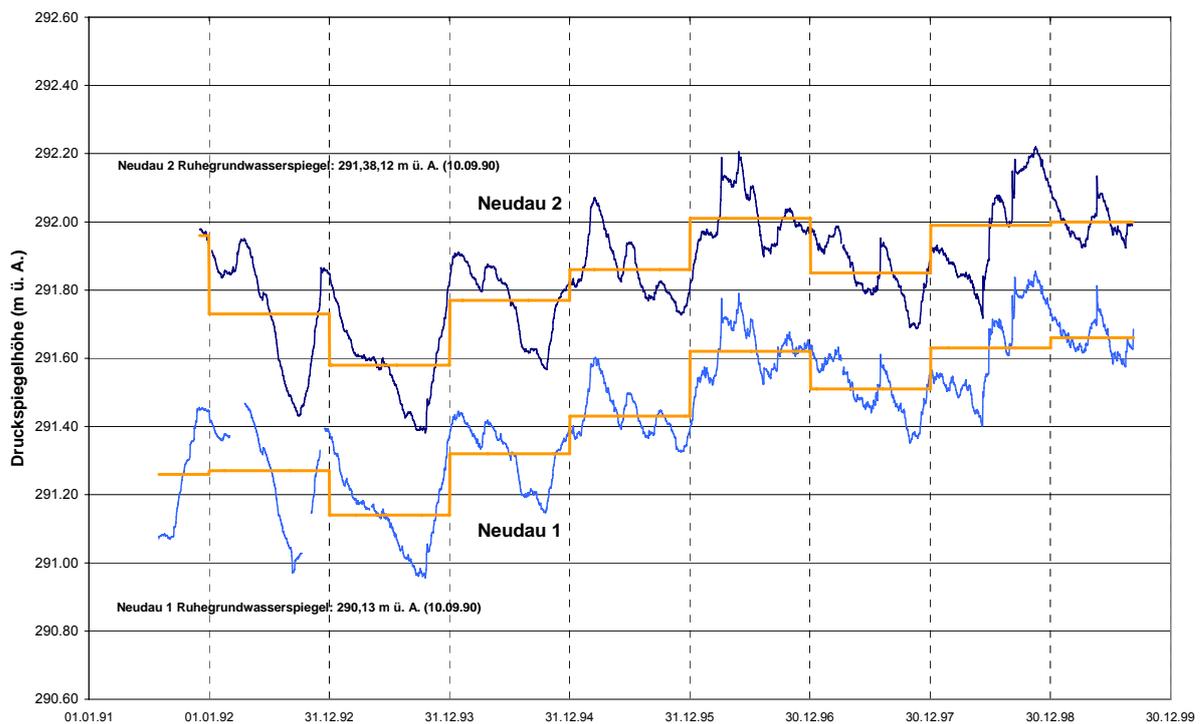


Abbildung 105: Neudau 1 und 2 – Druckspiegelganglinie, Beobachtungszeitraum 1991-1999

9.2.3.5 Weitere Bohrungen

9.2.3.5.1 Versuchsbohrung Busental (ID 9516)

Die Ganglinie der gemessenen Terminwerte der Bohrung Busental zeigen einen deutlichen Druckanstieg in den Jahren von 1988 bis 1991. Seit Anfang 1991 stellte sich die Druckhöhe auf einem etwa konstanten Niveau ein (Abbildung 106). Die Dauer des Druckaufbaues ist vergleichbar mit jenem der Bohrungen Walterdorf Süd und Kroisbach.

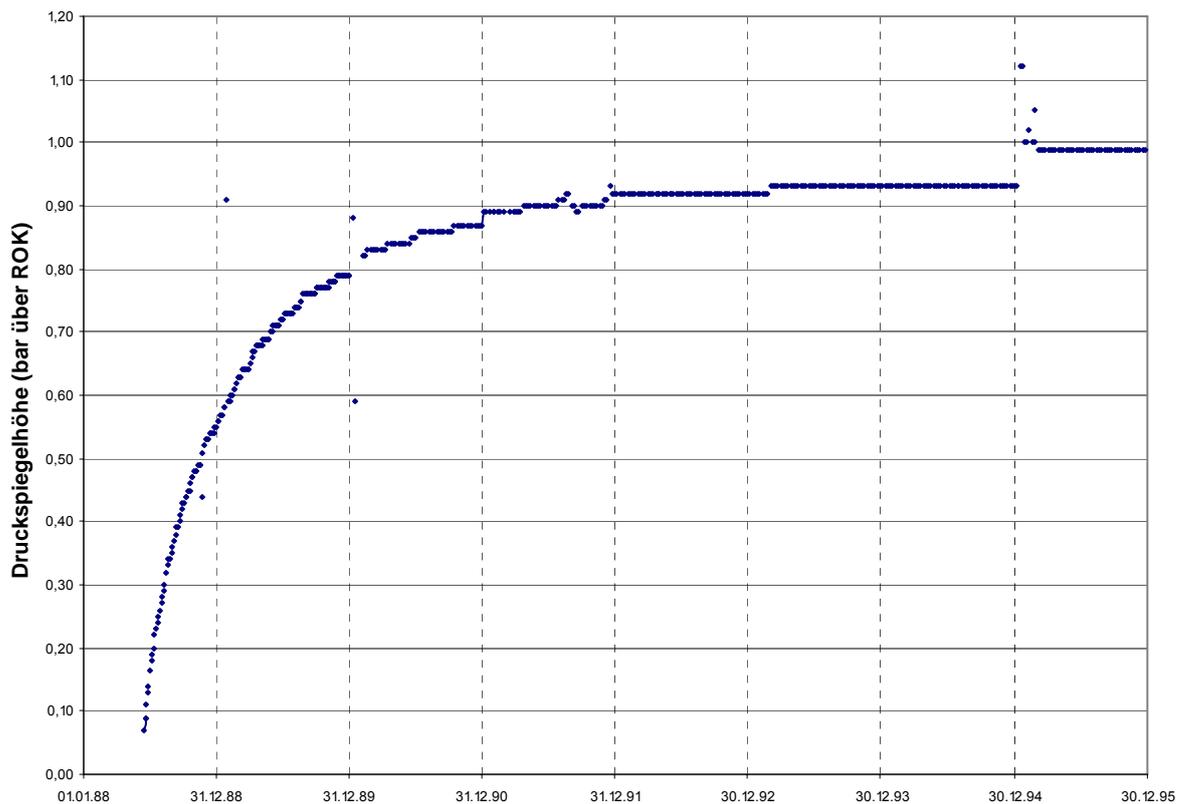


Abbildung 106: Busental – Druckspiegelganglinie, Beobachtungszeitraum 1988-1995

9.2.3.5.2 Versuchsbohrung Jobst (ID 6050205)

Aufgrund der lückenhaften Ganglinie der Versuchsbohrung Jobst ist eine detaillierte Analyse schwierig. Die Aufspiegelungsphase nach dem Pumpversuch ($Q_{\max} = 1,65 \text{ l/s}$, $s_{\max} = 9,01 \text{ m}$) umfasst den Zeitraum von Juli 1978 bis Mitte 1979. Die Beobachtung wurde von 1984 bis 1989 unterbrochen, was eine eindeutige Aussage über die langfristigen Druckspiegelschwankungen erschwert. Das mittlere Druckniveau änderte sich im wesentlichen aber nicht. Ein unregelmäßiger Verlauf charakterisiert die aufgezeichneten Jahre in der ersten Messperiode, was vermutlich messtechnisch bedingt war. Die Jahresschwankungen in der zweiten Messperiode betragen etwa 0,10 bis 0,15 m. Ein langfristiger Trend ist nicht zu beobachten (Abbildung 107).



Abbildung 107: Jobst – Druckspiegelganglinie, Beobachtungszeitraum 1978-1983 und 1990-1999

9.2.3.5.3 Versuchsbohrung Markt Hartmannsdorf (ID 6171602)

Die Druckspiegelganglinie weist seit dem Beobachtungsbeginn einen monotonen Anstieg auf. Dieser Anstieg beträgt, bezogen auf den Ruhegrundwasserspiegel, über 4 m, wobei die Jahresschwankung 0,2 bis 0,3 m beträgt. In den letzten beiden Beobachtungsjahren ist die Stabilisierung des Druckspiegels auf einem gleichbleibenden Niveau zu beobachten (Abbildung 108). Die seit 1991 in Betrieb befindlichen Versorgungsbrunnen der Gemeinde Markt Hartmannsdorf zeigen keine Auswirkungen auf die Ganglinie.

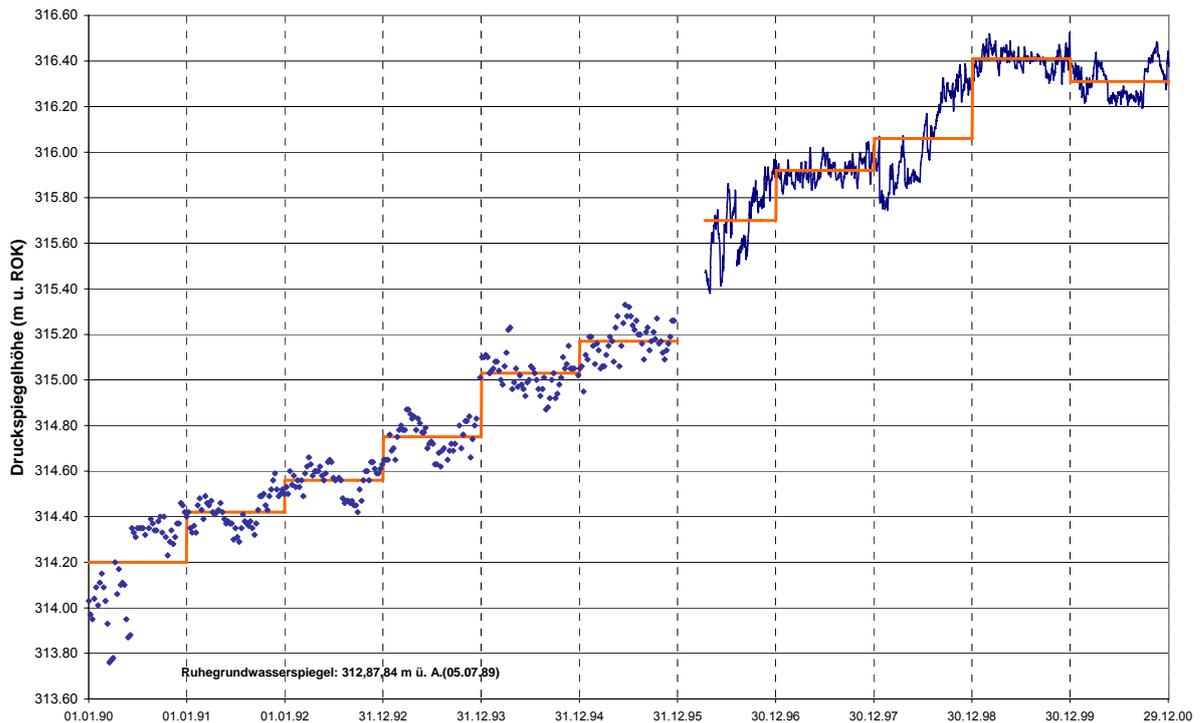


Abbildung 108: Markt Hartmannsdorf – Druckspiegelganglinie, Beobachtungszeitraum 1991-2000

9.2.3.6 Zusammenfassung der Ganglinienanalyse

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass sich die jährliche Schwankung der untersuchten Druckspiegelganglinien generell zwischen 0,1 und 1,5 m bewegt, wobei eine Tiefenabhängigkeit nicht festgestellt werden kann.

Theoretisch weisen Schichten in größeren Tiefen bei geologisch ähnlicher Ausbildung generell eine höhere Konsolidierung und damit einen wesentlich kleineren Kompressionskoeffizienten des Korngerüsts auf, was eine tiefenabhängige Zunahme der Luftdruckwirksamkeit bewirken müsste. Dieser Grundsatz konnte für die untersuchten Grundwasserleiter wegen der gemischten Druckniveaus und der geringen Luftdruckwirksamkeiten nicht nachgewiesen werden.

Die kurzfristigen Schwankungen, die im Zentimeterbereich liegen und einen Zeitraum von einigen Tagen aufweisen, werden z.T. von Luftdruckschwankungen hervorgerufen. Die langfristigen, jahreszeitlichen Schwankungen bewegen sich im Zentimeter- bis Dezimeterbereich. Dieser Schwankungsbetrag weist Zusammenhänge mit den hydrometeorologischen Verhältnissen und die Aufnahmekapazität der Grundwasserleiter hin.

Starke Niederschlagsschwankungen wirken sich vor allem in kleineren, wenig ausgedehnten, seichten Stockwerken gespannten Grundwassers, wie z.B. bei Kaindorf 2 aus. Auffallend ist auch die relativ hohe Luftdruckwirksamkeit im Pegel Kaindorf 2 trotz der geringen Aquifertiefe. Dies lässt sich dadurch erklären, dass gerade die geringe Tiefe eine rasche Einspeisung bei Niederschlagsereignissen

ermöglicht, deren Wirkung sich auf den Druckspiegelanstieg infolge des Luftdruckabfalls vor dem Regen überlagert und insofern die Ermittlung der Luftdruckwirksamkeit verfälscht.

Die in den vergangenen Jahrzehnten beobachtete leichte Abnahme des Niederschlags kann nicht als Ursache für die Absenkung der Druckspiegelhöhen angesehen werden. Viel mehr kann diese Erscheinung auf eine Zunahme der Nutzung bestimmter Aquifere, die miteinander in hydraulischer Verbindung stehen, zurückgeführt werden.

Die Auswirkung der Druckspiegelabsenkungen in den Aquiferschichten kann zu einer zusätzlichen Alimentation durch die liegenden und hangenden Stauerschichten führen. Die Bedeutung dieser zusätzlichen Alimentation hängt von der Größe der Kontaktfläche ab. Auf diese Weise kann eine indirekte Verbindung zwischen den voneinander durch „undurchlässige“ Schichten getrennten Aquifere zustande kommen (siehe auch 10.5.3). Betrachtet man den limnisch-fluviatilen Sedimentationsvorgang im Pannon, besteht durchaus die Möglichkeit der Ausbildung von Zonen, durch welche bereits bei kleineren Potenzialdifferenzen flächenmäßig nicht vernachlässigbare Austauschvorgänge auftreten können.

Bei den Horizonten, bei denen ein gewisser jährlicher Rhythmus zu beobachten ist, muss die direkte Einsickerung von der Oberfläche oder mittelbar aus einem Oberflächengewässer eine erhebliche Rolle spielen. Die Infiltrationsgebiete der gespannten Aquifere im NANUTIWA-Gebiet können direkt am Beckenrand oder auch im Beckeninneren liegen. Überall dort wo durchlässige Schichten mit den Flüssen in Kontakt treten kann es zu einer Infiltration aber auch einer Exfiltration kommen.

Bei der Bohrung Geiseldorf wurde erkannt, dass das Wasser des tiefer liegenden, stärker gespannten Horizontes innerhalb der ersten zwei Jahre nach Erstellung der Bohrung so stark in den seichteren, ebenfalls gespannten Horizont ausgeflossen ist, dass ab diesem Zeitpunkt der seicht liegende Horizont dominiert und die Luftdruckwirksamkeit von ca. 8% praktisch auf 3% zurückgegangen ist.

Signifikante negative Trends weisen die Ganglinien der Bohrungen Kroisbach und Buch Geiseldorf, Neudau 1 und 2 auf. Bei den Bohrungen Kaindorf 1 und Waltersdorf Nord ist ebenfalls eine abrupte Absenkung zu bemerken, wobei die Druckhöhe anschließend anstieg und in den letzten Jahren wieder zu sinken beginnt. In der Bohrung Obgrün V1 ist ebenfalls eine plötzliche Druckabsenkung festzustellen, wobei der Druckspiegel nach einer kurzfristigen Probennahme etwa 0,4 m tiefer liegen blieb. Bei den Bohrungen Großhartmannsdorf Sonde 2 und Großsteinbach II stellte sich nach der Druckabsenkung der ersten Beobachtungsjahre ein mehr oder weniger konstanter Druckspiegel ein. Bei den Bohrungen Großwilfersdorf, Hainersdorf, Großhartmannsdorf Sonde 1, Hirnsdorf 1 und Jobst sind keine signifikanten langfristigen Änderungen des Druckniveaus festzustellen. Ein signifikanter und monotoner Druckanstieg wurde bei der Bohrung Markt Hartmannsdorf beobachtet, während bei der Bohrung Busental dem anfänglichen Druckanstieg eine Stabilisierung der Druckniveaus in den letzten Beobachtungsjahren folgte. Ähnlich verläuft die Druckspiegelganglinie der Bohrung

Waltersdorf Süd, bei welcher der gemessene Ruhegrundwasserspiegel vermutlich einen falschen, zu tiefen Wert darstellt.

Aufgrund des Vergleiches der recherchierten Ruhedruckspiegelhöhen und des späteren Verlaufs der Druckspiegelganglinien kann vermutet werden, dass die oft unmittelbar nach Beendigung der Bohrarbeiten gemessenen Druckspiegelhöhen nicht die repräsentativen Ruhedruckspiegelhöhen, sondern durch das Spülbohrverfahren noch stark beeinflusste Größen, darstellen. Diese liegen oft einige Dezimeter tiefer als das spätere, mittlere Druckniveau.

Sofern die entsprechenden Daten zur Verfügung standen (Förderbeginn, Fördermengen), wurden im Rahmen der Ganglinienanalyse die Wasserentnahmen in benachbarten Versorgungsbrunnen berücksichtigt. Jedoch nur an der Druckspiegelganglinie der Bohrung Kroisbach konnten eindeutige Auswirkungen und Zusammenhänge nachgewiesen werden.

9.2.4 Potenzialverhältnisse

Um die Potenzialverhältnisse im Projektgebiet von NANUTIWA beschreiben zu können, wurden die Ruhedruckspiegelhöhen erhoben und zusammengefasst. Diese Ruhedruckspiegelhöhen wurden entweder unmittelbar nach Abschluss der Bohrarbeiten oder vor den Pumpversuchen gemessen. Diese Daten wurden meist in den Bohrprofilen oder in den Pumpversuchsprotokollen festgehalten. Bei artesischen Brunnen, die nicht mit Manometer ausgerüstet waren, wurde versucht, aus den Daten der Aufspiegelung bis GOK den Ruhedruck zu extrapolieren. Da die Bohrungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten abgeteuft und hydraulisch getestet wurden, charakterisieren die auf diese Weise erhobenen Daten nicht die zu einem bestimmten Zeitpunkt vorherrschenden Potenzialverhältnisse des Gesamtsystems, sondern den Zustand des Erhebungstages der Einzelbohrungen und Einzelbrunnen. Trotzdem wurde vereinfachend angenommen, dass die ermittelten Ruhedruckspiegelhöhen den ursprünglichen, unbelasteten Zustand des Aquifersystems darstellen. Einerseits wurden die Ruhedruckspiegelangaben der Versuchsbohrungen ermittelt und in Kenntnis der Seehöhe des Bezugspunktes (GOK oder ROK) in m über Adria die Absoluthöhen der Druckspiegelangaben berechnet. Andererseits, da die Anzahl der Versuchsbohrungen und somit der daraus errechneten Potenzialwerte relativ gering wäre, wurden sämtliche Daten von anderen Bohrungen und Brunnen (z.B. Hausbrunnen) aus der Datenbank PRODATA herangezogen. Weiters wurden auch die im Brunnen Monitoring System Burgenland aufgezeichneten Daten verwendet und verarbeitet. Zu diesem Zweck wurden aus den Datenreihen der Betriebsbrunnen Abschnitte herausgefiltert, welche einen Ruhezustand, meistens eine annähernd vollkommene Aufspiegelung beinhalten. Nach Möglichkeit wurden Perioden herangezogen, die noch zu Beginn der betrieblichen Förderung lagen. Auf diese Weise entstand zwar eine, streng genommen, inhomogene Datenmenge, die aber für eine generelle und großmaßstäbliche Betrachtungsweise der Potenzialverhältnisse in jedem Fall ausreichend geeignet ist.

Für die Bohrungen und Brunnen, an denen die genaueste Ermittlung der Ruhedruckspiegeldaten erfolgte, wurden diese Daten tabellarisch zusammengefasst. Die restlichen Daten zur Konstruktion der Potenzialpläne wurden, wie oben erwähnt, der Datenbank PRODATA entnommen und sind dort zu finden. Die für das Burgenland ermittelten Ruhedruckspiegeldaten sind in Tabelle 4 und jene für die Steiermark in Tabelle 5 wiedergegeben.

ID	Bohrung	Ruhedruckspiegelhöhe (m ü. A.)	Datum
1015	Grafenschachen Bürgermeisterwiese	392.69	
1020	Grafenschachen Kotwiese FB	401.39	
1019	Grafenschachen Kotwiese TB	414.57	09.06.1983
2036	WV Südl. Bgld.1 - Br. 4a	293.36	26.11.2002
2020	WV Südl. Bgld.1 – Kemetten	303.58	03.03.1996
1041	WV Südl. Bgld.1 - Nad. 9a	309.75	20.03.1995
1043	WV Südl. Bgld.1 - Nad. 9	303.37	14.03.1995
2039	WV Südl. Bgld.1 - Br. 8	345.22	26.11.2001
1238	WV Südl. Bgld.1 - Br. 7	305.07	03.03.1995
1097	WV Südl. Bgld.1 - Br. 11	294.56	08.11.1997
1335	Litzelsdorf 1	277.90	10.06.1983
1399	Litzelsdorf Erlenwald	289.53	25.07.1983
1124	Willersdorf	375.82	27.11.1986
1458	Mooswald	293.35	10.08.1982
1459	Güttenbach	254.24	02.03.1982
1583	Bocksdorf	253.65	11.07.1990
2046	Glasing 1	182.15	14.02.1996
1754	Kohfidisch 5	256.47	03.04.1989
1935	Grieselstein 1	255.90	06.10.1977
1936	Grieselstein 2	245.20	19.10.1977
1937	Grieselstein 3	250.60	29.10.1977
1956	Grieselstein 3 "alt"	248.20	
1920	Raabtal Kalch 1	240.20	
9500	Raabtal Kalch 3	251.78	
9501	Raabtal Kalch 4	255.97	15.02.2002
1985	Minihof Liebau	270.78	13.04.2002
2048	Jennersdorf 5	244.10	08.02.2002
1945	Lafnitztal 1 (WV Unteres Lafnitztal)	224.65	30.04.2001
1991	Lafnitztal 2 (WV Unteres Lafnitztal)	222.83	09.10.1998
1992	Lafnitztal 3 (WV Unteres Lafnitztal)	223.15	13.11.1998
1993	Lafnitztal 4 (WV Unteres Lafnitztal)	222.48	02.10.1998
1994	Lafnitztal 5 (WV Unteres Lafnitztal)	222.63	02.10.1998
1963	Lafnitztal 6 (WV Unteres Lafnitztal)	222.89	29.04.2001
1947	Lafnitztal 7 (WV Unteres Lafnitztal)	227.65	05.05.1999
1995	Lafnitztal 8 (WV Unteres Lafnitztal)	223.68	
1964	Lafnitztal 9 (WV Unteres Lafnitztal)	224.76	15.03.2000
1962	Lafnitztal 11 (WV Unteres Lafnitztal)	214.50	10.10.1998
1997	Lafnitztal 12 (WV Unteres Lafnitztal)	227.28	06.05.1999
1998	Lafnitztal 13 (WV Unteres Lafnitztal)	222.60	02.10.1998
1999	Lafnitztal 14 (WV Unteres Lafnitztal)	222.29	02.10.1998
2001	Lafnitztal 16 (WV Unteres Lafnitztal)	226.60	06.06.1998
2002	Lafnitztal 17 (WV Unteres Lafnitztal)	225.32	13.05.1998
2003	Lafnitztal 18 (WV Unteres Lafnitztal)	223.27	08.07.1998
2004	Lafnitztal 19 (WV Unteres Lafnitztal)	227.32	13.05.1999
2006	Lafnitztal 21 (WV Unteres Lafnitztal)	228.02	10.05.1996
2007	Lafnitztal 22 (WV Unteres Lafnitztal)	223.71	08.08.1998
1941	Lafnitztal 23 (WV Unteres Lafnitztal)	226.09	18.05.1998
1014	Schlacher	337.97	10.08.2001
2030	Stögersbach Br. 6	344.05	09.10.2001
9508	Mariasdorf 2	372.40	04.10.2002

Tabelle 4: Ruhedruckspiegelhöhen im Teilgebiet Burgenland

ID	Bohrung	Ruhedruckspiegelhöhe (m ü. A.)	Datum
6070901	Großhart	301.76	06.02.1996
6074805	Waltersdorf Nord	290.30	22.06.1989
6074806	Waltersdorf Süd	285.47	25.08.1987
6075001	Wörth a.d. Lafnitz	318.11	26.09.1983
6070101	Blaindorf/Pötmühle	312.05	24.07.1979
6070203	Buch Geiseldorf	303.67	26.06.1980
6050201	Blumau/Strang A	270.88	27.07.1990
6050229	Bierbaum	260.43	01.06.1999
6071001	Hopfau	328.20	01.09.1984
6071502	Kaindorf I	316.20	04.08.1983
6071503	Kaindorf II	316.12	04.08.1983
6071501	Kaindorf West	323.80	11.07.1985
6050727	Hainersdorf	294.89	21.08.1979
6050202	Speilbrunn	283.26	28.11.1990
6050639	Hainfeld 1	297.50	14.02.1995
6050640	Grosswilfersdorf	267.57	30.09.1994
6050203	Kleinsteinbach 1	281.34	22.04.1992
6050204	Kleinsteinbach 2	272.56	08.10.1998
6072001	Neudau I (Hammermühle 1)	290.13	10.09.1990
6072002	Neudau II (Hammermühle 2)	291.38	10.09.1990
6074807	Leitersdorf	289.18	23.09.1986
1286	Leitersdorf Bahnhof (ÖBB)	283.50	20.05.1992
6071102	Schildbach 1/Hartberg	333.28	26.09.1988
6071103	Schildbach 2/Hartberg	347.90	13.10.1988
6071101	Löffelbach	370.00	12.08.1986
6171804	Hirnsdorf 1	347.56	17.10.1988
6171801	Hirnsdorf 2	312.43	09.09.1993
6171802	Hirnsdorf 3	342.80	04.11.1994
6171803	Hirnsdorf 4	312.65	09.12.1992
6171806	Hirnsdorf Molkerei IV	352.91	01.04.1976
6050505	Kroisbach	326.69	06.07.1981
6050502	Grosssteinbach II	322.25	01.07.1980
6070504	Ebersdorf III	306.40	
6070205	Dombachtal I	319.84	30.08.1983
6070206	Dombachtal II	307.62	30.08.1983
6070204	Dombachtal III	311.38	13.02.1984
6171602	Markt Hartmannsdorf W	312.87	05.07.1989
6071801	Unterlimbach	317.05	13.06.1989
6050205	Jobst	276.45	19.07.1978
6072701	Unterrohr	327.60	28.02.1996
6050506	Obgrün V1	304.76	12.09.1969
6050729	Obgrün V2	304.41	16.09.1969
6050503	Grosshartmannsdorf I	320.40	19.05.1980
6050823	Grosshartmannsdorf II	320.43	10.07.1981
6050304	Burgau 3	270.45	19.09.1990
6071105	Flattendorf	347.63	29.11.1984
6040903	Eichkögel	364.40	08.10.1990
6051001	Nestelbach	298.51	25.07.1989
6071002	Eggendorf/Hartberg	336.54	09.11.1987
6064003	St. Marein 1	343.00	12.06.1985
6064004	St. Marein 2	363.00	13.06.1985
6172501	Urscha 1	340.18	08.09.1995
6172502	Urscha 2	341.27	11.07.1995
6171902	Hofstätten 3	358.29	13.08.1986
6171903	Hofstätten 4	345.38	24.05.1994
6072702	Rohr bei Hartberg 2	330.13	04.09.1996
5031	Unterlungitz	357.50	15.02.1997
6073201	St. Johann 1	333.05	
6073202	St. Johann 2	347.48	
6173701	Pischelsdorf	362.50	22.07.1986
6051430	Übersbach 1	268.50	01.02.1994
6174002	Unterfeistritz 2	439.70	05.11.1984
6041005	Fehring Badbrunnen	263.65	14.05.1991

Tabelle 5: Ruhedruckspiegelhöhen im Teilgebiet Steiermark

Auf Basis der Daten in Tabelle 4 und Tabelle 5 wie aus der Datenbank PRODATA wurde ein Datensatz erstellt. Dieser Datensatz bildete die Grundlage für die Erstellung eines Potenziallinienplanes. Die Druckspiegeldaten der Bohrungen und Brunnen mit ihren X- und Y-Koordinaten (Rechtswert; Hochwert) wurden in die Software SURFER eingelesen und mit deren Hilfe die Isolinien des Druckpotenzials für das gesamte Projektgebiet interpoliert. In Abbildung 109 ist die durch lineare Interpolation erstellte Potenzialverteilung dargestellt. Die weitere Bearbeitung dieser Potenzialkarte wurde von GET unter Berücksichtigung sämtlicher hydrogeologischer Informationen weitergeführt (siehe Kapitel 9.4.5).

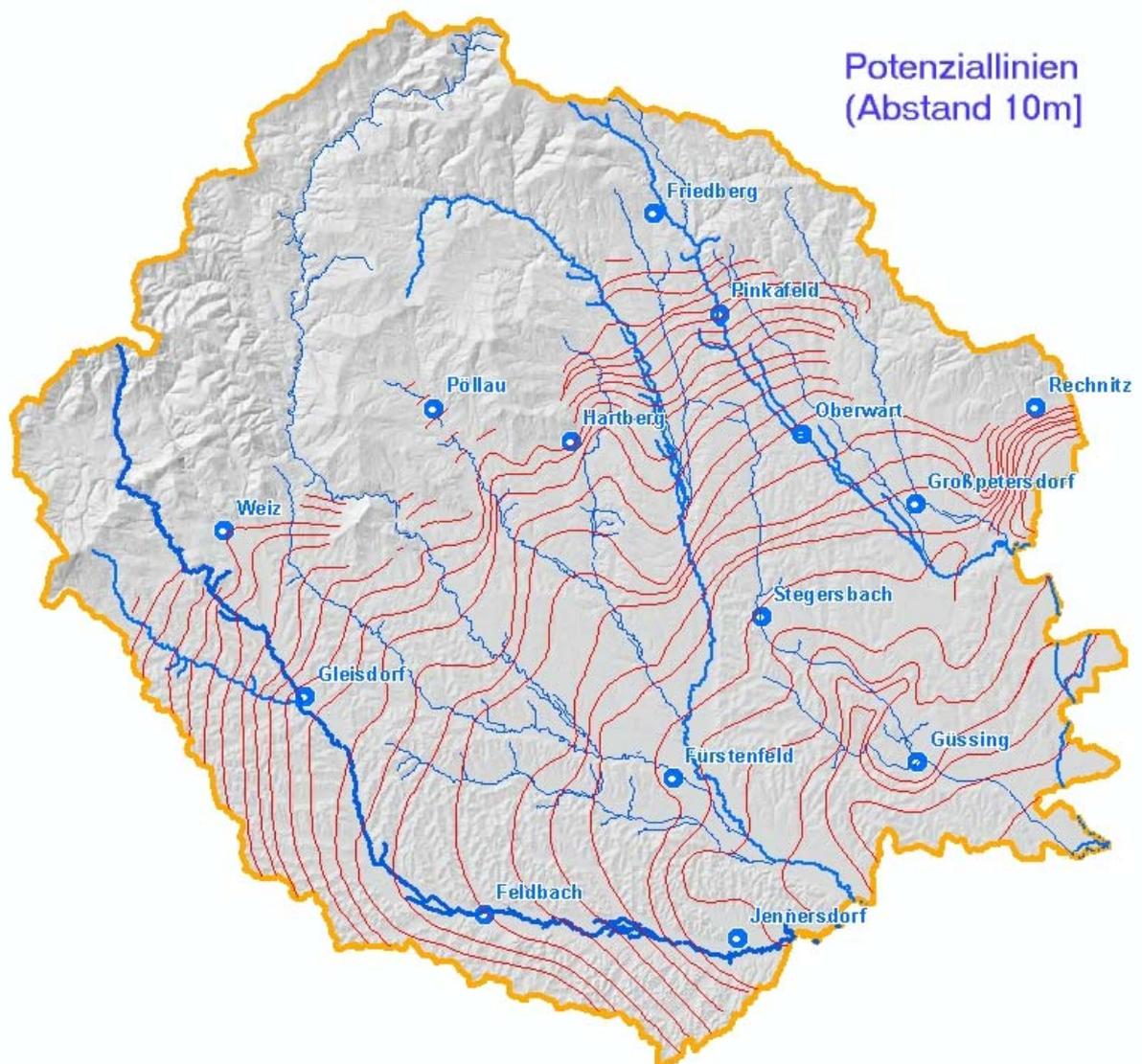


Abbildung 109: Potenzialverteilung im NANUTIWA-Gebiet

9.2.5 Pumpversuchsauswertungen

9.2.5.1 Datengrundlage, Bearbeitung der Rohdaten

Die Datengrundlage für die Pumpversuchsauswertungen bilden die Pumpversuchsprotokolle. In diesen Pumpversuchsprotokollen wurden die, in den getesteten Bohrungen gemessenen, Absenkungen und Aufspiegelungen aufgezeichnet. Diese Daten wurden erhoben, eingegeben, bearbeitet und mit der Pumpversuchsauswertesoftware AQTESOLV (1999) ausgewertet. Die Zeiträume der ausgewerteten Pumpversuche sind in Tabelle 6 und Tabelle 7 zusammengefaßt.

Die eingegebenen Pumpversuchsdaten wurden sowohl als Excel- als auch als ASCII-Dateien gespeichert. Letzteres Format ist das Eingabeformat für die AQTESOLV. Außer den Pumpversuchsprotokollen wurden die im Brunnen Monitoring System Burgenland gespeicherten Daten zugrundegelegt. Da in dieser Datenbank sämtliche Betriebsdaten gespeichert sind und daher die Absenkungsphasen durch die vorhergehenden anderen Absenkungsphasen beeinflusst sind, wurden Aufspiegelungsphasen ausgewertet, soweit die vorhergehenden Pumpperioden eindeutig definiert werden konnten. Die Auswertesoftware erlaubt die Auswertung von Pumpversuchsdaten (Absenkung und Aufspiegelung) nach verschiedenen Aquifermodellen sowie auch die Berücksichtigung der Brunnenspeicherung.

Bei der Auswertung der gegenständlichen Pumpversuchsdaten wurden gespannte Druckverhältnisse angenommen und das entsprechende Modul der Software verwendet. Sofern die Daten vorlagen, wurden sowohl die Absenkungs- als auch die Aufspiegelungsphasen der Pumpversuche ausgewertet. Die Auswertung von beiden Pumpversuchsphasen ermöglicht einen gegenseitigen Vergleich und eine Kontrolle der Ergebnisse. AQTESOLV ermöglicht bei Pumpversuchen mit schwankender Fördermenge weiters die Auswertung der Absenkungsphase unter Anwendung des Superpositionsprinzips nach THEIS vorzunehmen. Die instationäre Auswertung der Absenkungsphasen ermöglicht nicht nur die Berechnung der Transmissivitäten sondern auch die Ermittlung der Speicherkoeffizienten. Somit wurden die zwei wichtigsten hydraulischen Eigenschaften der Grundwasserleiter, das Transportvermögen (Transmissivität) und das Speichervermögen (Speicherkoeffizient), ermittelt.

Da die Pumpversuchsauswertungen auch Hinweise bezüglich der Randbedingungen eines Grundwassersystems geben können, wurden die halb- und doppellogarithmisch dargestellten Absenkungs- und Aufspiegelungskurven analysiert und mit verschiedenen Aquifermodellen verglichen.

ID	Bohrung	Pumpversuch von - bis	Aufspiegelung von - bis	Pumpversuch von - bis	Aufspiegelung von - bis
2050	Mariasdorf 1	12.09.-14.09.1994	16.09.-11.10.1994		
9508	Mariasdorf 2	12.09.-23.09.1994	23.09.-03.10.1994		
1583	Bocksdorf	11.07.-26.07.1990	26.07.-05.08.1990		
1056	Unterwart 1	22.05.-07.06.1979	07.06.-09.07.1979		
1057	Unterwart 2	15.05.-12.06.1979	12.06.-09.07.1979		
1058	Unterwart 3	01.06.-13.06.1979	13.06.-09.07.1979		
1059	Unterwart 4	29.05.-13.06.1979	13.06.-09.07.1979		
1015	Grafenschachen	03.11.-04.11.1980			
1019	Grafenschachen/Kotwiese	12.07.-14.07.1983			
1120	Gfangen	29.08.-31.08.1985			
2040	Pinkafeld B2	08.01.-12.01.2002			
2036	WV Südl. Bgld.1 - Br. 4a	20.11.2001	20.11.-26.11.2001	27.11.2001	
1238	WV Südl. Bgld.1 - Br. 7	04.04.1995	04.04.-09.04.1995		
2039	WV Südl. Bgld.1 - Br. 8	15.12.2001	15.12.-27.12.2001		
1043	WV Südl. Bgld.1 - Nad. 9	28.06.-03.07.1994	03.07.-06.07.1994		
1041	WV Südl. Bgld.1 - Nad. 9a	15.05.-27.05.2000			
2020	WV Südl. Bgld.1 - Kemetten 10	11.05.-13.05.1994		02.01.-13.01.1997	13.01.-16.05.1997
1947	Heiligenkreuz B7	18.06.-28.06.1977			
1806	Hannersdorf	31.03.2003			
1459	Güttenbach = AT-GÜT-001	02.03.-04.03.1982	04.03.1982		
9551	Güttenbach neu	17.12.-23.12.2002	23.12.2002-01.01.2003		
1935	Grieselstein 1	06.10.-07.10.1977	07.10.1977		
1936	Grieselstein 2	19.10.-20.10.1977	20.10.1977		
1939	Grieselstein 3 (2-3. Horizont)	29.10.-30.10.1977	30.10.1977		
1939	Grieselstein 3 (1. Horizont)	26.10.-27.10.1977	27.10.1977		
1458	Moosbrunn	10.08.-16.08.1982	16.08.-13.10.1982		
1335	Litzelsdorf 1	25.07.-27.07.1983			
1399	Litzelsdorf Erlenwald	10.08.-11.08.1983	11.08.1983		
1123	Oberschützen	11.11.-17.11.1986			
1118	Wiesfleck	18.10.-19.10.1985			
9501	Kalch 4		31.01.-05.02.2003		
2030	Stögersbach Br. 6	10.10.-27.10.2001			

Tabelle 6: Zeiträume der ausgewerteten Pumpversuche im burgenländischen NANUTIWA-Gebiet

ID	Bohrung	Pumpversuch von - bis	Aufspiegelung von - bis	Pumpversuch von - bis	Aufspiegelung von - bis
6070101	Blaindorf/Pötmühle	23.07.-30.07.1979	30.07.1979		
6050304	Burgau 3	19.09.-12.10.1990	12.10.-27.10.1990	29.05.-29.07.1995	29.07.-01.09.1995
6070206	Dornbachtal II	30.08.-04.09.1983	04.09.1983		
6070204	Dornbachtal III	13.02.-25.02.1984	25.02.1984		
6070503	Ebersdorf II	19.09.-23.09.1977			
6070504	Ebersdorf III	27.08.-07.09.1984			
6071002	Eggendorf/Hartberg	27.10.-09.11.1987	09.11.1987		
6040903	Eichkogel	08.10.-31.10.1990	31.10.-09.11.1990		
6041005	Fehring Badbrunnen	14.05.-03.06.1991			
6070203	Geiseldorf	01.07.-02.07.1980	02.07.-03.07.1980	03.07.-05.07.1980	05.07.1980
6070901	Großhart	06.02.-14.02.1996	14.02.-05.04.1996		
6050503	Grosshartmannsdorf I	16.05.-10.06.1988	10.06.-08.07.1988		
6050727	Hainersdorf	21.08.-27.08.1979	27.08.1979	06.07.-07.12.1984	
6171804	Hirnsdorf 1	17.10.-03.11.1988	03.11.1988		
6171801	Hirnsdorf 2	09.09.-13.10.1994	13.10.-16.11.1994	19.11.-21.12.1994	21.12.1994-29.01.1995
6171803	Hirnsdorf 4	09.12.-11.12.1992	11.12.-28.12.1992	17.01.-02.03.1994	02.03.-31.03.1994
6171806	Hirnsdorf Molkerei IV	05.03.-08.03.1976	08.03.1976		
10976	Höflach	19.06.-25.06.1991			
6171903	Hofstätten 4	24.05.-08.06.1994	08.06.-15.06.1994		
6071502	Kaindorf I	04.08.-10.08.1983	10.08.1983		
6071503	Kaindorf II	04.08.-10.08.1983	10.08.1983		
6071501	Kaindorf West	08.07.-13.07.1985	13.07.-14.07.1985		
6050203	Kleinsteinbach 1	19.12.1991-24.01.1992	24.01.-21.03.1992		
6050204	Kleinsteinbach 2	27.05.-03.06.1992	03.06.-17.06.1992		
6050505	Kroisbach	08.07.-12.07.1981	12.07.-13.07.1981		
6171601	Markt Hartmannsdorf W	05.07.-14.07.1989	14.07.-21.07.1989		
6051001	Nestelbach	25.07.-02.08.1989		07.12.-27.12.1989	27.12.1989-04.01.1990
6072001	Neudau I (Hammermühle 1)	10.09.-04.10.1990	04.10.-12.10.1990		
6072002	Neudau II (Hammermühle 2)	10.09.-04.10.1990	04.10.-12.10.1990		
6173701	Pischelsdorf	22.07.-27.08.1986			
6072702	Rohr bei Hartberg 2	04.09.-18.09.1996	18.09.-30.09.1996		
6071102	Schildbach 1/Hartberg	26.09.-03.11.1988			
6071103	Schildbach 2/Hartberg	13.10.-02.11.1988			
6050202	Speilbrunn	28.11.-28.12.1990	28.12.1990-04.01.1991	31.01.-17.03.1992	17.03.-06.04.1992
6064003	St. Marein 1	05.06.-26.07.1985	26.07.-14.08.1985		
6064004	St. Marein 2	13.06.-19.07.1985	19.07.-14.08.1985		
6051430	Übersbach 1	01.02.-07.03.1994	07.03.-30.03.1994		
6071801	Unterlimbach	13.06.-17.06.1989	17.06.-20.06.1989		
5031	Unterlungitz	21.02.-23.04.1997	23.04.-14.05.1997		
6072701	Unterrohr	28.02.-30.04.1996	30.04.-18.06.1996		
6172501	Urscha 1/Ungerdorf	22.07.-16.08.1995	16.08.-16.09.1995		
6172502	Urscha 2/Ungerdorf	11.07.-22.07.1995			
6074805	Waltersdorf Nord	22.06.-27.06.1989	27.06.-04.07.1989		
6074806	Waltersdorf Süd	25.08.-31.08.1987	31.08.-07.09.1987	28.09.-05.10.1988	05.10.-10.10.1988
6075001	Wörth a.d. Lafnitz	26.09.-01.10.1983	01.10.1983		

Tabelle 7: Zeiträume der ausgewerteten Pumpversuche im steirischen NANUTIWA-Gebiet

9.2.5.2 Methodik der Pumpversuchsauswertungen

Die am häufigsten angewandten Fördertests sind die Pumpversuche. Im Laufe eines Pumpversuches wird für eine bestimmte Zeit aus dem Grundwasserleiter entnommen und die Reaktion des Grundwasserspiegels im Förderbrunnen selbst und in nahe liegenden Beobachtungsbrunnen beobachtet. Je nach Dauer des Pumpversuches und nach Ergiebigkeit und Regenerationsmechanismen des Grundwasserleiters bleibt die Zuströmung des Grundwassers zum Entnahmebrunnen und somit der Grundwasserspiegel in seiner Umgebung instationär oder es stellt sich nach gewisser Förderzeit ein stationärer Zustand ein. Dementsprechend wurden instationäre und stationäre Auswerteverfahren entwickelt. Da die untersuchten Grundwasserleiter ausschließlich gespannte Verhältnisse aufweisen, werden im Folgenden nur die Auswerteverfahren für gespannte Grundwasserverhältnisse dargestellt.

Die allgemeine dreidimensionale instationäre Grundwasserströmung in einem gespannten, inhomogenen und anisotropen Grundwasserleiter beschreibt folgende Gleichung (BUSCH et al., 1993).

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(T_x \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(T_y \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(T_z \frac{\partial h}{\partial z} \right) = S \frac{\partial h}{\partial t} + q \quad (\text{Formel 5})$$

- h – Druckspiegelhöhe (m)
- S – Speicherkoeffizient (-)
- T_x, T_y, T_z – Transmissivität in x, y und z-Richtung (m^2/s)
- x, y, z – kartesische Koordinaten
- t – Zeit (s)
- q – Quellen- und Senkenterm ($m^3/m^2 \cdot s$)

Sämtliche Verfahren zur Auswertung von Pumpversuchen basieren auf der partiellen Differentialgleichung der zweidimensionalen Grundwasserströmung radialsymmetrischer Form. Bei der Auswertung von Pumpversuchen wird von einer instationären radialsymmetrischen Grundwasserströmung um den Förderbrunnen ausgegangen. Die radialsymmetrische instationäre Brunnenströmung in einem homogenen und isotropen, gespannten Grundwasserleiter wird durch folgende Differentialgleichung beschrieben (LANGGUTH & VOIGT, 1980; DE MARSILY, 1986):

$$\frac{\partial^2 h}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial h}{\partial r} = \frac{S}{T} \frac{\partial h}{\partial t} + q \quad (\text{Formel 6})$$

- r – radiale Entfernung vom Förderbrunnen (m).

Unter bestimmten Annahmen kann die obige Gleichung analytisch gelöst werden. In Formel (6) stellt der Quotient aus Speicherkoeffizient und Transmissivität (S/T) die geohydraulische Zeitkonstante für gespannte Strömung dar (BALKE et al., 2000). Der Reziprokwert dieser Konstante (T/S) wird in der Literatur als hydraulische Diffusivität (*hydraulic diffusivity, aquifer diffusivity*; DE MARSILY, 1986) oder Druckleitfähigkeit bzw. piezometrische Leitfähigkeit (VOIGT & HÄFNER, 1982) bezeichnet.

Wie aus Formel (6) ersichtlich ist, gehen die hydraulischen Eigenschaften des Grundwasserleiters durch ihr Verhältnis in die Berechnung ein. Die analytische Lösung dieser Gleichung ist über die Anwendung der THEIS'schen Brunnenfunktion $W(u)$ mit $s = h_0 - h$ möglich (THEIS, 1935):

$$s(r, t) = \frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot T} \int_u^\infty \frac{e^{-u}}{u} du = \frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot T} \cdot W(u) \quad (\text{Formel 7})$$

mit

- h_0 – Ruhegrundwasserspiegel (m)

- s – Absenkung (m)
 Q – Förderrate (m³/s)

$$u = \frac{r^2 \cdot S}{4 \cdot t \cdot T} \quad (\text{Formel 8})$$

Die Annahmen bei der Herleitung von Formel (7) waren: 1.) Der Grundwasserleiter ist homogen und isotrop; 2.) Der Grundwasserleiter hat eine konstante Mächtigkeit und ist von unendlicher Ausdehnung; 3.) Der Brunnen ist vollkommen und sein Durchmesser ist vernachlässigbar klein; 4.) Der Grundwasserzustrom aus dem im Grundwasserleiter gespeichertem Wasser setzt sofort mit der Absenkung ein; 5.) Die Förderrate ist konstant und der Druckspiegel ändert sich mit der Zeit; 6.) Der Ruhedruckspiegel ist horizontal.

Die Brunnenfunktion $W(u)$ wird tabellarisch oder in Form von Standardkurven angegeben (LANGGUTH & VOIGT, 1980; KRUSEMAN & DE RIDDER, 1991).

Das Integral in Formel (7) kann auch durch eine Reihenentwicklung gelöst werden, wobei eine Näherungslösung von COOPER & JACOB (1946) bei Vernachlässigung der höheren Terme und unter Berücksichtigung der Bedingung $u < 0,01$ abgeleitet wurde und hat die Form:

$$s = \frac{2,3 \cdot Q}{4 \cdot \pi} \lg \frac{2,25 \cdot T \cdot t}{r^2 \cdot S} \quad (\text{Formel 9})$$

Bei $u < 0,01$ liegt der Fehler bei 0,25%. Wie groß der Fehler durch die Linearisierung bei größeren u -Werten ist, wird bei u.a. in ŞEN (1995) angeführt.

9.2.5.3 Zur grafischen Auswertung von Pumpversuchen

Um die oben angeführten Verfahren richtig anwenden zu können, wäre bereits im voraus erforderlich, über Modellvorstellungen des getesteten Grundwasserleiter zu verfügen. Diesbezüglich können außer den hydrogeologischen und bohrlochgeophysikalischen Ergebnissen die grafisch – halb- und/oder doppellogarithmisch – dargestellten Pumpversuchsdaten Hinweise liefern.

Die graphische Analyse der Absenkungs- und Wiederanstiegsdaten erlaubt oft weitgehende Folgerungen über den Typ des Grundwasserleiters (homogen, geschichtet, klüftig), bohrloch- und aquiferspezifische Einflüsse, wie Skin- und Brunnenspeicherungseffekt, sowie Randbedingungen, wie Barriere oder Einspeisung (VOIGT & HÄFNER, 1982; HÄFNER & VOIGT, 1982; STOBER, 1986; DVWK, 1987; KRUSEMAN & DE RIDDER, 1991). Um das Auftreten dieser Einflüsse erkennen zu können, sind während der Absenkung die Zeitperioden zu definieren, in welchen sie ihre Wirkung hauptsächlich ausüben. Am frühesten tritt die Brunnenspeicherung, darauf folgend der Skin (durch den Kontakt zwischen Brunnen und Grundwasserleiter hervorgerufene Einfluss) auf. In der späteren Phase charakterisieren

die Absenkungswerte die hydraulischen Eigenschaften des Grundwasserleiters. Letztendlich wirken sich die Randbedingungen der Grundwasserströmung aus (Abbildung 110). Natürlich können diese Effekte in Abhängigkeit von der Pumpzeit und der Ausprägtheit der Effekte in Kombination auftreten, wobei ihre Erkennung und Abgrenzung erschwert wird.

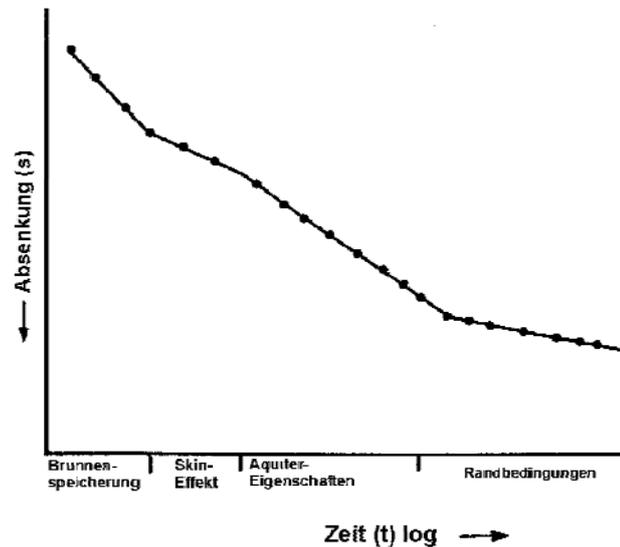
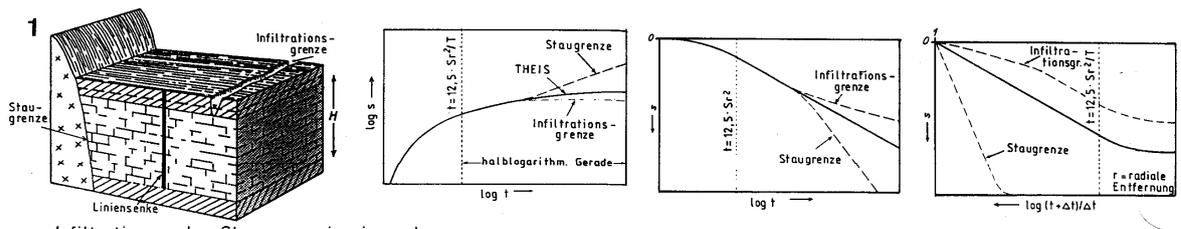
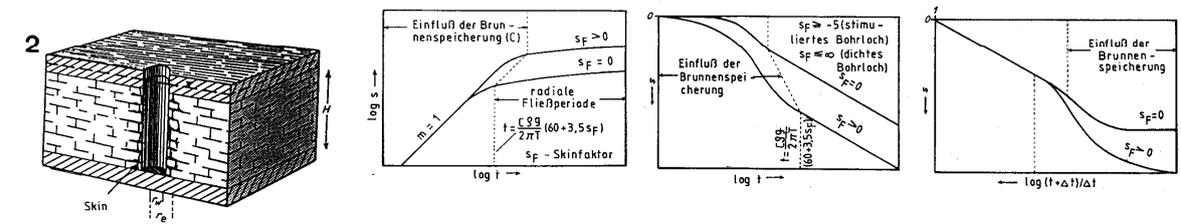


Abbildung 110: Halblogarithmische Absenkungskurve mit zeitlichem Auftreten der brunnen- und aquiferspezifischen Einflüsse (SINGHAL & GUPTA, 1999)

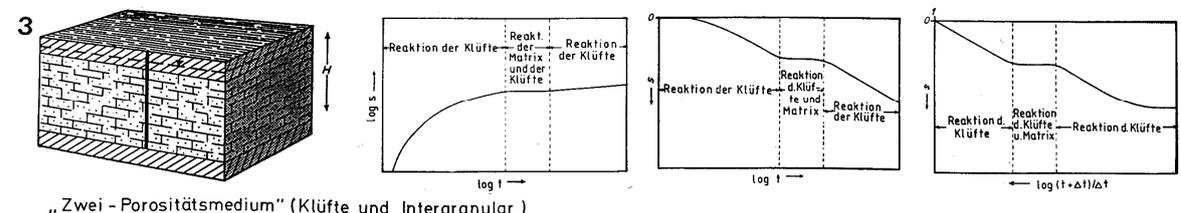
In Anlehnung an die Schemaskizzen (Zeit–Absenkung, Zeit–Wiederanstieg) von STOBER (1986) und DVWK (1987), in welchen die wichtigsten Grundwasserleitertypen, die brunnen- und aquiferspezifischen Einflüsse sowie Randbedingungen dargestellt sind (Abbildung 111), wurden die Absenkungs- und Wiederanstiegskurven der untersuchten Pumpversuche verglichen und die möglichen Einflüsse und Randbedingungen analysiert.



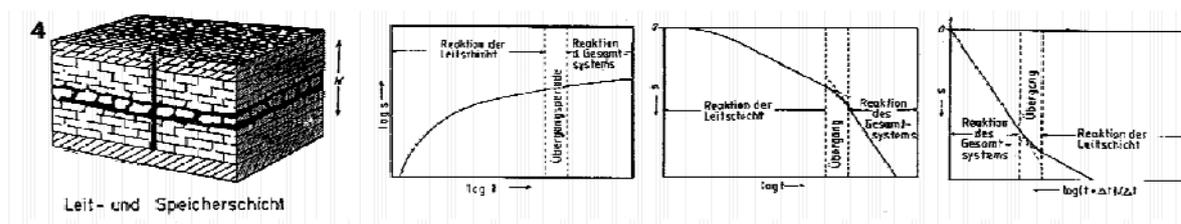
Infiltrations- oder Staugrenze in einem homogenen, isotropen Aquifer



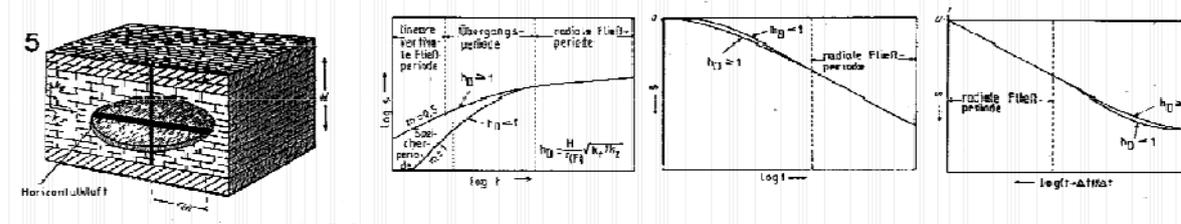
Brunnen- und Skin (= Zone veränderter Durchlässigkeit in Bohrlochnähe)



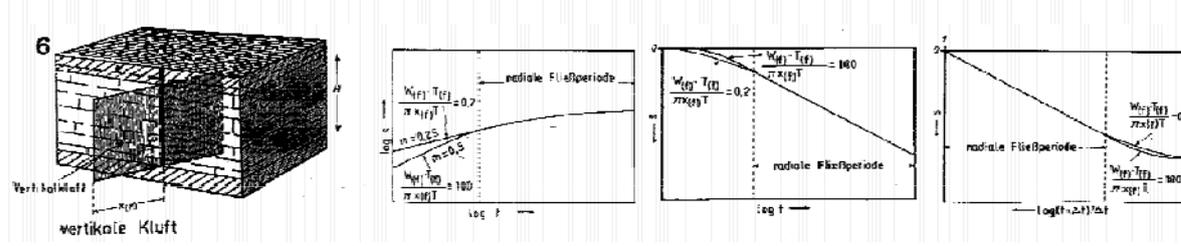
„Zwei- Porositätsmedium“ (Klüfte und Intergranular)



Leit- und Speicherschicht



horizontale „penny- shape“- Kluft



vertikale Kluft

Abbildung 111: Typische Aquifermodelle und Bohrlocheinflüsse sowie ihre Absenkungs- und Wiederanstiegskurven (DvWK, 1987)

9.2.5.4 Pumpversuchsauswertungen – Bereich Burgenland

9.2.5.4.1 Bocksdorf (WV Thermenland – Stegersbach B4) (ID 1583)

Der Pumpversuch wurde mit schwankender Fördermenge zwischen 6 und 11 l/s durchgeführt. Die Auswertung der Pumpphase nach THEIS liefert eine Transmissivität von $T = 1,45 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ und einen Speicherkoeffizienten von $S = 2,55 \cdot 10^{-7}$. Wird der gesamte Pumpversuch mit der anschließenden Aufspiegelung betrachtet und ausgewertet, ergeben sich die Werte zu $T = 1,02 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ und $S = 2,74 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ (Abbildung 112), wobei der Speicherkoeffizient in einem plausibleren Bereich zu liegen scheint. Wird schließlich die Aufspiegelung ausgewertet, errechnet sich die Transmissivität zu $T = 3,78 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ (Abbildung 113).

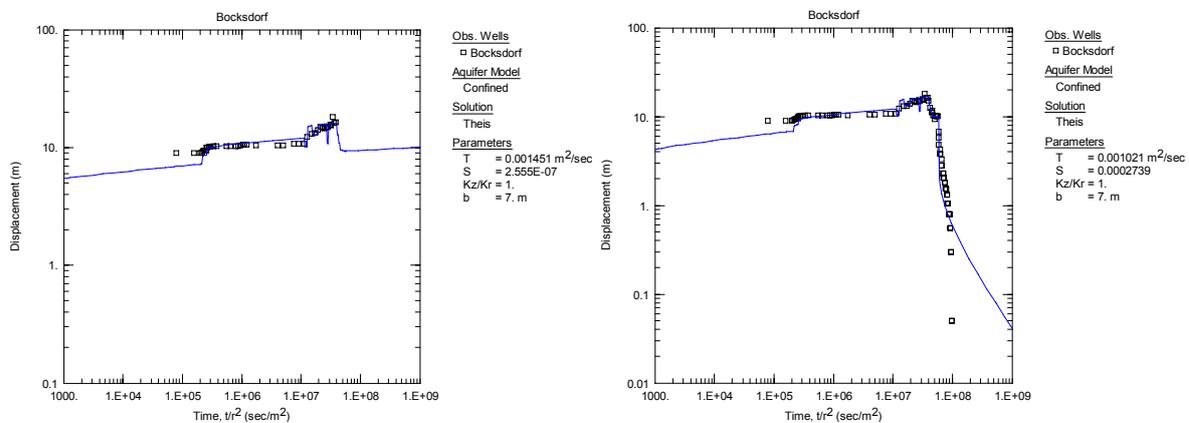


Abbildung 112: Auswertung der Absenkungskurve (links) und des Gesamtpumpversuches (rechts) nach THEIS

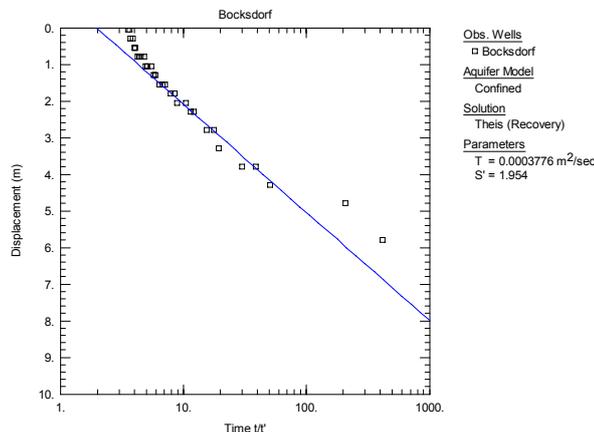


Abbildung 113: Auswertung der Aufspiegelungskurve nach THEIS

Wegen der schwankenden Fördermenge sind an der Absenkungskurve keine aquiferspezifischen Einflüsse erkennbar, die Aufspiegelungskurve deutet auf eine lateral abnehmende Transmissivität hin.

9.2.5.4.2 Gfangen (WV Südliches Burgenland 1 – Gfangen alt) (ID 1120)

Es wurde ein dreistufiger Pumpversuch (0,5 – 1,0 – 1,5 l/s) durchgeführt, wobei die Fördermenge nach der zweiten Stufe kurz auf 0 l/s zurückfiel. Die hydraulischen Eigenschaften des

Grundwasserleiters aus schluffigem Sand wurden zu $T = 2,51 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ und $S = 5,66 \cdot 10^{-3}$ ermittelt. Die gute Anpassung der Absenkungswerte an die theoretische Brunnenfunktion lässt auf einen \pm Idealaquifer schließen (Abbildung 114). Die Aufspiegelung konnte mangels Daten nicht ausgewertet werden.

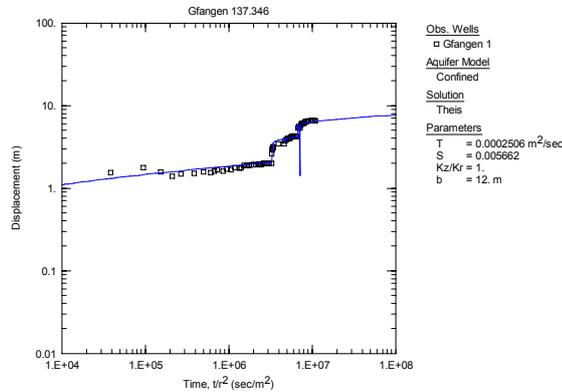


Abbildung 114: Auswertung der Absenkungskurve nach THEIS

9.2.5.4.3 Grafenschachen Bürgermeisterwiese (ID 1015)

In der Bohrung wurden drei Horizonte durch Kurzpumpversuche (in den Horizonten 2 und 3 mehrstufig) getrennt getestet. Horizont 1 (19,00 – 26,00 m) weist eine Transmissivität von $T = 6,23 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ und einen Speicherkoeffizienten von $S = 2,55 \cdot 10^{-7}$, Horizont 2 (29,00 – 42,00 m) eine Transmissivität von $T = 2,20 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ und einen Speicherkoeffizienten von $S = 2,29 \cdot 10^{-4}$ (Abbildung 115) und Horizont 3 (44,00 – 58,00 m) eine Transmissivität von $T = 9,71 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ und einen Speicherkoeffizienten von $S = 5,66 \cdot 10^{-3}$ auf (Abbildung 116). Wegen der kurzen und mehrstufigen Testdurchführung ist die grafische Auswertung der Absenkungskurven nicht möglich.

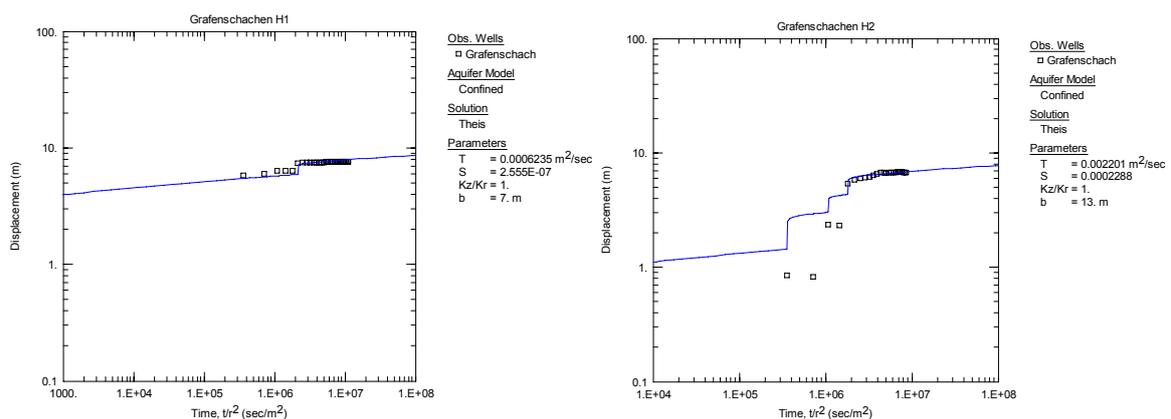


Abbildung 115: Auswertung der Absenkungskurven vom Horizont 1 (links) und vom Horizont 2 (rechts) nach THEIS

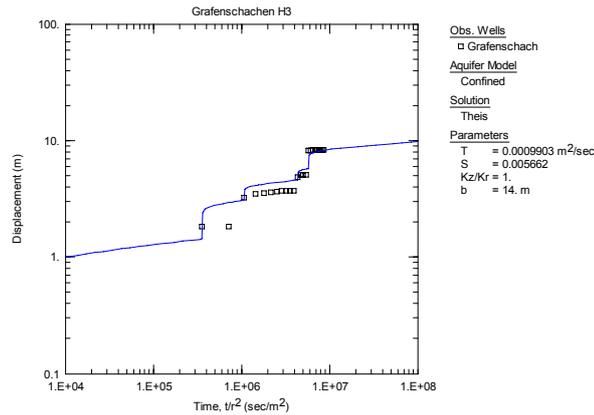


Abbildung 116: Auswertung der Absenkungskurve vom Horizont 3 nach THEIS

9.2.5.4.4 Grafenschachen Kotwiese (ID 1019)

In der Bohrung wurde ein zweistufiger Kurzpumpversuch (5 und 7 l/s) mit einem kurzem Pumpenausfall während der zweiten Stufe durchgeführt. Da der Ruhedruck vor dem Pumpversuch nicht ermittelt wurde, konnte der Speicherkoeffizient nicht exakt berechnet werden. Die errechnete Transmissivität von $T = 8,34 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ ist durch diese Tatsache jedoch unbeeinflusst (Abbildung 117). Die grafische Auswertung des Pumpversuches war nicht möglich.

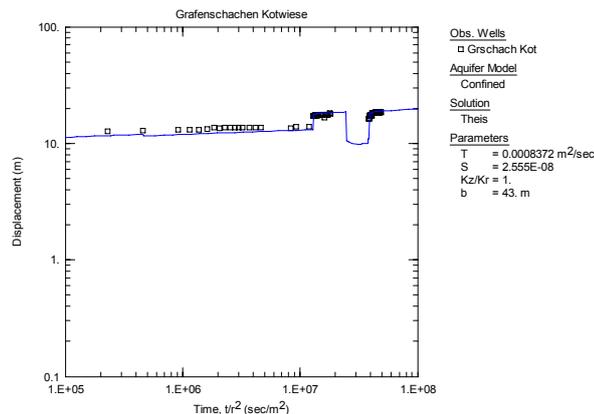


Abbildung 117: Auswertung der Absenkungskurve nach THEIS

9.2.5.4.5 Grieselstein 1 (WV Unteres Raabtal - Jennersdorf 6, ID 1935)

Die in der Bohrung erfassten zwei Horizonte wurden zusammen getestet. Die Auswertung des einstufigen Pumpversuches inklusive Aufspiegelung ergab eine Transmissivität von $T = 2,22 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ und einen Speicherkoeffizienten von $S = 1,67 \cdot 10^{-5}$ (Abbildung 118). Die separate Auswertung der Aufspiegelung ist wegen ihrer Kürze nicht möglich.

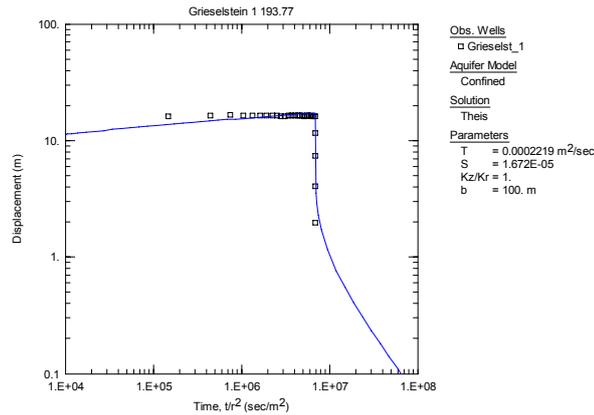


Abbildung 118: Auswertung der Absenkungs- und Aufspiegelungskurve nach THEIS

9.2.5.4.6 Grieselstein 2 (BT-GRS-004 - ID 1936)

Während des mit 1,8 l/s durchgeführten Pumpversuches stellte sich zunächst der Stationärzustand ein, dann stieg jedoch der Wasserspiegel um ca. 8 m aus unbekanntem (in den Protokollen nicht festgehaltenen) Gründen an. Wird trotz dieser Unsicherheit die instationäre Auswertung durchgeführt, kann eine Transmissivität von $T = 1,19 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ berechnet werden (Abbildung 119).

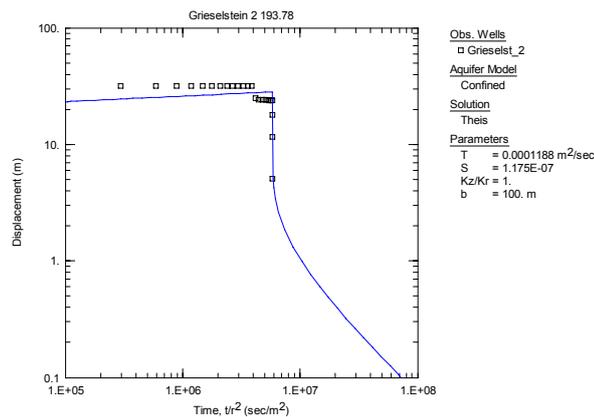


Abbildung 119: Auswertung der Absenkungskurve nach THEIS

9.2.5.4.7 Grieselstein 3 (AT-DOI-003 - ID 1939)

Durch zwei Kurzpumpversuche wurden drei Horizonte in der Bohrung getestet. Der erste Horizont wurde zwischen 17,70 – 22,30 m mit 0,5 bis 0,6 l/s getrennt und der zweite Horizont zwischen 57,00 und 70,00 m mit dem dritten Horizont zwischen 75,70 und 79,10 m mit 2,5 bis 2,6 l/s zusammen getestet. Beim Pumpversuch im ersten Horizont stellte sich der Stationärzustand ein, dessen Auswertung nach DUPUIT-THIEM eine Transmissivität von $T = 1,07 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ liefert. Die Auswertung der Aufspiegelung ergibt die gleiche Transmissivität, jedoch lässt die Aufspiegelungskurve den Skin, eine Zone verminderter Durchlässigkeit ($T = 3,48 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$) im brunnennahen Bereich erkennen (Abbildung 120).

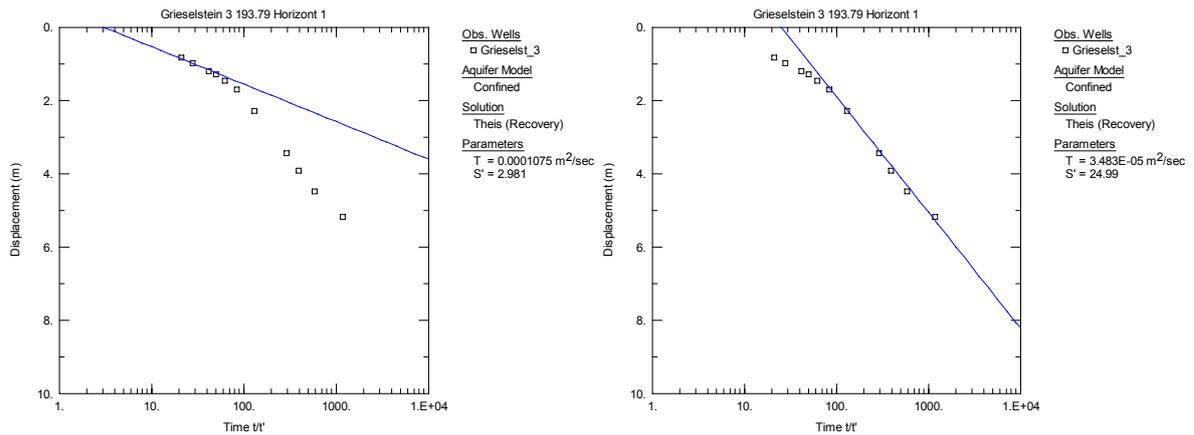


Abbildung 120: Auswertung der Aufspiegelung nach THEIS, brunnenferner Bereich, Aquifer (links) und brunnennaher Bereich, Skin (rechts)

Die gemeinsam getesteten Horizonte 2 und 3 zeigten während des Pumpversuches ein unübliches Verhalten. Nach rascher Absenkung bei 2,5 l/s stieg der Wasserspiegel um ca. 1,3 m nach Steigerung der Fördermenge auf 2,6 l/s an. Wird der stationären Auswertung die größere, ungünstigere Absenkung zugrunde gelegt, kann eine Transmissivität von $T = 2,11 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ berechnet werden. Die instationäre Auswertung der Aufspiegelung ergibt eine Transmissivität von $T = 1,53 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ und lässt ebenfalls einen ausgeprägten Skineffekt ($T = 6,18 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$) um den Brunnen erkennen (Abbildung 121).

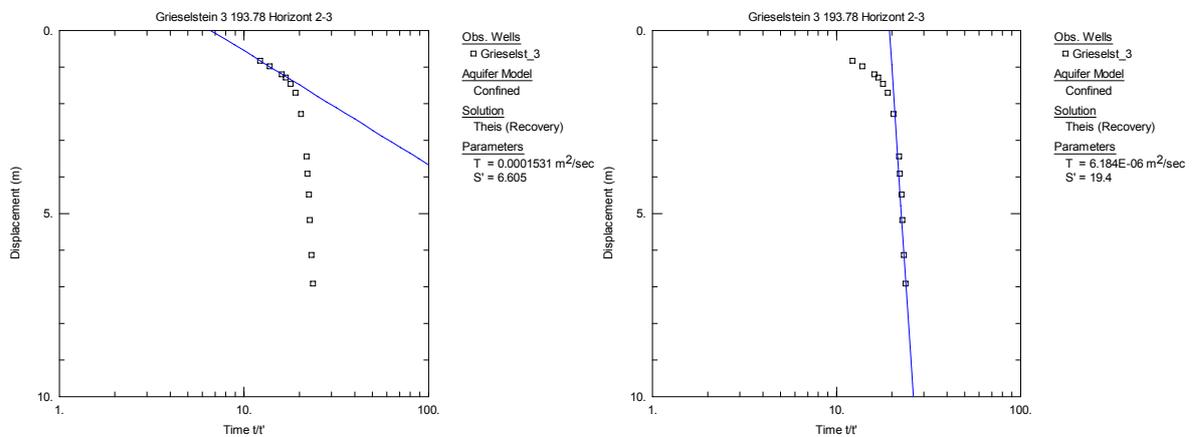


Abbildung 121: Auswertung der Aufspiegelung nach THEIS, brunnenferner Bereich, Aquifer (links) und brunnennaher Bereich, Skin (rechts)

9.2.5.4.8 Güttenbach (alt und neu) (ID 1459, ID9551)

In den beiden unmittelbar benachbarten Bohrungen AT-GÜT-01 (ID1459) und Güttenbach neu (ID9551) wurden 1982 (ID1459) und 2002 (ID9551) Pumpversuche durchgeführt. Der Pumpversuch von 1982 wurde mit einer konstanten Fördermenge von 3,64 l/s durchgeführt. Anschließend wurde auch die Aufspiegelung beobachtet. Die berechneten Transmissivitäten $T = 2,85 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ bzw. $2,05 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ weisen eine gute Übereinstimmung auf. Der Speicherkoeffizient wurde mit $S = 1,88 \cdot 10^{-2}$ errechnet (Abbildung 122).

Vom Pumpversuch 2002 (ID9551) konnte wegen der stark schwankenden Fördermenge nur die Aufspiegelung zuverlässig ausgewertet werden. Die berechnete Transmissivität beträgt $T = 2,31 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ (Abbildung 123). Die Kurven lassen auf eine lateral leicht zunehmende Transmissivität schließen.

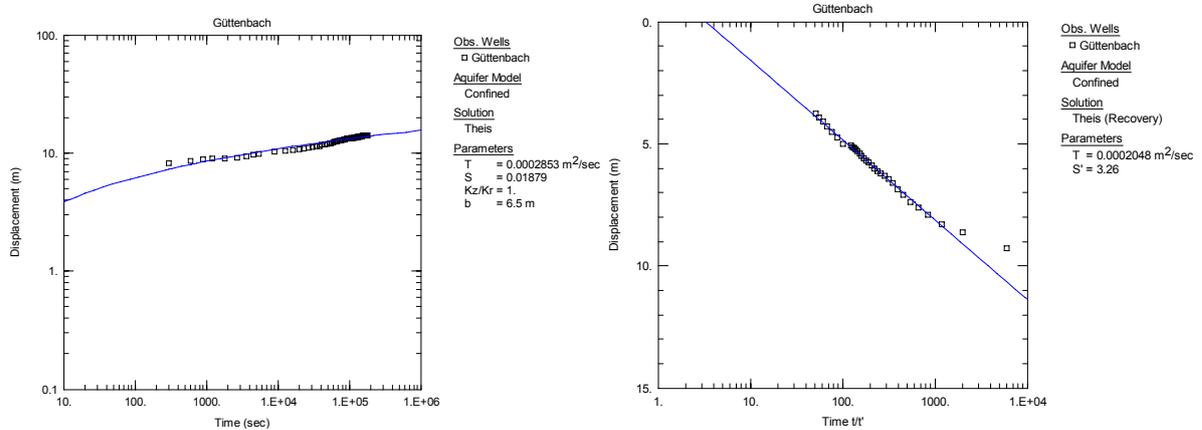


Abbildung 122: Auswertung der Absenkungs- (links) und der Aufspiegelungskurve (rechts) nach THEIS

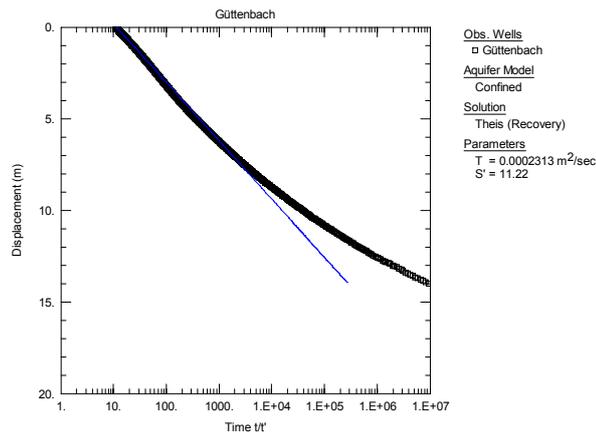


Abbildung 123: Auswertung der Aufspiegelungskurve nach THEIS

9.2.5.4.9 Hannersdorf (BO-HAN-001 - ID 1806)

In der Bohrung wurde ein dreistufiger (1 – 2 – 3 l/s) Pumpversuch ohne die Beobachtung der Aufspiegelung durchgeführt. Die Auswertung der Absenkungsphase ergab die hydraulischen Eigenschaften $T = 5,82 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ und $S = 5,66 \cdot 10^{-3}$. Aquiferspezifische Einflüsse sind an der Absenkungskurve nicht zu beobachten. (Abbildung 124). Die Tiefe der Bohrung beträgt 83 m, bezüglich der Filterstrecken liegen keine Informationen vor.

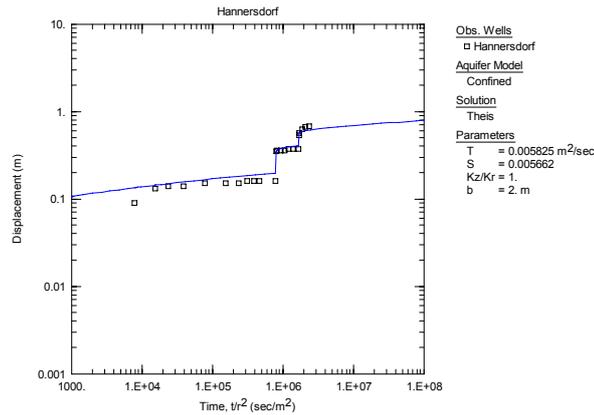


Abbildung 124: Auswertung der Absenkungskurve nach THEIS

9.2.5.4.10 Heiligenkreuz Brunnen 7 (WV Unteres Lafnitztal 7 - ID 1947)

In der Bohrung wurde ein vierstufiger (2 – 4 – 6 – 8 l/s) Pumpversuch mit mehrmaligen Pumpenausfällen und allmählichem Rückgang der Fördermenge durchgeführt. Auffallend ist die schlechte Anpassung der theoretischen Brunnenfunktion an die einzelnen Abschnitte der Pumpstufen (Abbildung 125). Trotzdem lassen sich Näherungswerte der Transmissivität mit $T = 3,819 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ und des Speicherkoeffizienten mit $S = 5,66 \cdot 10^{-3}$ berechnen.

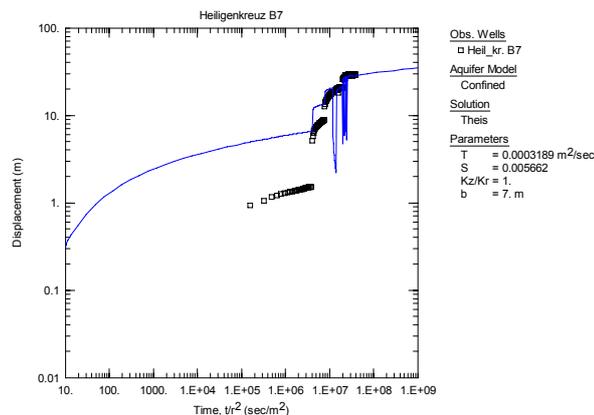


Abbildung 125: Auswertung der Aufspiegelungskurve nach THEIS

9.2.5.4.11 WV Unteres Raabtal - Kalch 4 (ID 9500)

Zur Auswertung wurde eine Aufspiegelungsperiode (31.01.-05.02.2003) des im Betrieb befindlichen Brunnens aus den Aufzeichnungen des Brunnen Monitoring Systems Burgenland ausgewählt. Die Transmissivität kann mit großer Genauigkeit infolge der langen Aufspiegelung zu $T = 1,51 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ berechnet werden. Die Aufspiegelungskurve zeigt den Einfluss der Brunnenspeicherung (Abbildung 126).

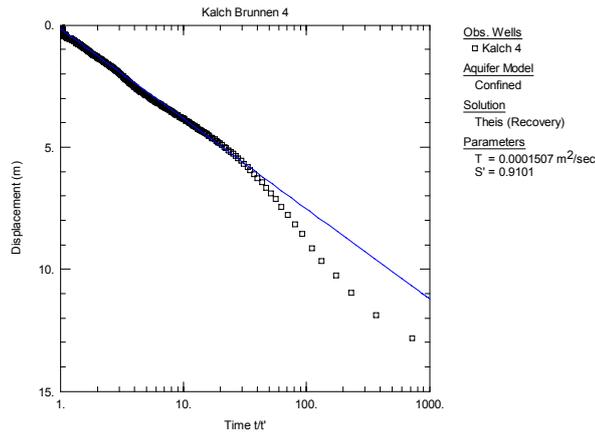


Abbildung 126: Auswertung der Aufspiegelung nach THEIS

9.2.5.4.12 Kemeten Brunnen 10 (WV Südliches Burgenland 1 – Kemeten - ID 2020)

In der Bohrung wurde ein Kurzpumpversuch mit schwankender Fördermenge, wie in Abbildung 127 dargestellt, durchgeführt. Die anschließende Aufspiegelung wurde nicht aufgezeichnet. Die Auswertung der Absenkungskurve liefert die Werte $T = 8,18 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ und $S = 8,98 \cdot 10^{-5}$.

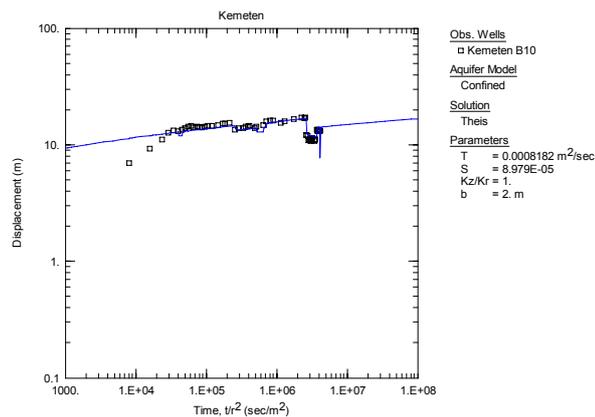


Abbildung 127: Auswertung der Absenkungskurve nach THEIS

Weiters wurden Daten aus dem Brunnen Monitoring System Burgenland für den Zeitraum 02.01.-16.05.1997 herangezogen. Die Absenkung erfolgte elf Tage lang mit der \pm konstanten Förderrate von 26,2 l/s. Dabei stellte sich eine stationäre Absenkung ein. Anschließend an die Förderphase wurde eine ungestörte Aufspiegelungsphase 123 Tage lang beobachtet. Die stationäre Auswertung der Absenkungsphase liefert eine Transmissivität von $T = 6,50 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$. Die Auswertung der Aufspiegelung ergibt eine Transmissivität von $T = 1,45 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ und lässt eine Barriere im brunnenfernen Bereich erkennen (Abbildung 128). Die niedrigere Transmissivität, die die Auswertung der Absenkungsphase ergibt, ist dadurch zu erklären, dass der Absenkungstrichter vermutlich rasch eine einseitige Barriere erreichte und sich stationäre Verhältnisse einstellten.

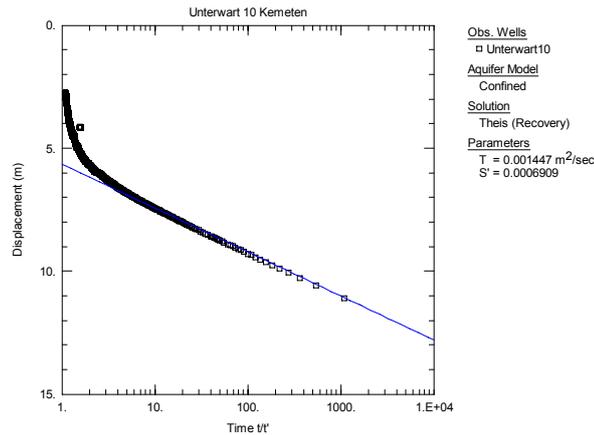


Abbildung 128: Auswertung der Aufspiegelungskurve nach THEIS

9.2.5.4.13 Litzelsdorf 1 (ID 1335)

In der Tiefbohrung wurden die erschlossenen drei Horizonte gleichzeitig durch einen einstufigen Kurzpumpversuch mit 1 l/s getestet. Trotz der in unterschiedlichen Tiefen liegenden Horizonte weist die Absenkungskurve ausgeglichene Druckverhältnisse auf, die Anpassung der theoretischen Brunnenfunktion ist sehr gut. Der Verlauf der Absenkungskurve lässt keine Randbedingungen erkennen (Abbildung 129). Berechnet wurde eine Transmissivität von $T = 2,27 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ und ein Speicherkoeffizient von $S = 2,42 \cdot 10^{-7}$.

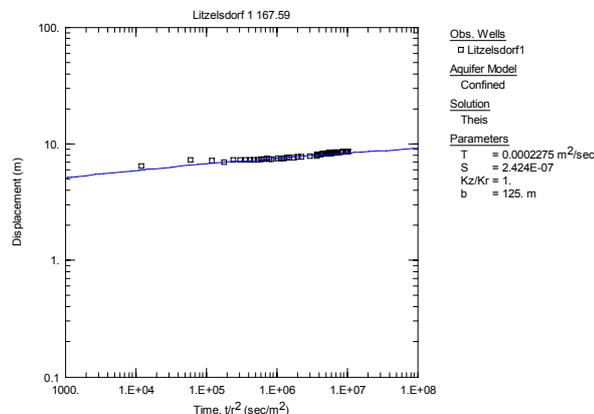


Abbildung 129: Auswertung der Absenkungskurve nach THEIS

9.2.5.4.14 Litzelsdorf Erlenwald (ID 1399)

Der Pumpversuch in dieser Bohrung wurde mit drei Förderraten (3 – 4 – 5 l/s) gefahren. Die anschließende Aufspiegelung wurde nur kurz beobachtet. Die Auswertung der dreistufigen Absenkungsphase liefert die Werte von $T = 3,23 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ und $S = 1,08 \cdot 10^{-2}$. Wird die kurze Aufspiegelung auch ausgewertet, ergibt sich eine höhere Transmissivität von $T = 9,75 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$, welche nur den brunnennahen Bereich charakterisiert und nicht den brunnenernen Aquifer erfasst, der mit zunehmender Entfernung vom Brunnen ein niedrigeres Transportvermögen hat (Abbildung 130).

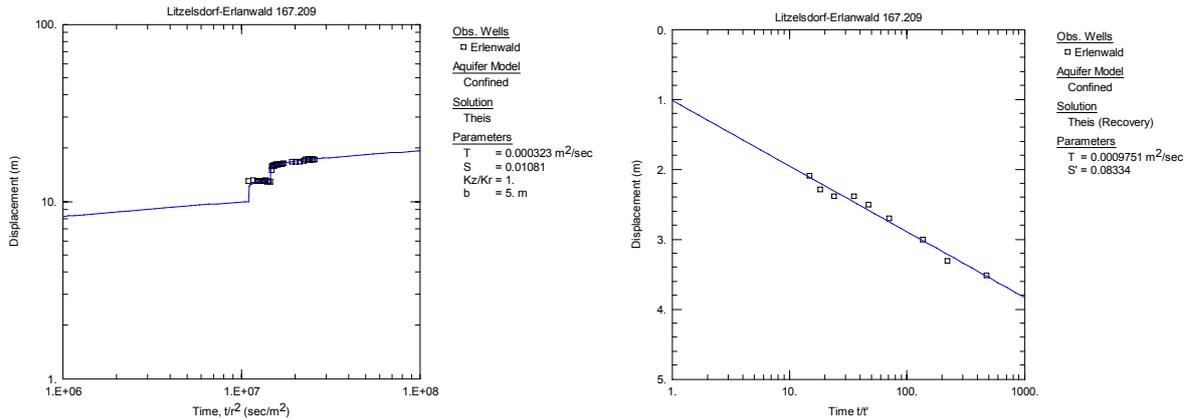


Abbildung 130: Auswertung der Absenkungs- (links) und der Aufspiegelungskurve (rechts) nach THEIS

9.2.5.4.15 Mariasdorf 1 und 2 (ID 2050, 9508)

In den Bohrungen Mariasdorf 1 und 2, die ca. 10 m voneinander entfernt liegen, wurde gleichzeitig ein Pumpversuch mit gegenseitiger Beobachtung der Absenkungen der Druckspiegel durchgeführt. Obwohl die Bohrungen unterschiedlich tief sind (Bohrung 1 - 132 m, Bohrung 2 - 21 m) und unterschiedliche Horizonte erschließen, ist die gegenseitige Beeinflussung an den Absenkungskurven eindeutig erkennbar. Der Pumpversuch wurde zu Beginn mit schwankender Förderrate (1 bis 2,2 l/s) und mit mehrmaligen Unterbrechungen gefahren. Die Auswertung erfolgte so, dass jeweils die benachbarte Bohrung als Beobachtungsbrunnen diente, jedoch gleichzeitig in der Bohrung auch die Entnahme mitberücksichtigt wurde. Wegen starker Förderschwankungen und Unterbrechungen ist nur eine überschlägige Auswertung möglich. Somit ergeben sich für den Horizont in der Bohrung 1 die Werte von $T = 8,50 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ und $S = 4,70 \cdot 10^{-2}$ und für den Horizont in der Bohrung 2 die Werte von $T = 4,62 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ und $S = 5,66 \cdot 10^{-7}$, wobei die Werte der Speicherkoeffizienten als nicht plausibel zu betrachten sind (Abbildung 131).

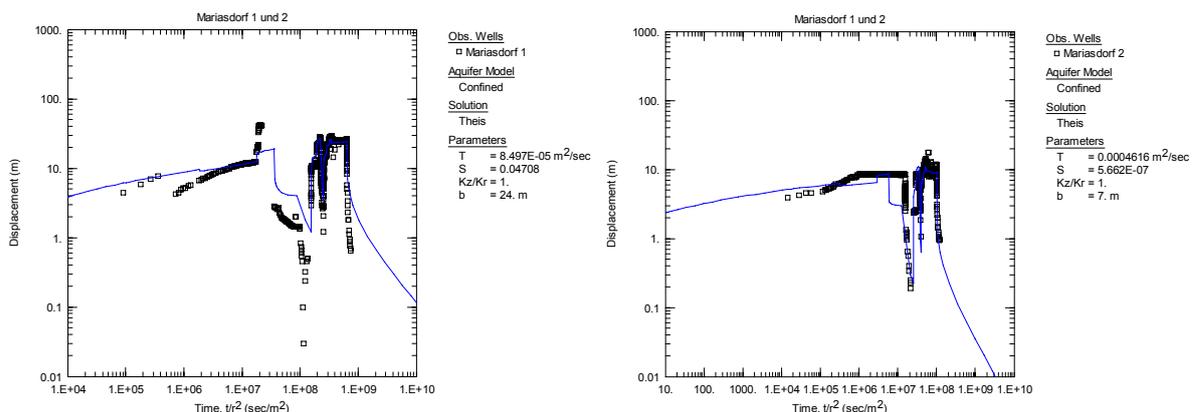


Abbildung 131: Auswertung des Gesamtpumpversuches nach THEIS, Beobachtungsbrunnen Mariasdorf 1 (links) und Beobachtungsbrunnen Mariasdorf 2 (rechts)

9.2.5.4.16 Mooswald (ID 1458)

In der Bohrung wurde ein vierstufiger (1 – 2,1 – 4,6 – 9,8 l/s) Pumpversuch gefahren. Es konnte sowohl die Absenkungs- als auch die Aufspiegelungsphase ausgewertet werden. Die Auswertung der Absenkung ist durch eine gute Anpassung charakterisiert und liefert die Werte von $T = 1,44 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ und $S = 1,25 \cdot 10^{-2}$. Die Aufspiegelung wurde lang genug beobachtet und liefert einen zuverlässigeren Wert für den brunnenfernen Bereich mit $T = 8,19 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ (Abbildung 132).

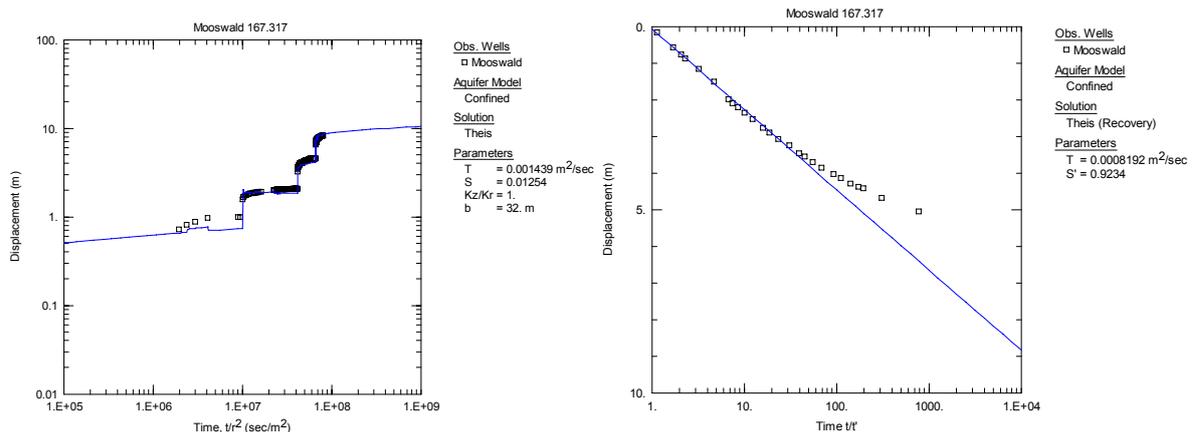


Abbildung 132: Auswertung der Absenkungs- (links) und der Aufspiegelungskurve (re.) nach THEIS

9.2.5.4.17 Nadasch 9 (ID 1043)

Der Pumpversuch in der Bohrung wurde in fünf Stufen (3,1 – 5 – 8 – 12,4 – 20,5 l/s) gefahren. Die Auswertungen liefern gut übereinstimmende Ergebnisse. Die Auswertung der Absenkung ergibt die hydraulischen Eigenschaften von $T = 6,42 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ und $S = 1,02 \cdot 10^{-5}$. Die Auswertung der Aufspiegelung liefert den Wert von $T = 6,92 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$. In der Spätphase der Aufspiegelung kann eine Barriere des Aquifers erkannt werden (Abbildung 133).

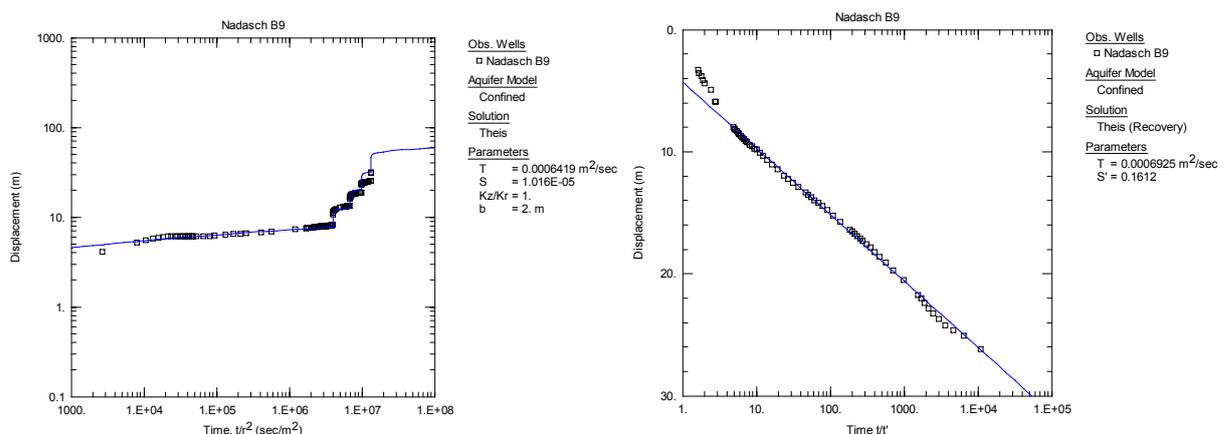


Abbildung 133: Auswertung der Absenkungs- (links) und der Aufspiegelungskurve (rechts) nach THEIS

9.2.5.4.18 Oberschützen (Brunnen Hopfau WV BT-O-M) (ID 1123)

In der Bohrung wurde ein zweistufiger (3,1 – 5,8 l/s) Pumpversuch, der von häufigen Pumpausfällen geprägt war, durchgeführt. Dies erschwert die exakte Ermittlung der hydraulischen Eigenschaften. Die Auswertung liefert somit nur Näherungswerte mit $T = 2,66 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ und $S = 5,66 \cdot 10^{-3}$ (Abbildung 134).

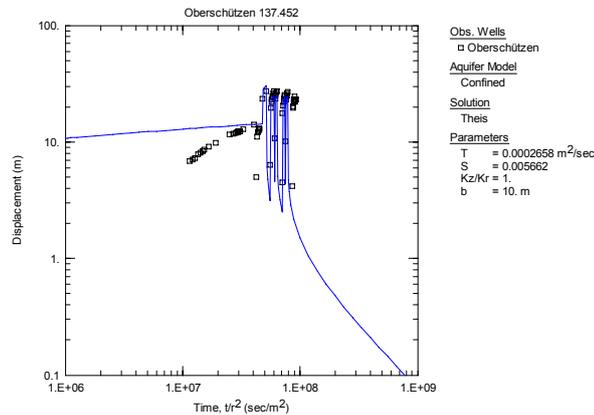


Abbildung 134: Auswertung der Absenkungskurve nach THEIS mit mehrmaligen Pumpausfällen

9.2.5.4.19 Brunnen Gortan - WV Südliches Burgenland 1 (ID 2042)

Der Pumpversuch wurde in 7 (5 – 7,6 – 11,3 – 14,6 – 18,5 – 21,8 – 26,8 l/s) Förderstufen durchgeführt. Die schlechte Anpassung der theoretischen Brunnenfunktion (Abbildung 135) ermöglicht nur die Ermittlung von Näherungswerten. Demnach ergibt $T = 2,50 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ und $S = 8,08 \cdot 10^{-3}$.

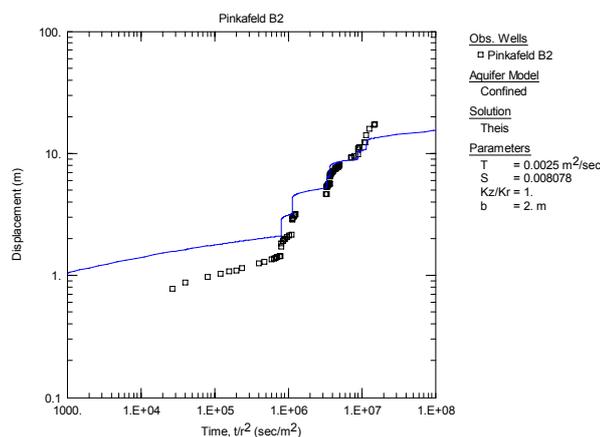


Abbildung 135: Auswertung der Absenkungskurve nach THEIS

9.2.5.4.20 Stögersbach 6 = WV Stögersbachtal Br. 6 (ID 2030)

Während des Pumpversuches nahm die Förderrate allmählich von 2,8 auf 2,39 l/s ab. Die Auswertung wurde sowohl nach dem Verfahren von THEIS als auch nach jenem von PAPADOPULOS & COOPER durchgeführt, weil sich in der Anfangsphase die Brunnenspeicherung erkennen lässt. Dadurch können

die Transmissivität mit $T = 5,56 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ und der Speicherkoeffizient mit $S = 9,53 \cdot 10^{-2}$ etwas präziser berechnet werden (Abbildung 136), wobei der letztere Wert immer noch zu hoch zu betrachten ist.

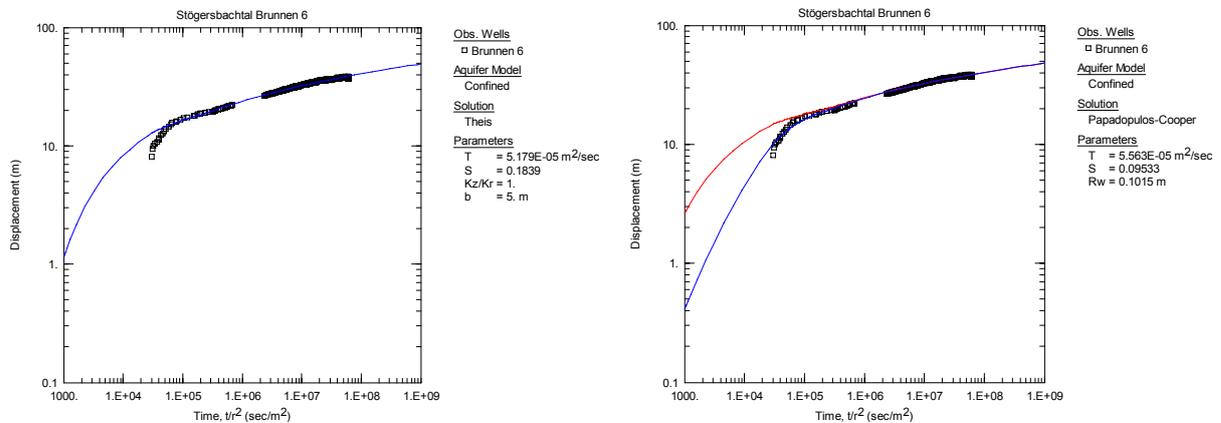


Abbildung 136: Auswertung der Absenkungskurve nach THEIS (links) und nach PAPADOPULOS & COOPER, Brunnenspeicherung (rechts)

9.2.5.4.21 Unterwart 1, 2, 3, 4 (ID 1056, 1057, 1058, 1059)

In den Brunnen Unterwart 1, 2, 3 und 4 (WV Südliches Burgenland 1) wurde ein Dauerpumpversuch durchgeführt, wobei in allen vier Bohrungen mit unterschiedlichen Förderraten gepumpt wurde und gleichzeitig in allen vier die Druckspiegel beobachtet wurden. Unter Anwendung des Superpositionsprinzips wurden die vier Bohrungen als Entnahme- und zugleich Beobachtungsbrunnen ausgewertet. Die Auswertung wird dadurch erschwert, dass die Entnahmen immer wieder unterbrochen wurden.

Die starke Abweichung zwischen den Messdaten und den theoretischen Brunnenfunktionen, besonders bei den Bohrungen Unterwart 1 und Unterwart 3, weist darauf hin, dass die direkte hydraulische Verbindung zwischen den Aquiferen vermutlich nicht vollkommen gegeben ist. Die Transmissivität des Grundwasserfeldes liegt im Bereich zwischen $T = 1,20 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ und $T = 6,65 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$. Die Speicherkoeffizienten variieren durch die Unsicherheiten der Auswertung stärker, ein plausibler Bereich kann mit $S = 2,02 \cdot 10^{-3}$ bis $5,66 \cdot 10^{-3}$ angegeben werden (Abbildung 137 und Abbildung 138).

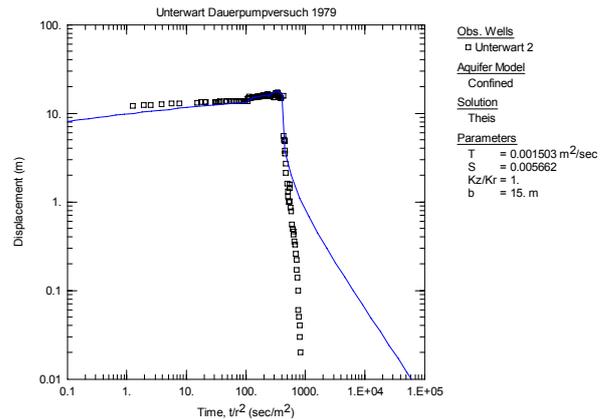
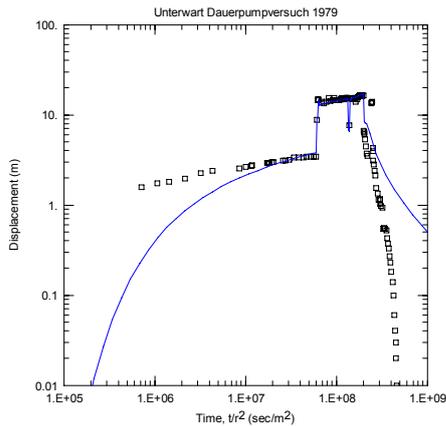


Abbildung 137: Auswertung des Dauerpumpversuches, Unterwart 1 (links) und Unterwart 2 (rechts)

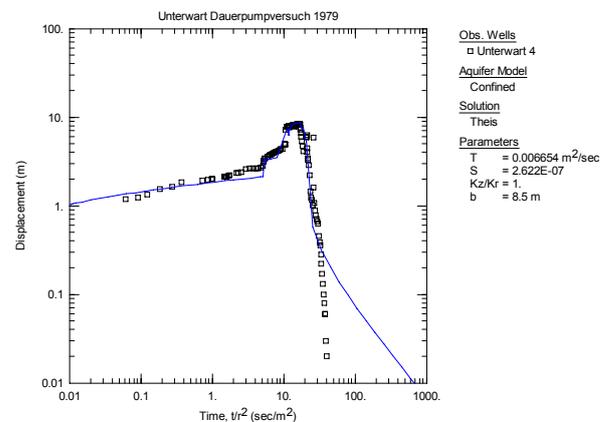
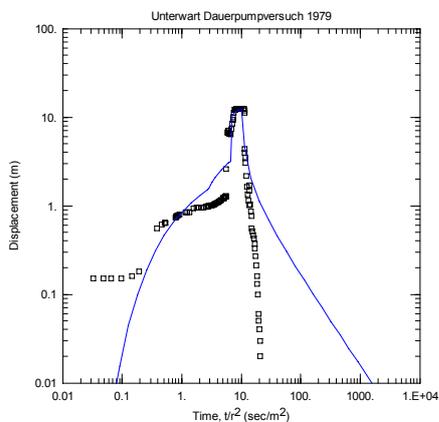


Abbildung 138: Auswertung des Dauerpumpversuches, Unterwart 3 (links) und Unterwart 4 (rechts)

9.2.5.4.22 Unterwart 4a = WV Südl. Bgld.1 - Br. 4a (ID 2036)

Die Datenbasis für die Pumpversuchsauswertung entstammt dem Brunnen Monitoring System Burgenland (Zeitraum 20.11.-26.11.2001). Die Absenkung erfolgte in neun Stunden in vier unterschiedlichen Förderraten (3,76 – 2,98 – 3,75 – 4,02 l/s) mit einer kurzen Unterbrechung der Förderung. An den anschließenden sechs Tagen wurde kein Wasser gefördert. Daher konnte eine lange und vollkommene Aufspiegelung beobachtet werden. Die Auswertung der Absenkungsphase ergibt eine Transmissivität von $T = 4,08 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ und einen Speicherkoeffizienten von $S = 3,20 \cdot 10^{-6}$. Die Auswertung der Aufspiegelung unter Berücksichtigung des Skineffektes bestätigt die oben errechnete Transmissivität mit $T = 4,02 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ (Abbildung 139).

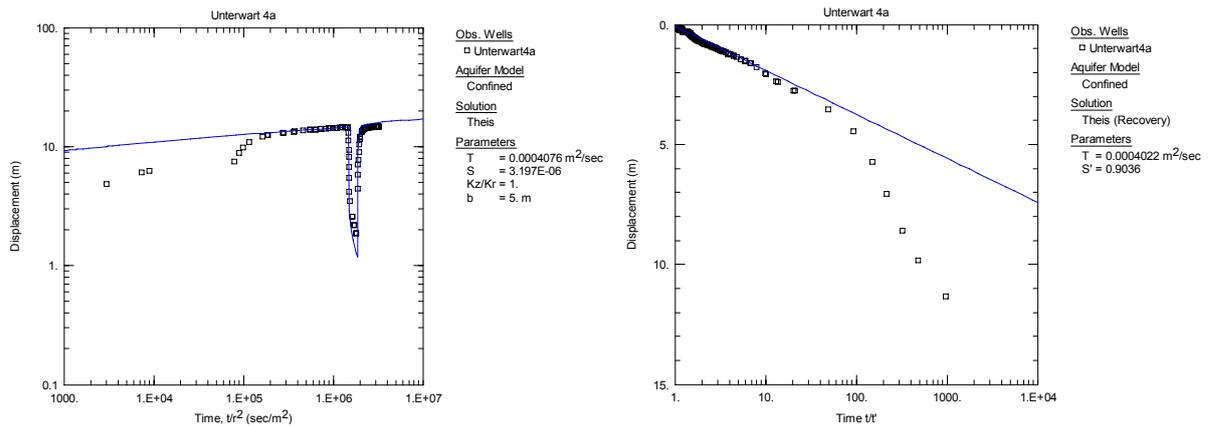


Abbildung 139: Auswertung der Absenkungs- (links) und der Aufspiegelungskurve (rechts) nach THEIS

9.2.5.4.23 Unterwart 7 = WV Südl. Bgld.1 - Br. 7 (ID 1238)

Die ausgewerteten Daten wurden aus dem Brunnen Monitoring System Burgenland für den Zeitraum 04.04.-09.04.1995 übernommen. Die Absenkung erfolgte in fünf Stunden mit der Förderrate von 26,3 l/s. Während der Aufspiegelungsphase wurden für wenige Minuten vernachlässigbare Fördermengen (0,1 l/s) gepumpt. Nach Auswertung der Absenkungsphase errechnet sich eine Transmissivität von $T = 2,66 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ und ein Speicherkoeffizient von $S = 3,79 \cdot 10^{-5}$. Die Auswertung der Aufspiegelung unter Berücksichtigung des Skineffektes liefert eine etwas höhere Transmissivität von $T = 5,74 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ (Abbildung 140).

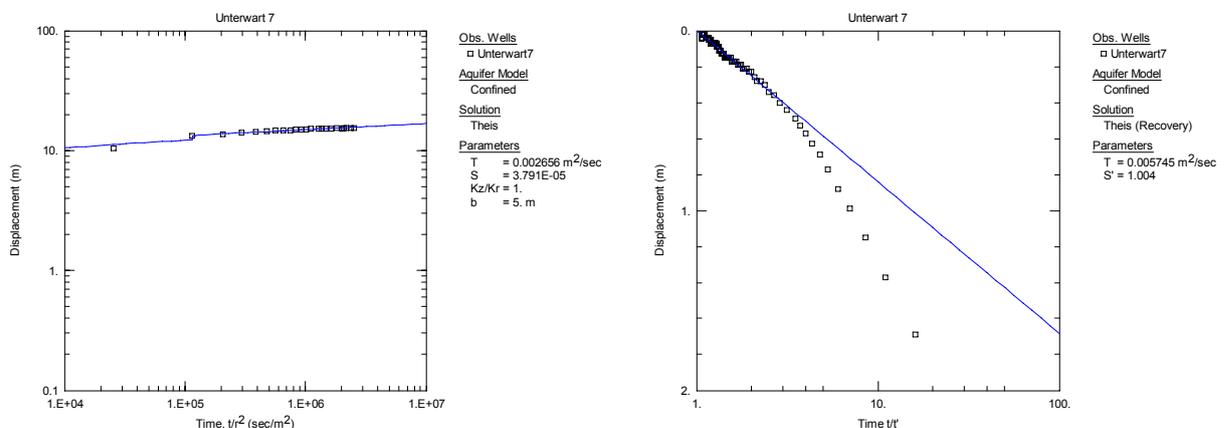


Abbildung 140: Auswertung der Absenkungs- (links) und der Aufspiegelungskurve (rechts) nach THEIS

9.2.5.4.24 Unterwart 8 = WV Südl. Bgld.1 - Br. 8 (ID 2039)

Die ausgewerteten Daten wurden aus dem Datenbestand des Brunnen Monitoring Systems Burgenland (Zeitraum 15.12.-26.12.2001) entnommen. Die Absenkungsphase erfolgte in 3,5 Stunden in zwei Förderstufen mit 4,72 und 5,0 l/s. Die Aufspiegelungsphase dauerte elf Tage und konnte ungestört beobachtet werden. Die Auswirkungen eines schwachen Skineffektes sind sowohl an der Absenkungs- als auch der Aufspiegelungskurve erkennbar (Abbildung 141). Die Auswertung der

Absenkungsphase ergibt eine Transmissivität von $T = 4,06 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ und einen Speicherkoeffizienten von $S = 5,80 \cdot 10^{-3}$. Die Auswertung der Aufspiegelung unter Berücksichtigung des Skineffektes ergibt eine niedrigere Transmissivität von $T = 2,75 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$.

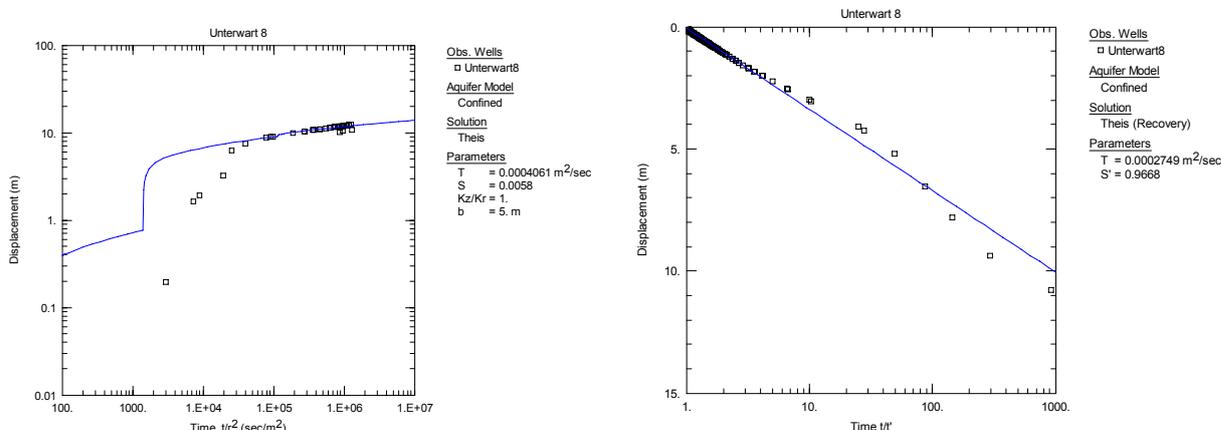


Abbildung 141: Auswertung der Absenkungs- (links) und der Aufspiegelungskurve (rechts) nach THEIS

9.2.5.4.25 Unterwart 9a = WV Südl. Bgld.1 - Nad. 9a (ID 1041)

Die ausgewerteten Daten wurden aus dem Brunnen Monitoring System Burgenland für den Zeitraum 15.05.-27.05.2000 übernommen. Die Absenkung erfolgte nach der anfänglichen Fördermenge von 5,5 l/s mit einer von 11,0 auf 9,9 l/s allmählich abnehmenden Förderrate. Eine ungestörte Aufspiegelungsphase anschließend an die Förderphase konnte nicht beobachtet werden. Die Auswertung der Absenkungsphase liefert eine Transmissivität von $T = 6,50 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ und einen Speicherkoeffizienten von $S = 6,20 \cdot 10^{-3}$ (Abbildung 142).

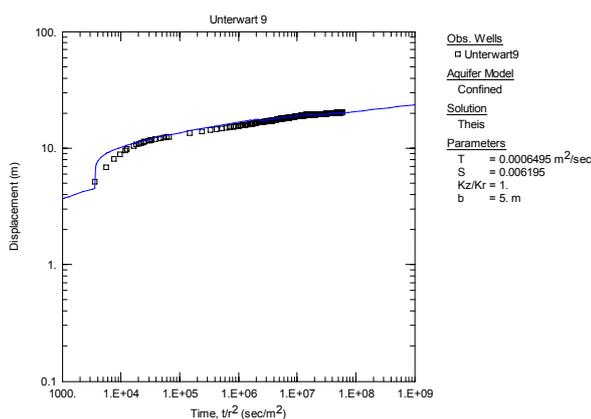


Abbildung 142: Auswertung der Absenkungskurve nach THEIS

9.2.5.4.26 Wiesfleck (ID 1118)

In dieser Bohrung wurde ein Kurzpumpversuch mit sehr wenigen Beobachtungsdaten durchgeführt. Die Förderrate bewegte sich zwischen 1 und 2 l/s, im Durchschnitt mit 1,36 l/s. Die hydraulischen

Eigenschaften des Aquifers lassen sich mit den Werten $T = 2,55 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ und $S = 5,67 \cdot 10^{-3}$ anschätzen (Abbildung 143).

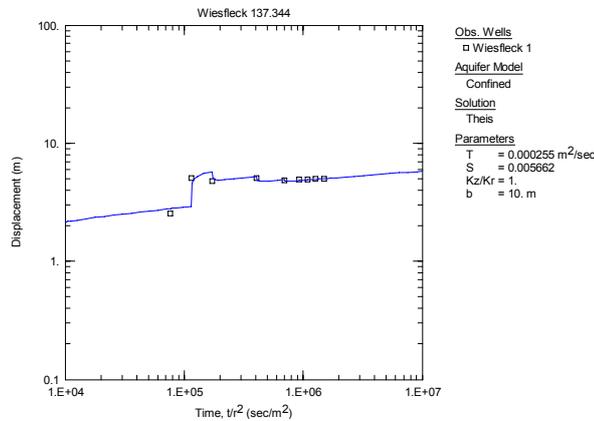


Abbildung 143: Auswertung der Absenkungskurve nach THEIS

9.2.5.5 Pumpversuchsauswertungen Steiermark

9.2.5.5.1 Blaindorf – Pötzmühle (ID 6070101)

In der Bohrung wurde ein zweistufiger (1,6 – 2,5 l/s) Pumpversuch mit leicht schwankender Förderrate in der ersten Stufe durchgeführt. Die Absenkungskurve zeigt eine Zunahme der Transmissivität mit der Entfernung von der Bohrung. Dies kann mit einer Staugrenze in der Nähe der Bohrung in Verbindung gebracht werden. Die den bohrungsnahen Aquifer charakterisierende Anfangsphase des Pumpversuches lässt eine Transmissivität von $T = 4,26 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ und einen Speicherkoeffizienten von $S = 4,39 \cdot 10^{-3}$ errechnen. Aufgrund der relativ kurz beobachteten Aufspiegelung kann etwa die gleiche Transmissivität mit $T = 6,77 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ ermittelt werden. Die lateralen Transmissivitätsänderungen im Bereich der Bohrungen kommen aufgrund der Kürze der Aufspiegelungsphase nicht wie im Rahmen der Absenkungsphase zum Ausdruck (Abbildung 144).

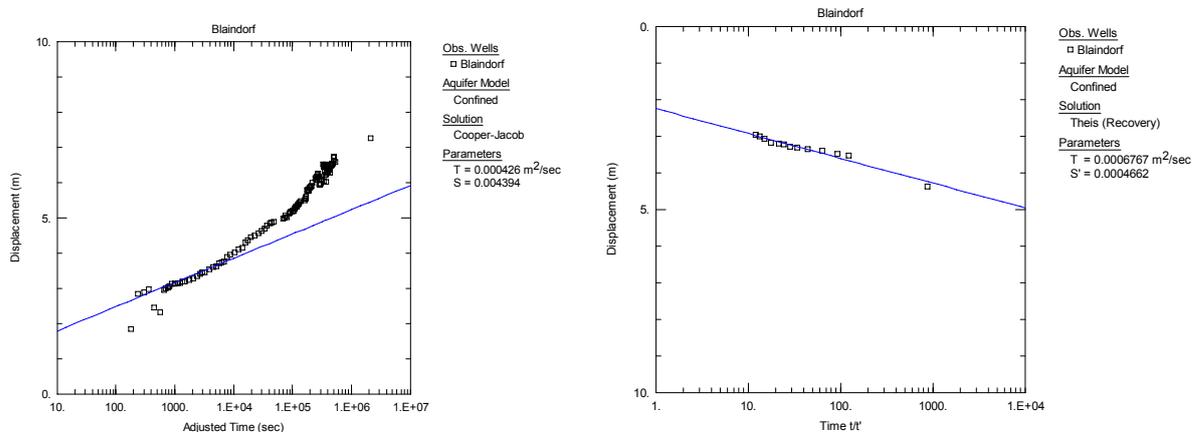


Abbildung 144: Auswertung der Absenkungskurve (links) nach COOPER & JACOB und der Wiederanstiegskurve (rechts) nach THEIS

9.2.5.5.2 Buch Geiseldorf (ID 6070203)

Die zwei in der Bohrung erschlossenen Horizonte weisen die Eigenschaften eines Idealaquifers auf. Aquifergrenzen oder Änderungen der Aquifereigenschaften (Barrieren, Wechsel der Transmissivität im durch die Pumpversuche erfassten Bereich) sind nicht erkennbar. Die hydraulischen Eigenschaften des Aquifers wurden mit $T = 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ und $S = 9,5 \cdot 10^{-5}$ errechnet (Abbildung 145).

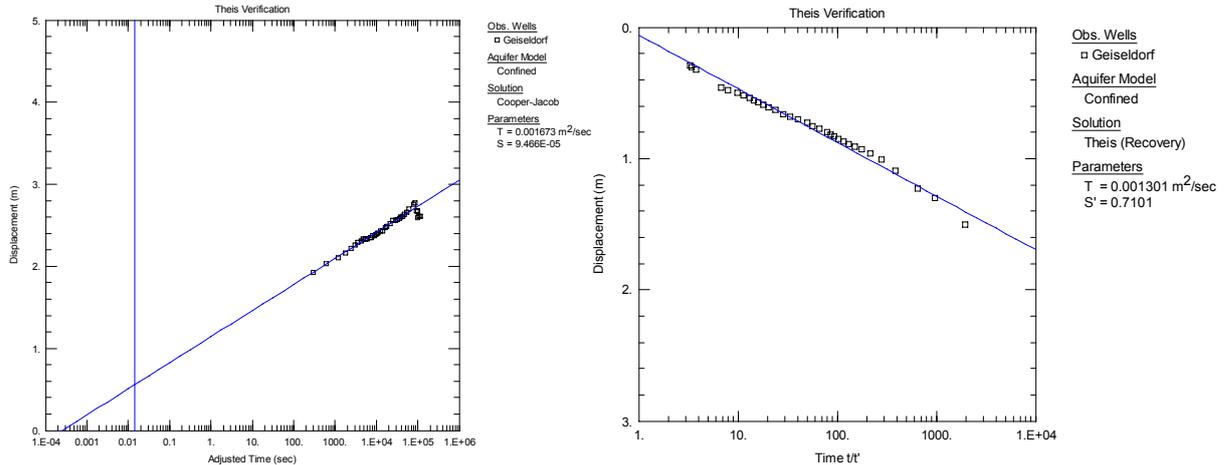


Abbildung 145: Auswertung der Absenkungskurve (links) nach COOPER & JACOB und der Wiederanstiegskurve (rechts) nach THEIS

9.2.5.5.3 Burgau 3 (ID 6050304)

Die Bohrung wurde beim Pumpversuch von 1990 in zwei Stufen mit 2 und 3 l/s getestet. In beiden Förderstufen ist eine plötzliche Zunahme der Absenkung zu beobachten. Der markante Knick an der Absenkungskurve ist ein Hinweis auf eine Barriere relativ nahe zur Bohrung (Abbildung 146). Für den Aquifer (brunnennaher Bereich) kann eine Transmissivität $T = 2,65 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ und $S = 3,14 \cdot 10^{-7}$ berechnet werden.

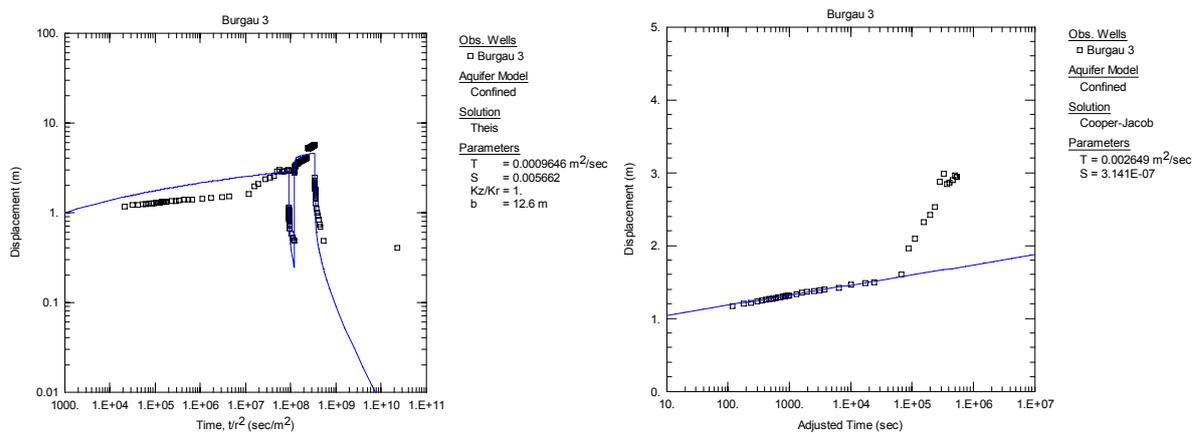


Abbildung 146: Auswertung des Gesamtpumpversuches nach THEIS (links) und der Absenkungskurve der ersten Förderstufe nach COOPER & JACOB (rechts)

Werden die Aufspiegelungsphasen nach beiden Förderstufen ausgewertet, können sehr gut übereinstimmende Transmissivitäten mit $T = 1,72 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ und $T = 1,63 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ berechnet werden (Abbildung 147).

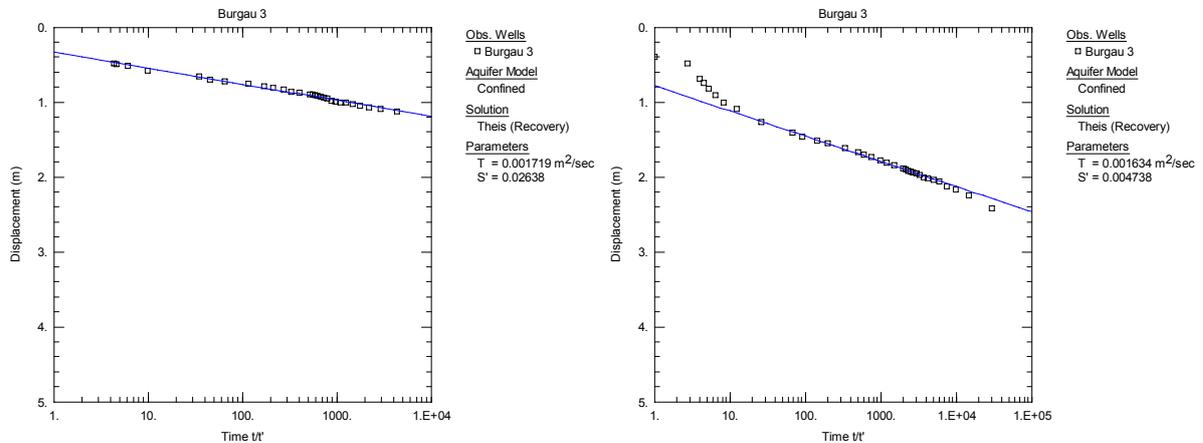


Abbildung 147: Auswertung der Wiederanstiegskurven nach THEIS, nach der ersten (links) und der zweiten Förderstufe (rechts)

Die Ergebnisse des Pumpversuches 1995 bestätigen die oben angeführten Werte, der Speicherkoeffizient kann allerdings mit $S = 1,44 \cdot 10^{-4}$ präzisiert werden.

9.2.5.5.4 Dombachtal 2 (ID 6070206)

Der Pumpversuch wurde mit der konstanten Förderrate von 2,1 l/s durchgeführt. Das Verhalten des Aquifers lässt keine Grenzeffekte etc. erkennen. Der Aquifer entspricht nahezu den Bedingungen eines Idealaquifers. Die Transmissivität kann mit $T = 8,47 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ und $T = 6,32 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ berechnet werden, der Speicherkoeffizient ergibt sich zu $S = 2,71 \cdot 10^{-3}$ (Abbildung 148).

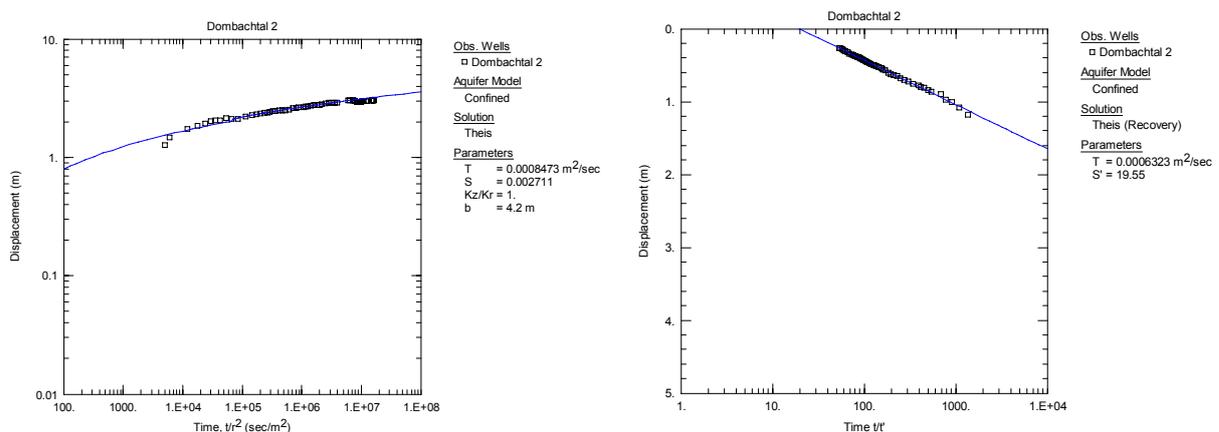


Abbildung 148: Auswertung der Absenkungskurve (links) und der Wiederanstiegskurve (rechts) nach THEIS

9.2.5.5.5 Dombachtal 3 (ID 6070204)

Der Pumpversuch wurde mit einer konstanten Förderrate von 1 l/s durchgeführt. An der Absenkungskurve kann der Einfluss einer Staugrenze erkannt werden. Wegen der Kürze der Aufspiegelung kann diese an der Aufspiegelungskurve nicht beobachtet werden. Beide Pumpversuchsphasen liefern jedoch praktisch die gleiche Transmissivität mit $T = 1,88 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ und $T = 1,84 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$, während sich der Speicherkoeffizient (vermutlich zu hoch) mit $S = 4,45 \cdot 10^{-2}$ errechnen lässt (Abbildung 149).

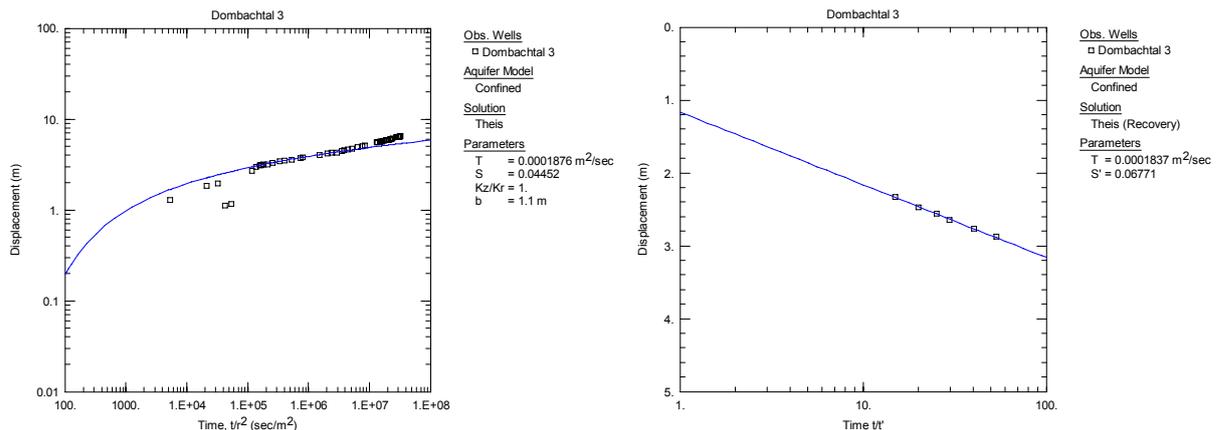


Abbildung 149: Auswertung der Absenkungskurve (links) und der Wiederanstiegskurve (rechts) nach THEIS

9.2.5.5.6 Ebersdorf 2 (ID 6070503)

Der Pumpversuch wurde mit schwankender Förderrate zwischen 2 und 3 l/s durchgeführt. Trotzdem wurde eine gute Anpassung der Daten an die theoretische Brunnenfunktion erzielt. Die Aufspiegelung wurde nicht beobachtet. Aquiferspezifische Einflüsse sind an der Absenkungskurve nicht erkennbar. Die Auswertung ergibt eine Transmissivität von $T = 2,64 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ und einen Speicherkoeffizienten von $S = 1,64 \cdot 10^{-5}$ (Abbildung 150).

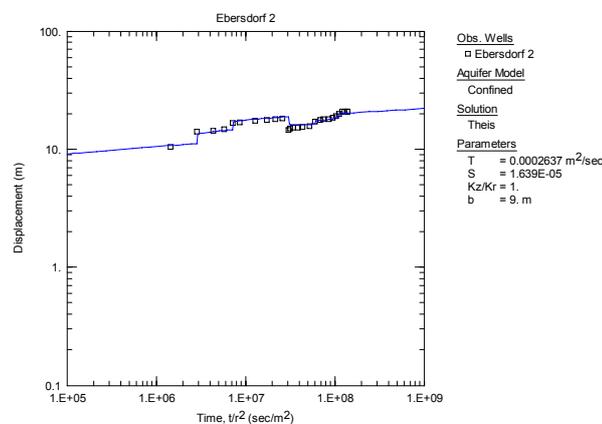


Abbildung 150: Auswertung der Absenkungskurve nach THEIS

9.2.5.5.7 Ebersdorf 3 (ID 6070504)

In der Bohrung wurde ein Pumpversuch mit konstanter Fördermenge von 3 l/s durchgeführt. Die Aufspiegelung wurde nicht aufgezeichnet. An der Absenkungskurve sind leichte Unregelmäßigkeiten jedoch keine aquiferspezifischen Einflüsse zu beobachten. Die hydraulischen Eigenschaften des Aquifers können mit $T = 3,69 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ und $S = 5,67 \cdot 10^{-3}$ angegeben werden (Abbildung 151).

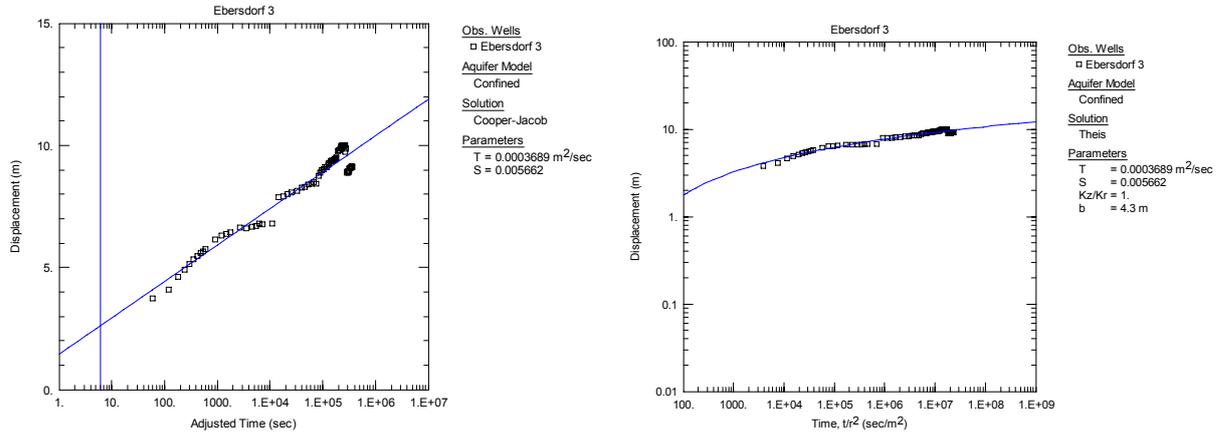


Abbildung 151: Auswertung der Absenkungskurve nach COOPER & JACOB (links) und nach THEIS (rechts)

9.2.5.5.8 Eggersdorf (ID 6071002)

Der Pumpversuch in der Bohrung wurde einstufig mit der Förderrate von 1 l/s durchgeführt. Unter Vernachlässigung der ersten drei Punkte (Hinweis auf nicht ausgeprägten Brunneneffekt) sowohl der Absenkung als auch der Aufspiegelung wurden gut übereinstimmende Werte der Transmissivität mit $T = 2,34 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ und $T = 2,19 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ ermittelt. Der Speicherkoeffizient wurde mit $S = 6,34 \cdot 10^{-5}$ berechnet (Abbildung 152).

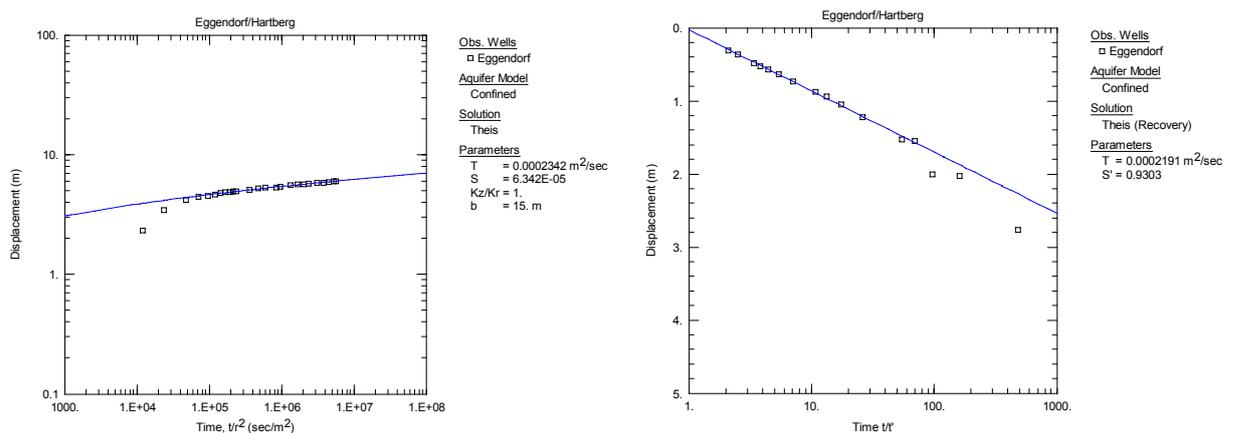


Abbildung 152: Auswertung der Absenkungskurve (links) und der Wiederanstiegskurve (rechts) nach THEIS

9.2.5.5.9 Eichkögel (ID 6040903)

Der Pumpversuch in der Bohrung wurde mit der konstanten Förderrate von 3 l/s durchgeführt. Die Absenkung und die Aufspiegelungskurve widerspiegeln das Verhalten eines Idealaquifers. Die leichte Abweichung der Kurven in den Spätphasen könnte auf eine entfernt gelegene Barriere hinweisen. Die Auswertung der Absenkungskurve führte zu den Ergebnissen: $T = 3,41 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ und $S = 9,88 \cdot 10^{-5}$. Die Auswertung der Aufspiegelung ergibt eine Transmissivität von $T = 2,60 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ (Abbildung 153).

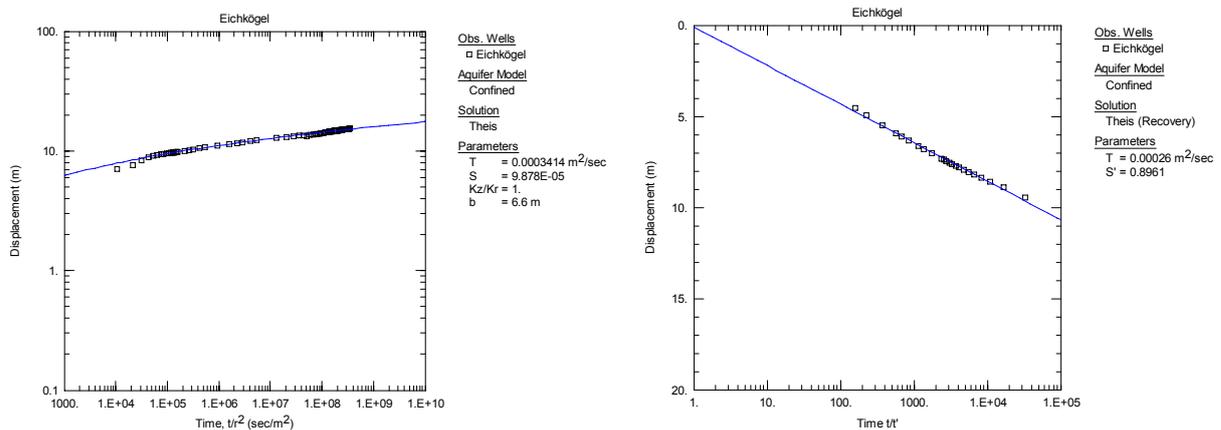


Abbildung 153: Auswertung der Absenkungskurve (links) und der Wiederanstiegskurve (rechts) nach THEIS

9.2.5.5.10 Fehring Badbrunnen (ID 6041005)

Während des zweistufigen Pumpversuches stellte sich in der Bohrung bei beiden Förderraten von 1,38 und 3,5 l/s eine quasistationäre Absenkung ein. Die stationäre Auswertung nach DUPUIT und THIEM ergibt somit für die erste Stufe eine Transmissivität von $T = 3,76 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ und für die zweite Stufe eine von $T = 5,64 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$.

9.2.5.5.11 Großhart (ID 6070901)

In der Bohrung wurde der Pumpversuch mit einer Förderrate von 0,5 l/s durchgeführt. Der Verlauf der Absenkungs- und Aufspiegelungskurve stellt eine komplexe Situation dar. In der Bohrung sind durch zwei Filterstrecken zwei Aquifere, die vermutlich wesentlich unterschiedliche hydraulische Eigenschaften aufweisen, erschlossen. Die Analyse der Absenkungs- und Aufspiegelungskurven lässt die Überlagerung von unterschiedlichen Einflüssen wie Brunnenspeicherung bzw. Skin sowie die gegenseitige Beeinflussung zweier Aquifere unterschiedlicher Leitfähigkeiten erkennen (Abbildung 154). Am besten sind diese an der Aufspiegelungskurve zu beobachten (Abbildung 155).

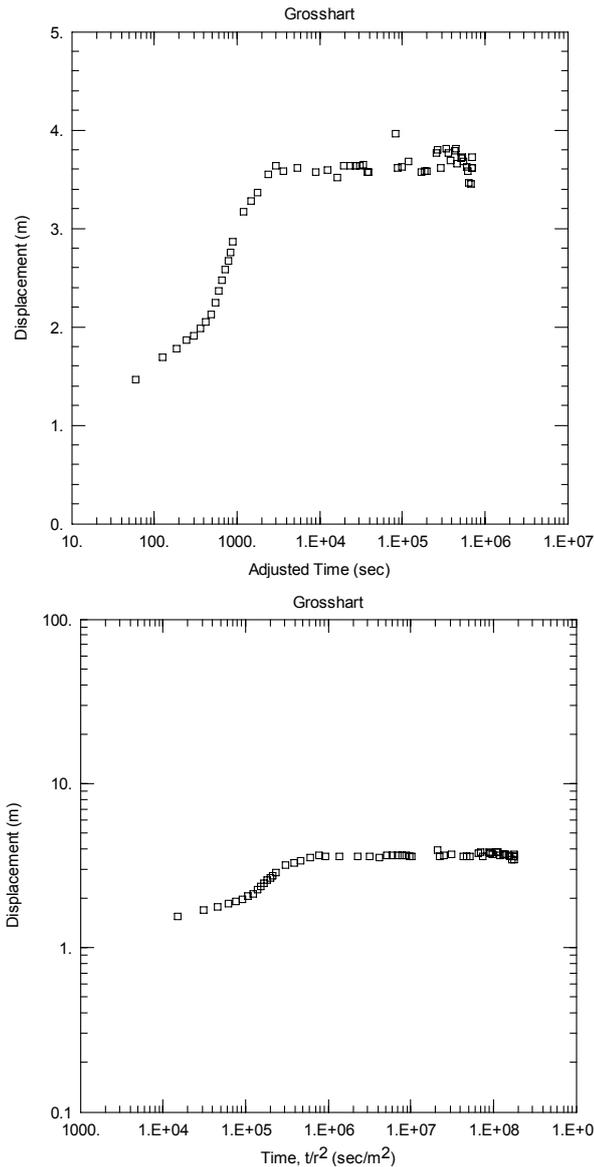


Abbildung 154: Halblogarithmische (oben) und doppellogarithmische (unten) Darstellung der Absenkungskurven ohne Auswertung

Der erste steile Abschnitt (von rechts) der Aufspiegelungskurve widerspiegelt den Skinneffekt. Der zweite flache Abschnitt (Abbildung 155, links) charakterisiert den ersten Aquifer höherer Transmissivität mit $T = 2,59 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$. Der dritte, ebenfalls steile Abschnitt (Abbildung 155, rechts) zeigt die Transmissivität des zweiten, weniger leitfähigen Aquifers mit $T = 2,76 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ (die Transmissivität der Skinzone ist noch um eine Größenordnung niedriger). Die in der Spätphase der Aufspiegelung steiler gewordene Kurve kann allerdings auch auf die Existenz einer Barriere hinweisen. Aus den oben geschilderten Gründen konnte der Speicherkoeffizient nicht zuverlässig ermittelt werden.

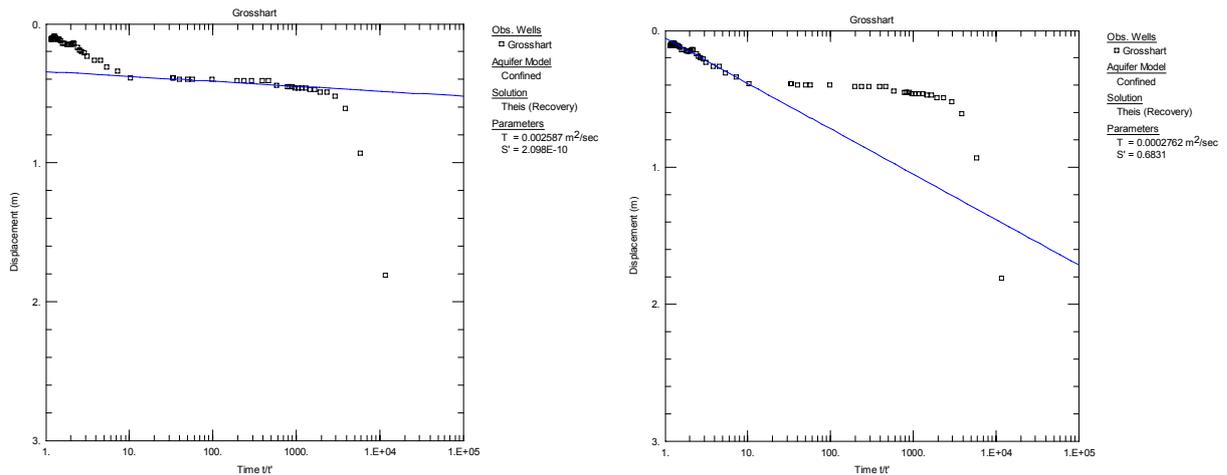


Abbildung 155: Auswertung der Aufspiegelungskurve nach THEIS, Aquifer 1 (links) und Aquifer 2 (rechts)

9.2.5.5.12 Großhartmannsdorf 1 (ID 6050503)

In der Bohrung wurde nach einem Überlaufversuch der Druckaufbau am Sondenkopf aufgezeichnet. Die Auswertung der Druckanstiegskurve liefert eine Transmissivität, von $T = 4,44 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$. Auf Basis des Überlaufversuches und der anschließenden Aufspiegelung konnte der Speicherkoeffizient mit ermittelt werden. An der Aufspiegelungskurve sind keine nennenswerten Einflüsse erkennbar.

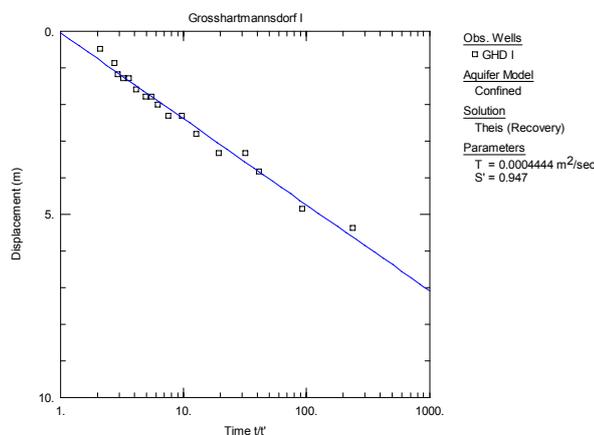


Abbildung 156: Auswertung der Aufspiegelungskurve nach THEIS

9.2.5.5.13 Hainersdorf (ID 6050727)

In der Bohrung Hainersdorf wurden 1979 und 1984 Pumpversuche durchgeführt. Vor dem Pumpversuch 1979 war die Bohrung artesisch. Die Auswertung des zweistufigen Pumpversuches zeigt während der ersten Pumpstufe bei gleich bleibender Förderrate eine zusätzliche Zunahme der Absenkung (Abbildung 157) was eine Transmissivitätsabnahme im Aquifer anzeigt. Diese Abnahme ist auch an der Wiederanstiegskurve ersichtlich (Abbildung 158).

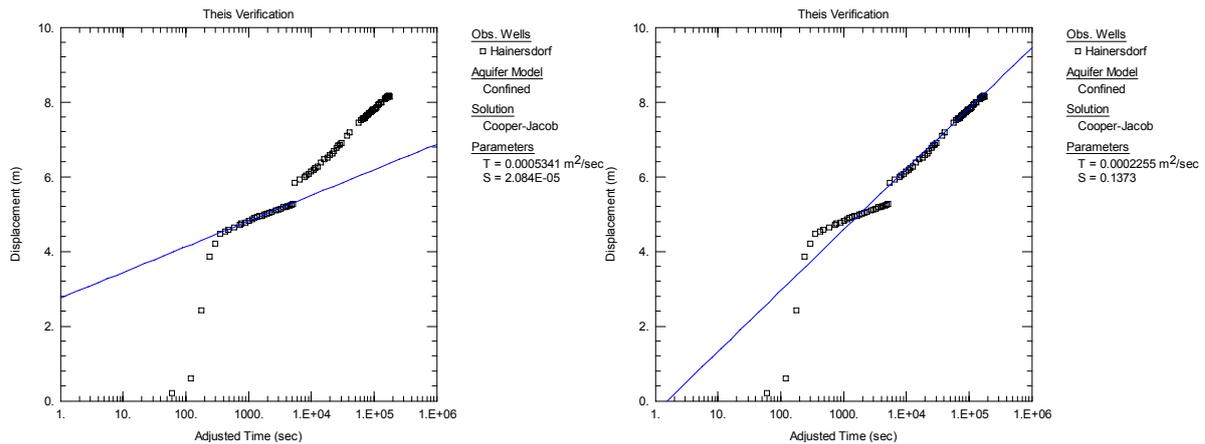


Abbildung 157: Auswertung der Absenkungskurve nach COOPER & JACOB (sondennahe Bereich links, sondenferner Bereich rechts)

Somit lässt sich der sondennahe Bereich mit einer Transmissivität von $T = 5,3-5,7 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ und der sondenferne Bereich mit einer von $T = 1,7-2,2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ charakterisieren. Die Wiederanstiegskurve nach der ersten Pumpstufe weist auf eine unmittelbare Regeneration des Grundwasserleiters von der Oberfläche hin. Der Speicherkoeffizient wurde aus der Frühphase der Absenkung zu $S = 2,1 \cdot 10^{-5}$ ermittelt.

Der Kurzpumpversuch von 1984 bestätigt die oben ermittelten Transmissivitätswerte, erlaubt jedoch nicht die Bestimmung eines plausiblen Speicherkoeffizienten. Daher werden an dieser Stelle die entsprechenden Kurven nicht dargestellt.

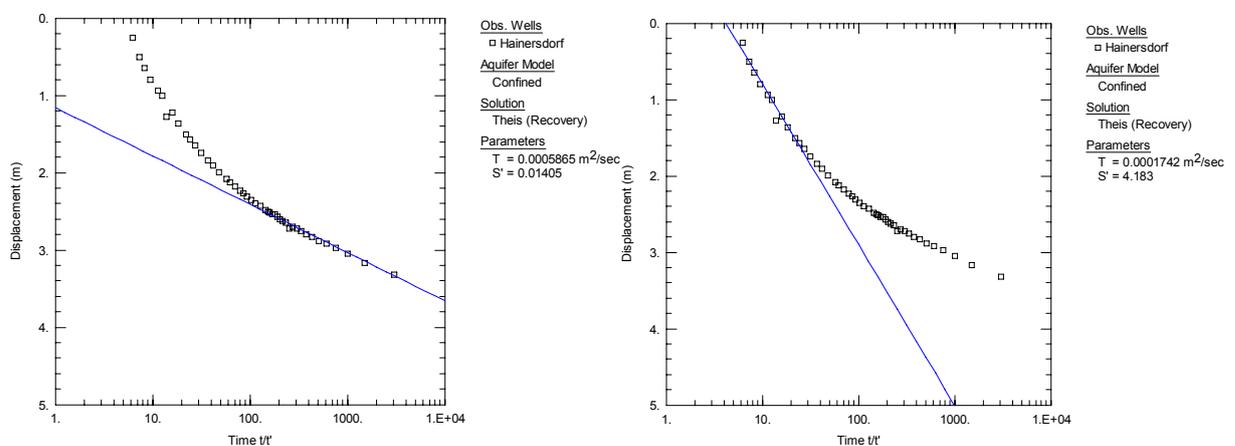


Abbildung 158: Auswertung der Wiederanstiegskurve nach THEIS (sondennahe Bereich links, sondenferner Bereich rechts)

9.2.5.5.14 Hirnsdorf 1 (ID 6171804)

In der Bohrung wurde der Pumpversuch mit einer stark schwankenden Förderrate zwischen 0,5 und 1,05 l/s durchgeführt. Die Auswertung der Absenkungskurve ist wegen der schlechten Anpassung nicht zielführend. Der Grund dafür ist, dass die beobachteten Absenkungswerte teilweise stark von den theoretisch zu erwartenden abweichen (Abbildung 159, links), d.h. es können keine eindeutigen

Parameter bestimmt werden. Die Auswertung der Aufspiegelung erlaubt jedoch die Bestimmung einer Transmissivität von $T = 1,40 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$. Aquiferspezifische Einflüsse sind nicht erkennbar.

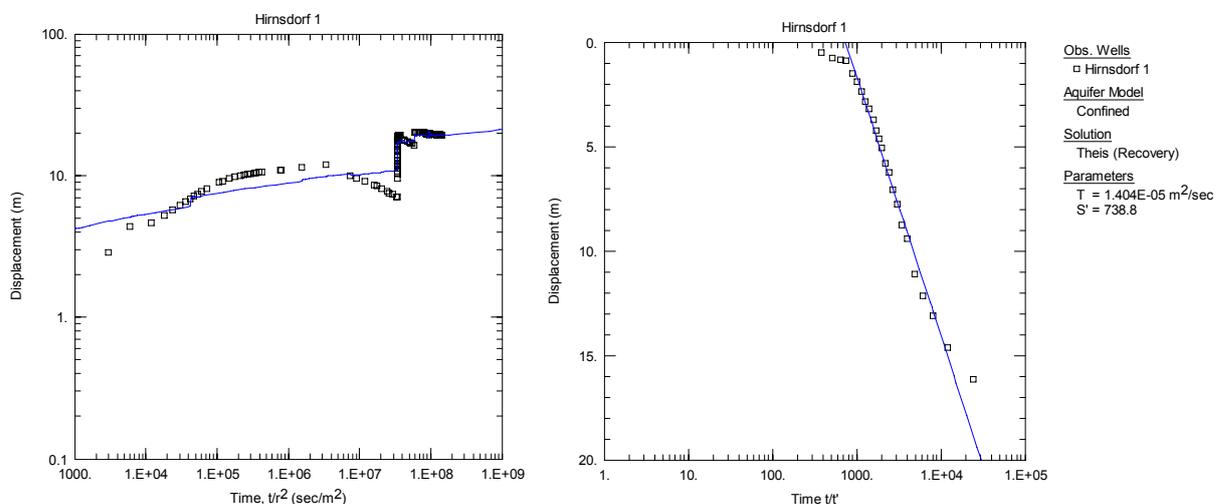


Abbildung 159: Doppellogarithmische Darstellung der Absenkungskurve (links) und Auswertung der Aufspiegelungskurve nach THEIS (rechts)

9.2.5.5.15 Hirnsdorf 2 (ID 6171801)

In der Bohrung wurde der Pumpversuch mit einer von 3 auf allmählich 2,63 l/s abnehmenden Förderrate durchgeführt. Trotz der nicht konstanten Förderrate zeigt das Verhalten des Aquifers eine deutliche Abweichung vom THEIS-JACOB'schen Modell.

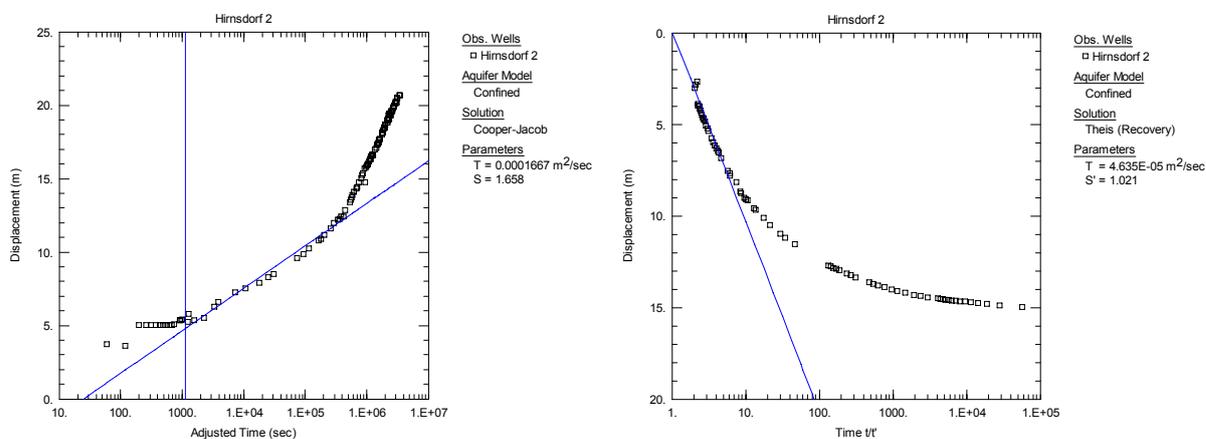


Abbildung 160: Auswertung der Absenkungskurve nach JACOB (links) und der Aufspiegelungskurve nach THEIS (rechts)

Diese Abweichungen könnten auf eine Barriere, wie diese in der halblogarithmischen Darstellung in Abbildung 160 (links) angedeutet wird, zurückzuführen sein. Diese wird jedoch durch die Aufspiegelungskurve nicht eindeutig bestätigt (siehe Abbildung 160 (rechts)). Andererseits kann der Verlauf der Aufspiegelungskurve als stetige laterale Abnahme der Transmissivität gedeutet werden. Gilt die erste Annahme, kann für den Aquifer eine Transmissivität von $T = 1,67 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ angegeben werden. Anderenfalls kann aufgrund der Aufspiegelungskurve für den durch den Pumpversuch

erfassten Aquiferbereich die niedrigste Transmissivität zu $T = 4,63 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ berechnet werden (Abbildung 160).

9.2.5.5.16 Hirnsdorf 4 (ID 6171803)

Der Pumpversuch wurde 1992 mit der konstanten Förderrate von 1 l/s durchgeführt. Eine untypische „Aufwölbung“ ist sowohl an der Absenkungskurve als auch an der Aufspiegelungskurve zu beobachten. Diese Erscheinung kann mit den typischen Aquifermodellen Abbildung 111 nicht erklärt werden. Wird dieser Bereich bei der Auswertung nicht berücksichtigt, ergeben sich gut übereinstimmende Werte für die Transmissivität mit $T = 4,35 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ und $T = 4,27 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$. Der mit $S = 4,06 \cdot 10^{-2}$ scheinbar zu niedrig ermittelte Speicherkoeffizient ist wahrscheinlich durch das beschriebene Phänomen beeinflusst.

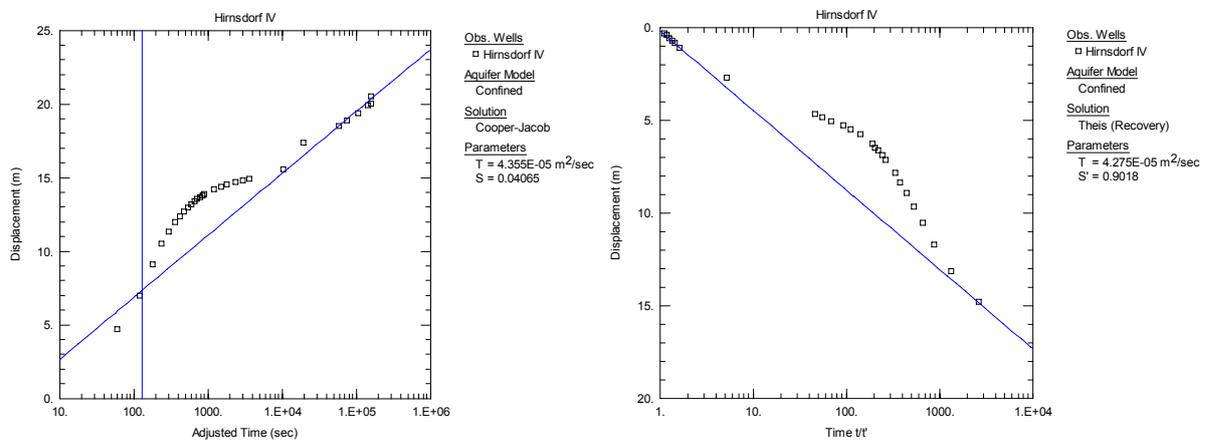


Abbildung 161: Auswertung der Absenkungskurve COOPER & JACOB (links) und der Aufspiegelungskurve nach THEIS (rechts)

Die Aufspiegelung nach dem Pumpversuch 1994 zeigt das gleiche Bild und lässt etwa die gleiche Transmissivität von $T = 2,62 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ berechnen (Abbildung 162).

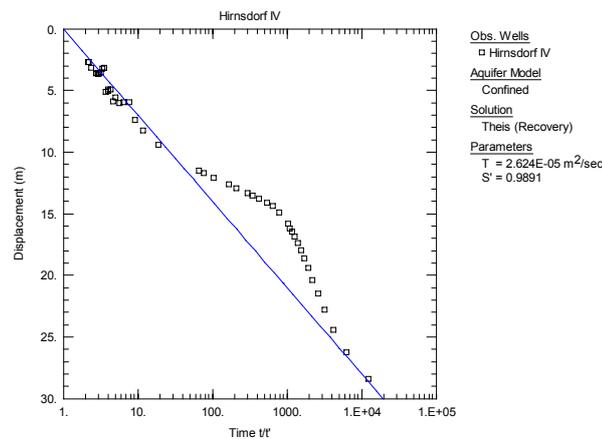


Abbildung 162: Auswertung der Aufspiegelungskurve nach THEIS

9.2.5.5.17 Hirnsdorf Molkereibrunnen (ID 6171806)

Der Pumpversuch wurde vierstufig mit den Förderraten 1 – 3 – 5 – 9 l/s gefahren. In der zweiten Pumpstufe wurde anstatt der zusätzlichen Absenkung eine vorübergehende Aufspiegelung aufgezeichnet. Die Absenkungskurve ist wegen der sehr schlechten Anpassung nicht auswertbar. Die Aufspiegelungskurve, wenn auch nur durch wenig Daten belegt, wurde ausgewertet und ergab die Transmissivität von $T = 2,79 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$

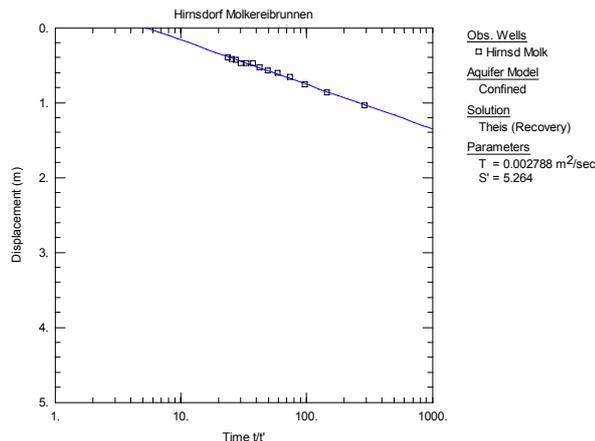


Abbildung 163: Auswertung der Aufspiegelungskurve nach THEIS

9.2.5.5.18 Höflach (ID 10976)

Die Bohrung wurde mit einer zwischen 1, 8 und 4,9 l/s schwankenden Förderrate (Mittelwert 2,7 l/s) getestet. Die Aufspiegelung wurde nicht aufgezeichnet. Die Auswertung der Absenkungskurve ergibt eine Transmissivität von $T = 1,97 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ und einen Speicherkoeffizienten von $S = 1,53 \cdot 10^{-7}$.

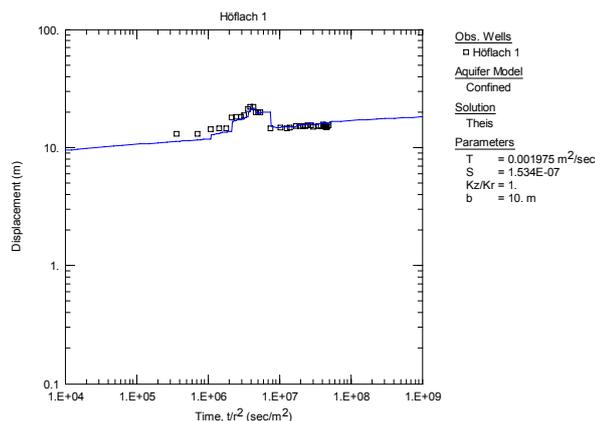


Abbildung 164: Auswertung der Absenkungskurve nach THEIS

9.2.5.5.19 Kaindorf 1 (ID 6071502)

Die grafisch dargestellte Absenkungsphase des Pumpversuches 1983 in der Bohrung Kaindorf 1 zeigt trotz leicht abnehmender Fördermenge größere Absenkungen als dies im Falle eines Idealaquifers zu erwarten wäre. Dies kann mit einer sondennahen Zone höherer und einer sondenfernen Zone

niedrigerer Transmissivität erklärt werden. Dementsprechend wurde für den sondennahen Bereich $T = 7,2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ und für den sondenfernen Bereich $T = 2,3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ ermittelt (Abbildung 165). Aus der ersten Phase der Absenkung lässt sich ein Speicherkoeffizient von $S = 7,2 \cdot 10^{-5}$ berechnen.

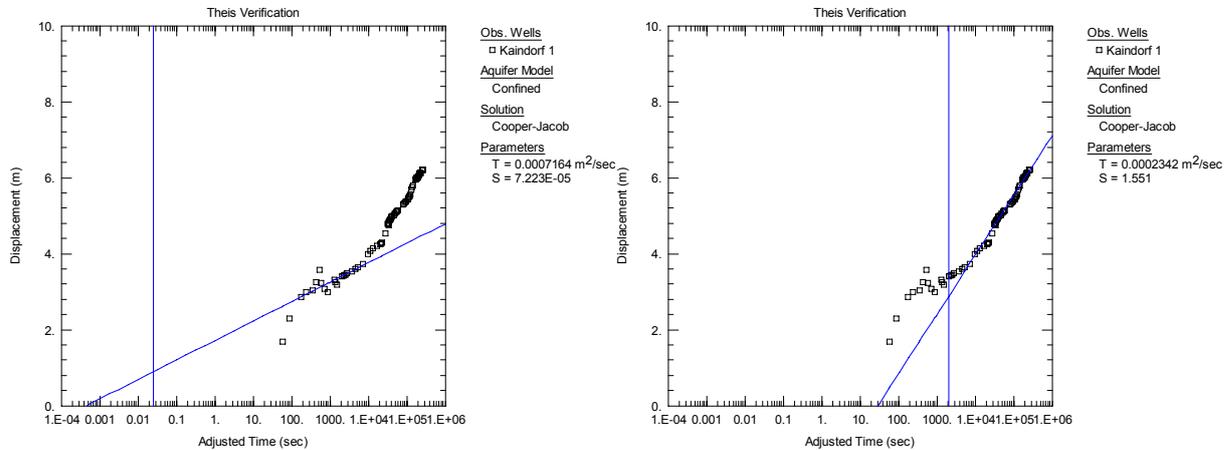


Abbildung 165: Auswertung der Absenkungskurve (sondennaher Bereich links, sondenferner Bereich rechts) nach COOPER & JACOB

Die Wiederanstiegskurve lässt ebenfalls beide Bereiche erkennen und ergibt für den sondenfernen Bereich eine Transmissivität von $T = 2,8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$. Wird jedoch das Modell von PAPADOPULOS & COOPER angewandt, resultieren $T = 4,6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ und $S = 3,3 \cdot 10^{-3}$ (Abbildung 166).

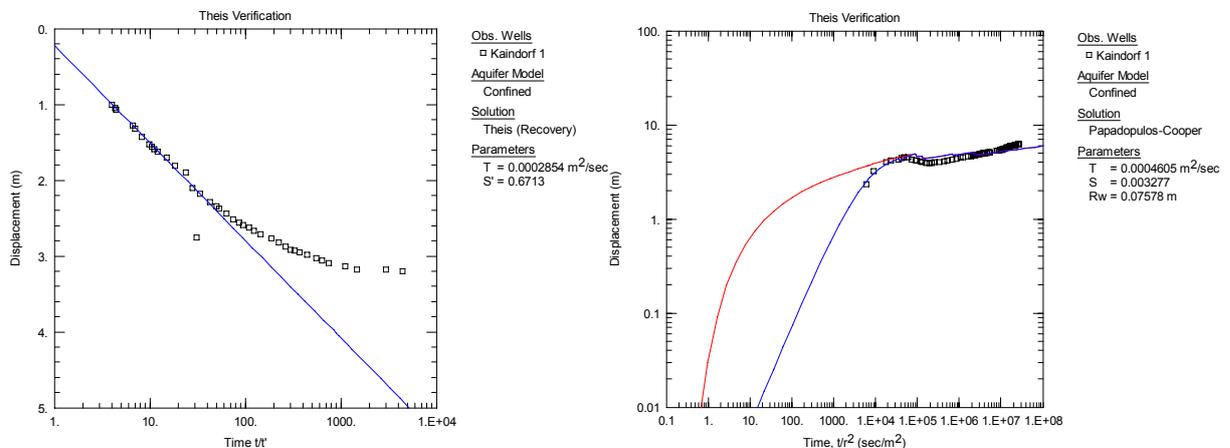


Abbildung 166: Auswertung der Wiederanstiegskurve (links, sondenferner Bereich) und Auswertung der Absenkungskurve (rechts) nach PAPADOPULOS & COOPER

9.2.5.5.20 Kaindorf 2 (ID 6071503)

Der Pumpversuch 1983 wurde mit stark schwankender Fördermenge (1,9–2,5–2,1–1,4 l/s) durchgeführt. In den einzelnen Förderstufen stellte sich relativ rasch ein quasistationärer Zustand ein. Daher wird die Auswertung der Absenkungsphase mit instationären Methoden erschwert. Die nach THEIS durchgeführte Auswertung ergibt die Werte $T = 7,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ und $S = 5,7 \cdot 10^{-3}$. Die Auswertung der Wiederanstiegskurve nach THEIS ergibt einen höheren Wert der Transmissivität von $T = 1,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$, welchem größere Genauigkeit beigemessen wird. Weiters ist erkennbar, dass der

Grundwasserleiter während der Förderung eine direkte Regeneration (wahrscheinlich von der Oberfläche her, Safenbach ?) erfolgt ($t/t' > 2$), wodurch sich der Ruhedruckspiegel frühzeitig einstellt (Abbildung 167).

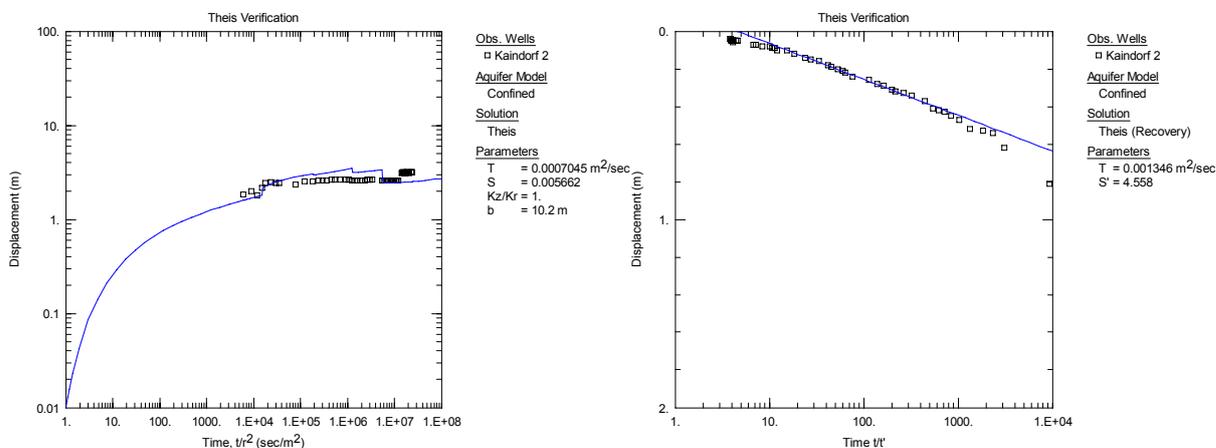


Abbildung 167: Auswertung der Absenkungskurve nach THEIS (links) und der Wiederanstiegskurve nach THEIS (rechts)

9.2.5.5.21 Kaindorf 3 (ID 6071501)

1985 wurde ein zweistufiger (1,6 – 3,0 l/s) Pumpversuch durchgeführt. In der Bohrung sind fünf Horizonte erschlossen. Werden die erste Förderstufe des Pumpversuches und die anschließende Aufspiegelung ausgewertet, können folgende hydraulische Eigenschaften ermittelt werden. Die Auswertung der Absenkung nach COOPER & JACOB ergibt eine Transmissivität von $T = 4,95 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ und einen Speicherkoeffizienten von $S = 5,36 \cdot 10^{-2}$. Die Auswertung der Aufspiegelung unter Berücksichtigung der Spätphase liefert ebenfalls eine Transmissivität von $T = 4,95 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ (Abbildung 168).

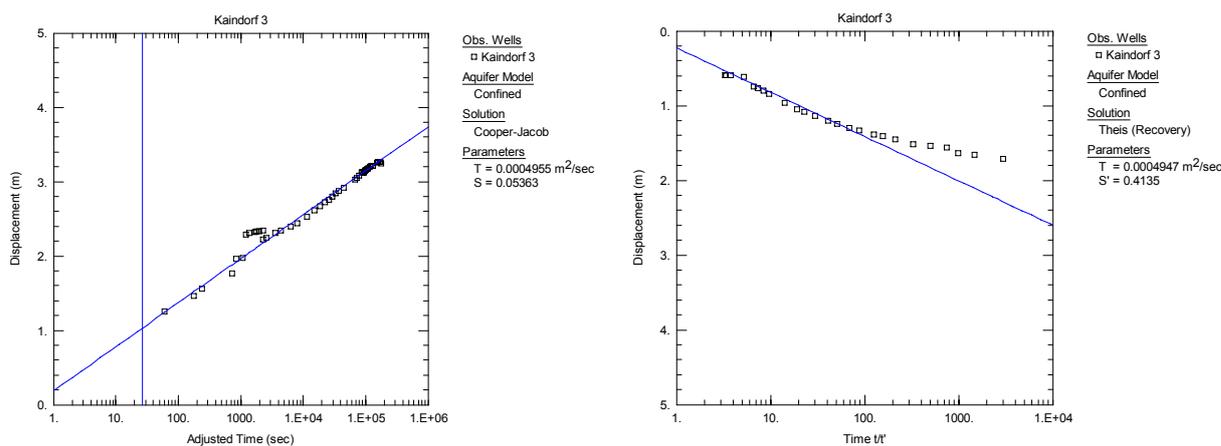


Abbildung 168: Auswertung der Absenkungskurve (1. Stufe) nach COOPER & JACOB und der Aufspiegelungskurve nach der ersten Stufe nach THEIS

9.2.5.5.22 Kleinsteinbach 1 (ID 6050203)

An der Bohrung Kleinsteinbach wurde 1991 ein Überlaufversuch und die anschließende Messung des Druckaufbaus am Sondenkopf durchgeführt. Wegen der in [bar] abgelesenen Druckwerte, welche nur eine dm-genaue Umrechnung in äquivalente Wassersäulen erlauben, konnte nur eine näherungsweise Auswertung der Aufspiegelung vorgenommen werden. Die Transmissivität konnte demnach mit $T = 3,46 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ geschätzt werden (Abbildung 169).

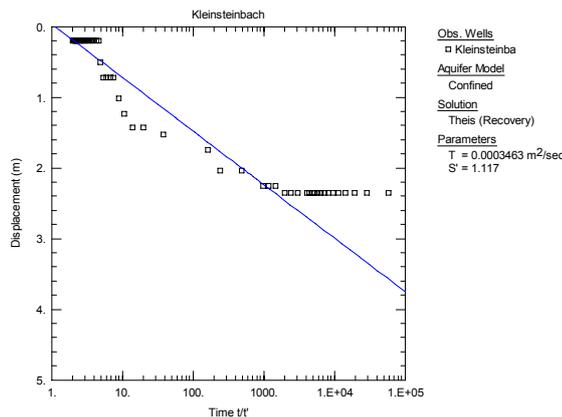


Abbildung 169: Auswertung der Aufspiegelung nach THEIS

9.2.5.5.23 Kleinsteinbach 2 (ID 6050204)

Der Pumpversuch wurde zweistufig mit 0,8 und anschließend mit 0,25 l/s durchgeführt. Wird nur die erste Pumpstufe ausgewertet, um einen genauen Speicherkoeffizienten bestimmen zu können, ergeben die beiden Parameter $T = 1,42 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ und $S = 2,55 \cdot 10^{-5}$ (Abbildung 170, links). Wird die Aufspiegelungskurve betrachtet, wobei nach einer gewissen Zeit/Entfernung eine Zunahme der Transmissivität zu beobachten ist, kann für die Anfangsphase etwa die gleiche Transmissivität von $T = 1,61 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ ermittelt werden. Der zweite steilere Abschnitt der Aufspiegelungskurve weist auf eine Barriere hin und täuscht eine scheinbare Transmissivität von $T = 3,12 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ vor (Abbildung 170, rechts).

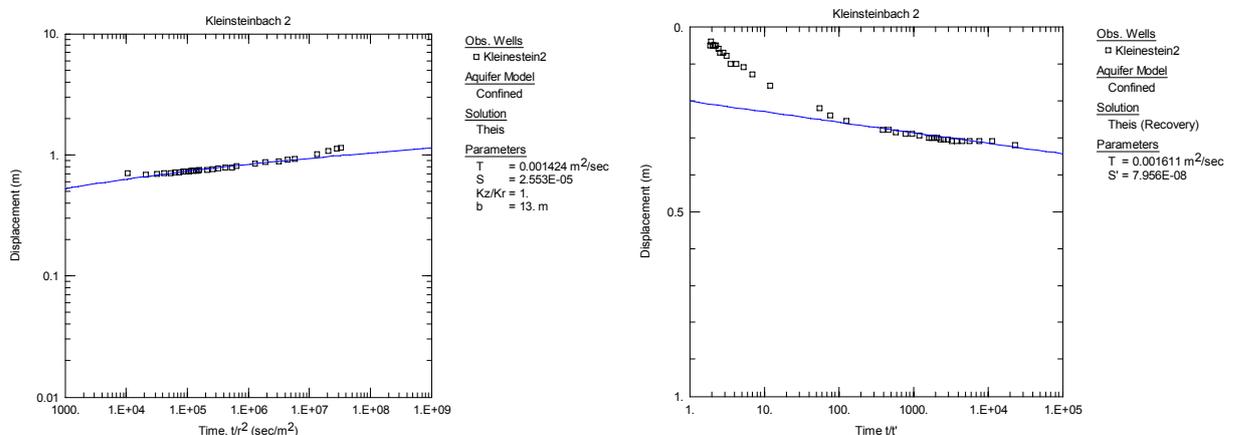


Abbildung 170: Auswertung der Absenkungs- und der Aufspiegelungskurve nach THEIS

9.2.5.5.24 Kroisbach (ID 6050505)

Die grafische Auswertung des Pumpversuches 1981 in der Bohrung Kroisbach weist auf einen Aquifer hin, welcher entweder räumlich begrenzt ist oder einen lateralen Transmissivitätswechsel hat. Bei konstant bleibender Entnahmemenge weicht die halblogarithmisch dargestellte Absenkungskurve nach einer gewissen Zeit von der theoretischen Geraden ab. Dementsprechend kann für den sondennahen Bereich eine Transmissivität von $T = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ bestimmt werden, während der sondenferne Bereich mit einer (scheinbaren) Transmissivität von $T = 4,5\text{-}5,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ zu charakterisieren ist (Abbildung 171). Dies ergeben sowohl die Auswertung der Absenkungsphase als auch die der Wiederanstiegsphase.

Der Speicherkoeffizient wurde aus der ersten Phase (sondennaher Bereich) der Absenkungskurve zu $S = 9,4 \cdot 10^{-4}$ errechnet. Auf die räumliche Limitierung des Grundwasserleiters weist auch der Schnittpunkt der Ausgleichsgeraden ($t/t' < 1$), durch den zweiten Abschnitt der Wiederanstiegskurve hin (Abbildung 172).

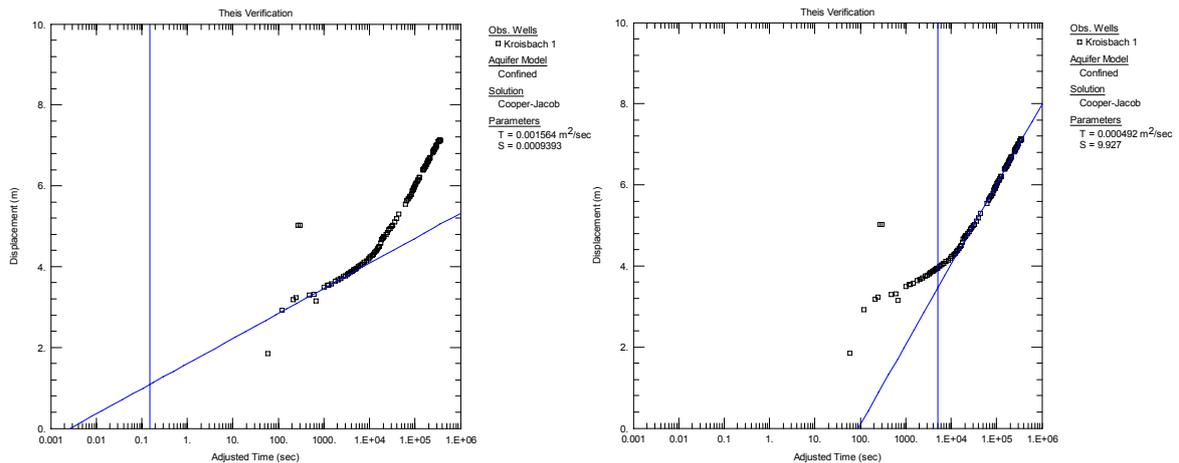


Abbildung 171: Auswertung der Absenkungskurve nach COOPER & JACOB (sondennaher Bereich links, sondenferner Bereich rechts)

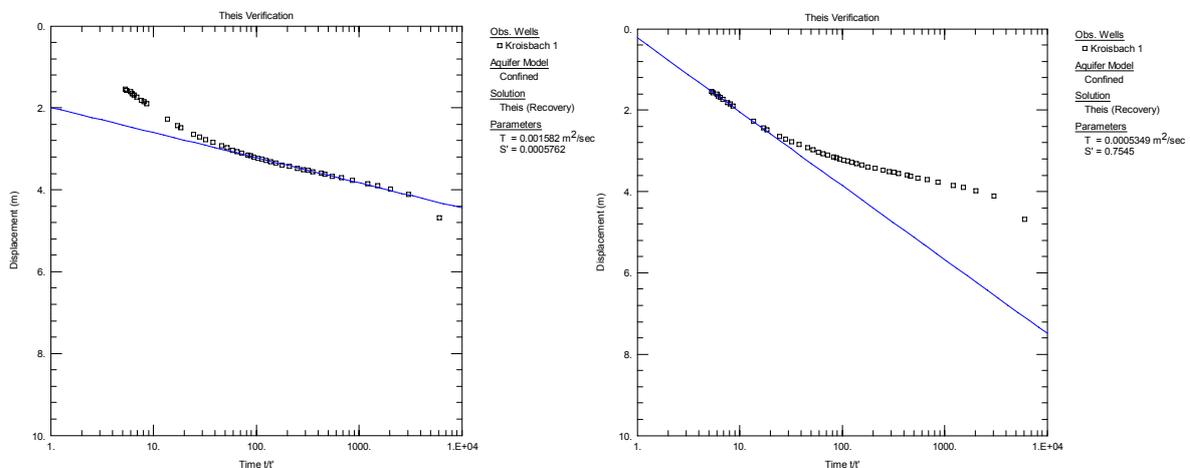


Abbildung 172: Auswertung der Wiederanstiegskurve nach THEIS (sondennaher Bereich links, sondenferner Bereich rechts)

9.2.5.5.25 Markt Hartmannsdorf (ID 6171601)

In der Bohrung wurde ein mehrstufiger (0,3 bis 1,2 l/s) Pumpversuch mit zwei Aufspiegelungsphasen zwischen den Förderstufen durchgeführt. Die exakte Auswertung der Absenkungsphasen war wegen der starken Förderratenschwankungen nicht möglich. Daher wurden die drei Aufspiegelungsphasen ausgewertet. Alle drei Aufspiegelungen sind von unterschiedlichem Charakter. Die erste Aufspiegelung war die kürzeste, deren Daten leicht um die Ausgleichsgerade streuen und eine Transmissivität von $T = 2,98 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ ergeben (Abbildung 173, links). Die zweite Aufspiegelungskurve zeigt die laterale Abnahme der Transmissivität, wobei der brunnennahe Bereich eine Transmissivität von $T = 7,28 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ aufweist (Abbildung 173, rechts). Die dritte Aufspiegelungskurve weist zwei parallel verlaufende Abschnitte auf, die jedoch die gleiche Transmissivität von $T = 3,50 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ errechnen lassen (Abbildung 174). Die unterschiedlichen Kurvenverläufe sind damit zu erklären, dass die in der 31 m langen Filterstrecke verbundenen Sedimentmaterialien unterschiedliche Speicher und Leitvermögen haben, die auf die Fördermengen in Abhängigkeit von der Absenkung unterschiedlich reagieren.

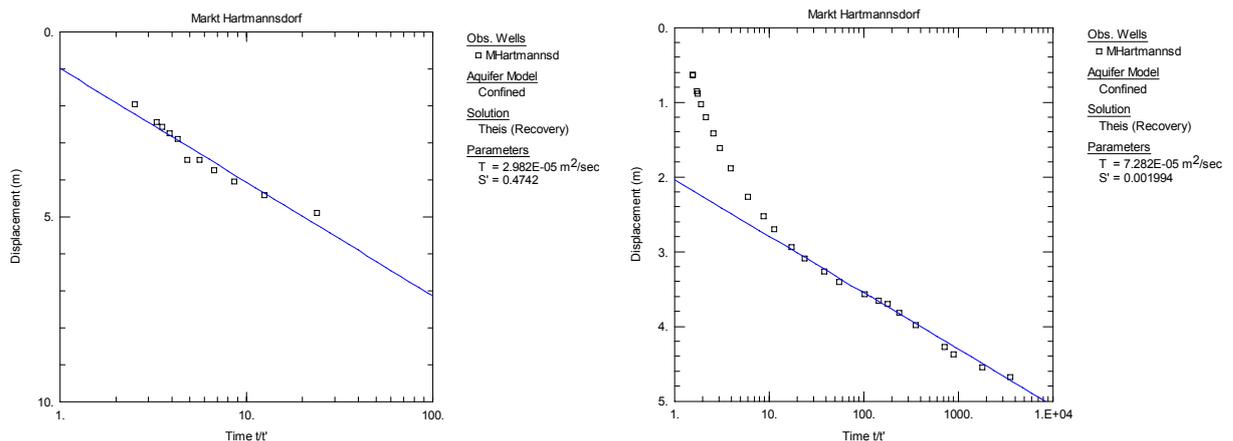


Abbildung 173: Auswertung der ersten (links) und der zweiten Aufspiegelung (rechts) nach THEIS

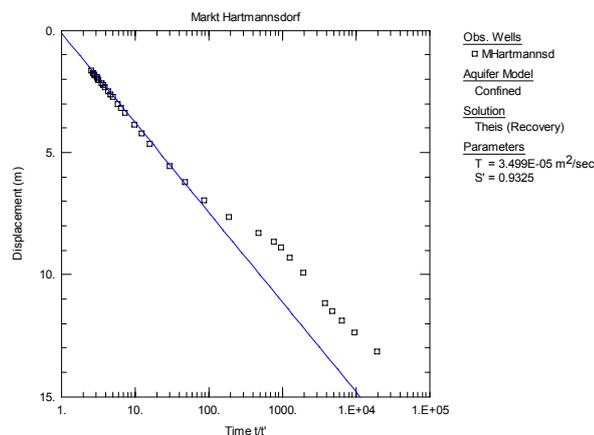


Abbildung 174: Auswertung der dritten Aufspiegelung nach THEIS

9.2.5.5.26 Nestelbach (ID 6051001)

Der Pumpversuch wurde, abgesehen von den anfänglichen Förderratenschwankungen mit 1 l/s durchgeführt. Die Brunnenspeicherung kann sowohl an der Absenkungs- als auch an der Aufspiegelungskurve erkannt werden (Abbildung 175).

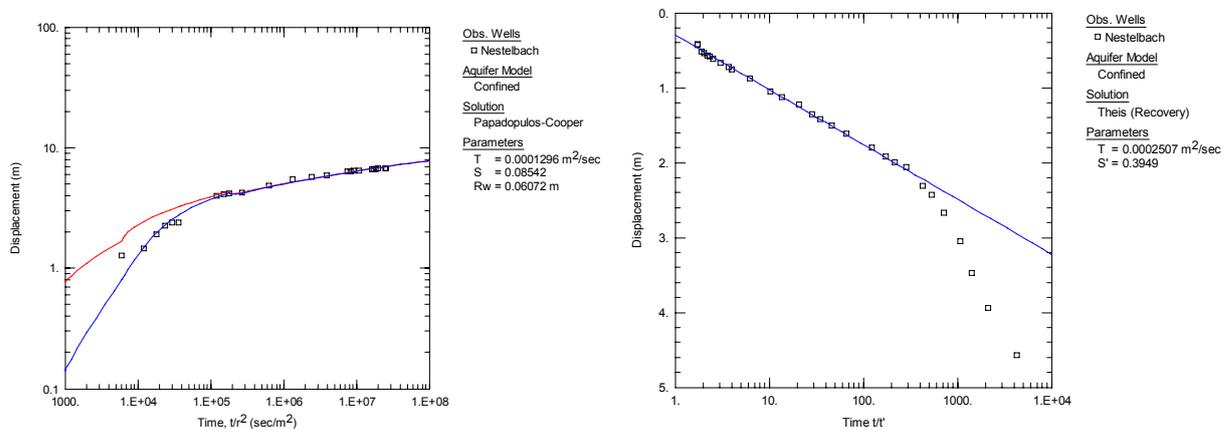


Abbildung 175: Auswertung der Absenkungskurve nach PAPADOPULOS & COOPER (links) und der Aufspiegelungskurve nach THEIS (rechts)

Die Absenkung wurde daher nach dem Verfahren von PAPADOPULOS & COOPER ausgewertet. Die Auswertung unter Berücksichtigung des Brunneneffektes ergibt eine Transmissivität von $T = 1,30 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ und einen Speicherkoeffizienten von $S = 8,54 \cdot 10^{-2}$. Die Auswertung der Aufspiegelung liefert eine etwas höhere Transmissivität von $T = 2,50 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ (Abbildung 175).

9.2.5.5.27 Neudau 1 (ID 6072001)

In der Bohrung Neudau 1 wurde 1990 ein zweistufiger Pumpversuch (2 und 3 bzw. 2,7 l/s) durchgeführt, wobei die anschließenden Aufspiegelungen ebenfalls erfasst wurden. Die Auswertung der ersten Pumpstufe erbrachte folgende Ergebnisse. Die Transmissivität des Aquifers liegt bei $T = 2,6\text{-}3,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ und der Speicherkoeffizient bei $S = 4,3 \cdot 10^{-7}$. Der Aquifer verhielt sich während des Pumpversuches als ein Idealaquifer, nennenswerte Einflüsse von Aquiferänderungen sind an den Kurven nicht zu beobachten (Abbildung 176).

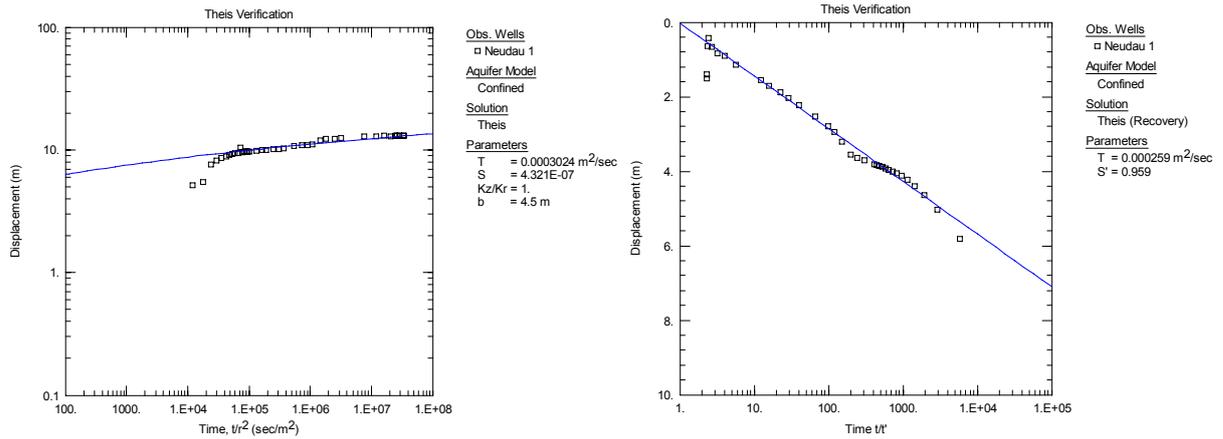


Abbildung 176: Auswertung der Absenkungskurve nach THEIS (links) und der Wiederanstiegskurve nach THEIS (rechts)

Die Auswertung der zweiten Pumpstufe bestätigt die Ergebnisse der ersten. Unter Berücksichtigung, dass keine vollständige Aufspiegelung nach der ersten Pumpstufe erfolgte, wurden für die zweite Pumpstufe $T = 3,7 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ und $S = 4,4 \cdot 10^{-7}$ errechnet. Die Wiederanstiegskurve nach der zweiten Pumpstufe lässt Bereiche unterschiedlicher Transmissivität erkennen, wobei der maßgebliche sondenferne Bereich $T = 2,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ aufweist (Abbildung 177).

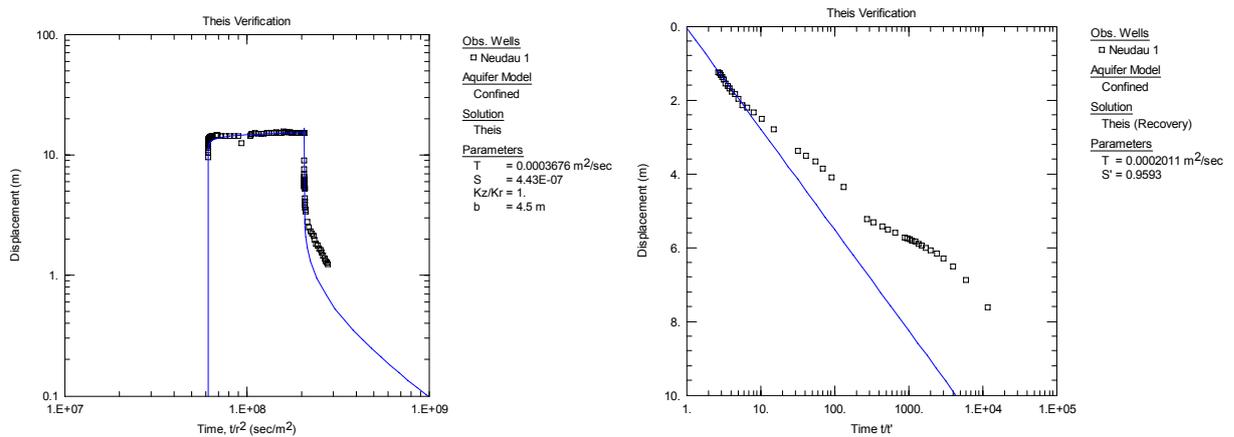


Abbildung 177: Auswertung der Absenkungskurve nach THEIS (links) und der Wiederanstiegskurve nach THEIS (rechts)

9.2.5.5.28 Neudau 2 (ID 6072002)

1990 wurde ein zweistufiger Pumpversuch (mit 2 und 3 l/s) ausgeführt und jeweils auch die Aufspiegelung gemessen. Die grafischen Darstellungen der Absenkungsphase der ersten Pumpstufe weisen auf einen leichten Skineffekt hin (Abbildung 178), jedoch zeigt die Wiederanstiegskurve keine derartige Beeinflussung. Der Schnittpunkt der Ausgleichgeraden ($t/t' < 1$) ist das Anzeichen eines räumlich begrenzten Aquifers (Abbildung 179).

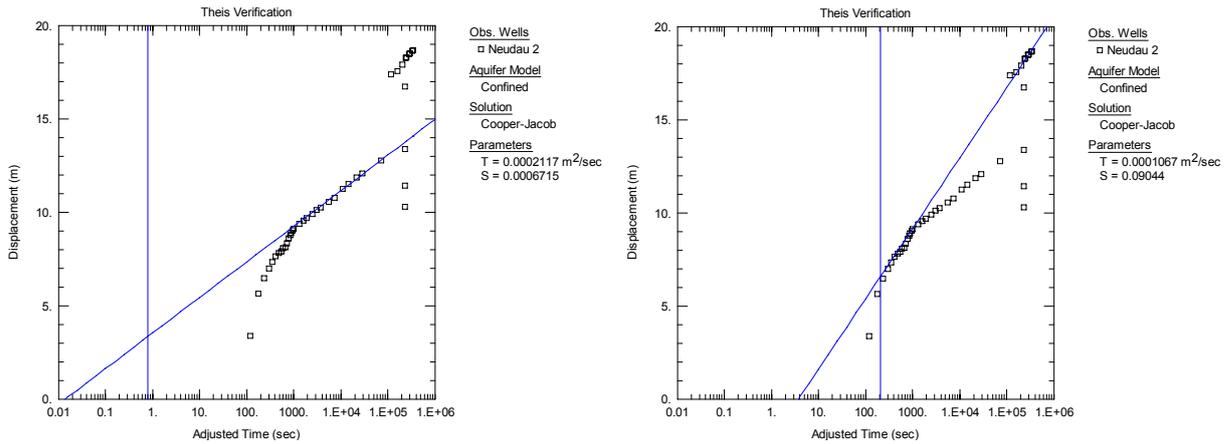


Abbildung 178: Auswertung der Absenkungskurve nach COOPER & JACOB

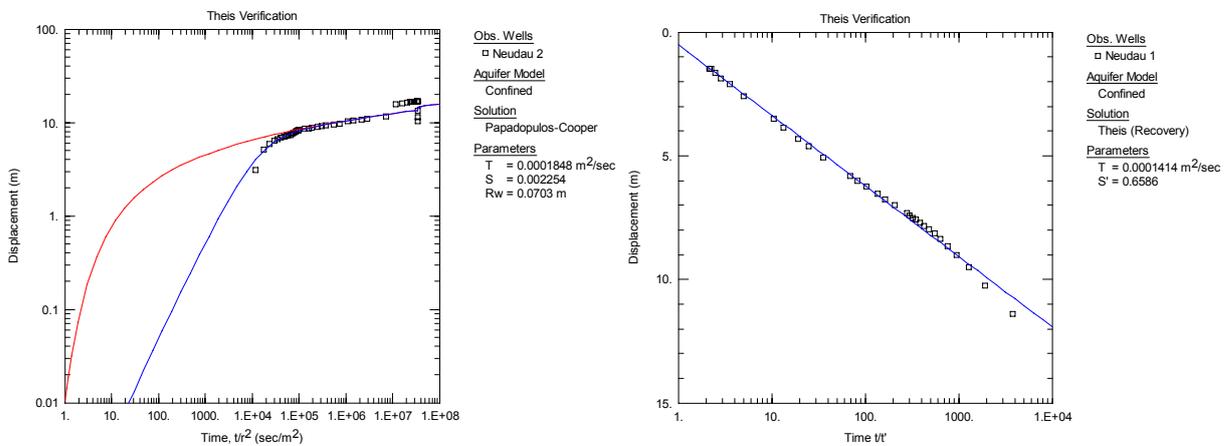


Abbildung 179: Auswertung der Absenkungskurve nach PAPADOPULOS & COOPER (links) und der Wiederanstiegskurve nach THEIS (rechts)

Die sondennahe Skinzone weist eine Transmissivität von $T = 1,1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ auf, der Aquifer einen Wert von $T = 1,8\text{-}2,1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$. Die unterschiedlichen Modelle für die Berechnung des Speicherkoeffizienten differieren. Der Wert von $S = 6,7 \cdot 10^{-4}$ scheint plausibel.

9.2.5.5.29 Pischelsdorf (ID 6173701)

In der Bohrung Pischelsdorf wurde der Pumpversuch mit schwankender Förderrate (1,43 und 5,1 l/s) durchgeführt, wobei die Förderrate generell abnahm. Eine exakte Auswertung der Absenkung wird dadurch erschwert. Bei einer trotzdem relativ guten Anpassung konnte eine Transmissivität von $T = 1,30 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ und ein Speicherkoeffizient von $S = 4,70 \cdot 10^{-3}$ ermittelt werden. Der Verlauf der Aufspiegelungskurve scheint einen aus zwei Bereichen unterschiedlicher Leitfähigkeit bestehenden Aquifer wiederzugeben. Dabei lässt sich die Transmissivität des weniger leitfähigen Aquiferbereiches mit $T = 9,00 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ angeben (Abbildung 180).

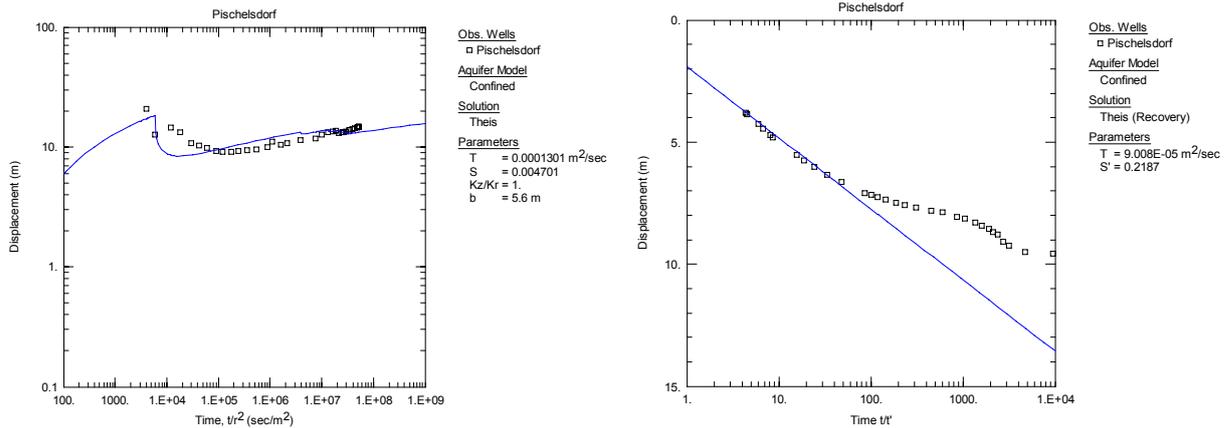


Abbildung 180: Auswertung der Absenkungs- (links) und der Wiederanstiegskurve (rechts) nach THEIS

9.2.5.5.30 Rohr bei Hartberg (ID 6072702)

Der Pumpversuch wurde mit einer konstanten Förderrate von 2 l/s durchgeführt. Die Absenkungskurve ergibt somit einen „modellmäßigen“ Verlauf und lässt eine Transmissivität von $T = 1,02 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ und einen Speicherkoeffizienten von $S = 3,22 \cdot 10^{-7}$ berechnen. Der Skineffekt ist an beiden Kurven erkennbar, jedoch nicht ausgeprägt. Die Abnahme der Transmissivität im brunnenfernen Bereich ist an der Aufspiegelungskurve ebenfalls wenig markant. Auf Basis der Aufspiegelungsdaten kann eine Transmissivität von $T = 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ ermittelt werden (Abbildung 181).

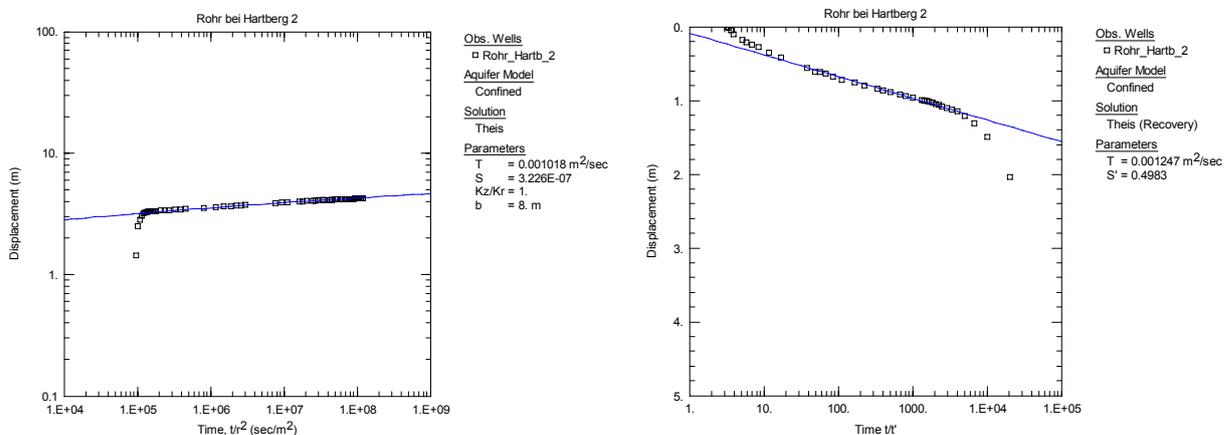


Abbildung 181: Auswertung der Absenkungs- (links) und der Wiederanstiegskurve (rechts) nach THEIS

9.2.5.5.31 Schildbach 1 (ID 6071102)

Der Pumpversuch in der Bohrung wurde mit stark schwankender und über die Zeit abnehmender Förderrate durchgeführt. Die Förderrate sank von anfänglichen 1,1 l/s auf 0,45 l/s. Die Aufspiegelung wurde nicht aufgezeichnet. Wegen der Unregelmäßigkeiten der Förderung konnte die Absenkung nur näherungsweise ausgewertet werden. Demnach konnte bei schlechter Anpassung eine plausible

Transmissivität von $T = 5,00 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ berechnet werden (Abbildung 182). Der Speicherkoeffizient lässt sich unter diesen Bedingungen nicht ermitteln.

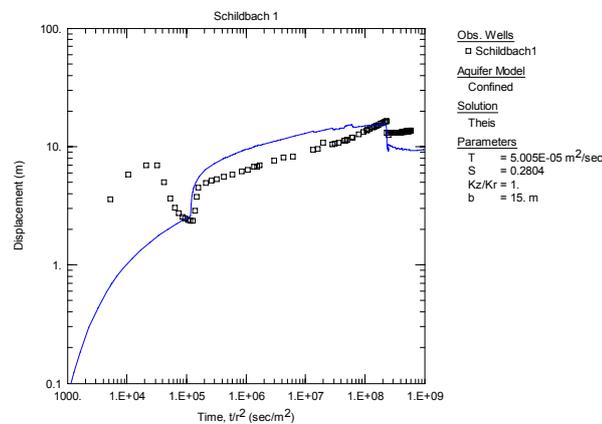


Abbildung 182: Auswertung der Absenkungskurve nach THEIS

9.2.5.5.32 Schildbach 2 (ID 6071103)

Der Pumpversuch wurde mit stark schwankender Förderrate gefahren, zu Beginn des Pumpversuches zwischen 0,54 und 1,3 l/s, anschließend zwischen 0,68 und 0,83 l/s. Die Aufspiegelung wurde nicht aufgezeichnet. Die Auswertung der Absenkung liefert bei schlechter Anpassung in der Anfangsphase eine plausible Transmissivität von $T = 2,24 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$. Der Speicherkoeffizient lässt sich unter diesen Bedingungen nicht ermitteln.

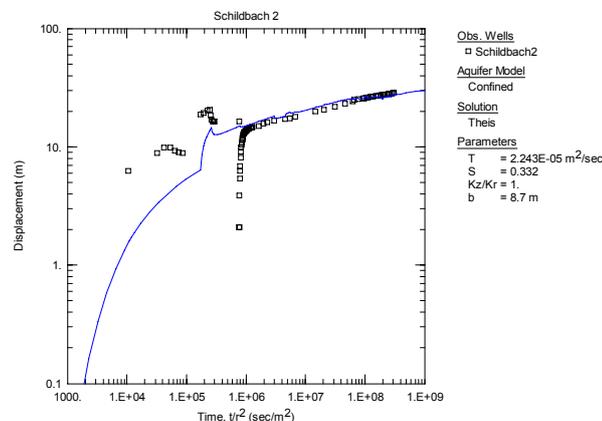


Abbildung 183: Auswertung der Absenkungskurve nach THEIS

9.2.5.5.33 Speilbrunn (ID 6050202)

Der Pumpversuch 1990 wurde mit der konstanten Förderrate von 2,5 l/s durchgeführt. Sowohl die Absenkungs- als auch die Aufspiegelungskurve weisen einen der Theorie entsprechenden Verlauf und sehr gute Anpassung auf. Die Auswertung der Absenkung ergibt eine Transmissivität von $T = 1,01 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ und einen Speicherkoeffizienten von $S = 1,60 \cdot 10^{-5}$. Die Auswertung der Aufspiegelung liefert eine etwas niedrigere Transmissivität von $T = 8,43 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ (Abbildung 184).

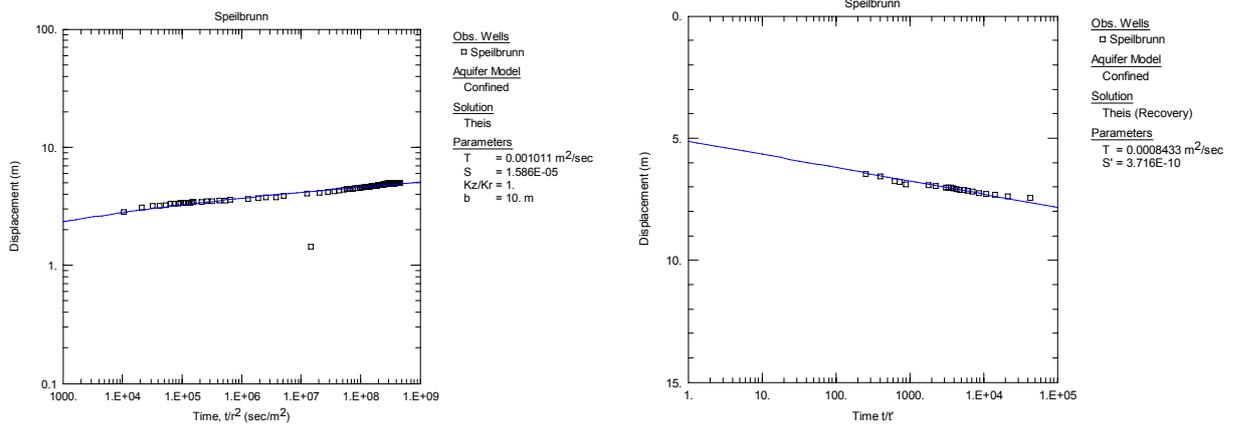


Abbildung 184: Auswertung der Absenkungs- (links) und der Wiederanstiegskurve (rechts) nach THEIS

Der zweite Pumpversuch fand 1992 mit den Förderraten von 2,5 und 4,5 l/s statt. Werden die Aufspiegelungen nach den Förderstufen ausgewertet, zeigt sich, dass der Verlauf der Kurven einem idealisierten Aquifer entspricht. Weder aquifer- noch brunnen-spezifische Einflüsse sind erkennbar. Die Auswertungsergebnisse stimmen sehr gut überein und liefern Transmissivitäten von $T = 7,45 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ und $T = 7,63 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ (Abbildung 185).

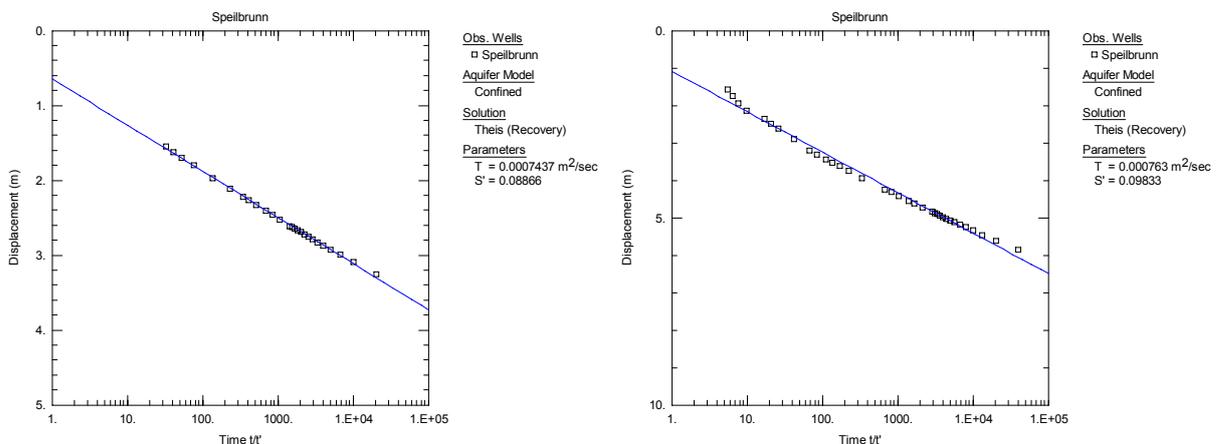


Abbildung 185: Auswertung der Aufspiegelung nach der ersten (links) und der zweiten Förderstufe (rechts) nach THEIS

9.2.5.5.34 St. Marein 1 (ID 6064003)

Der Pumpversuch war durch starke Förderratenschwankungen zwischen 1,7 und 3,0 l/s und kurzen Pumpenstops geprägt. Daher ist die Anpassung der Absenkungskurve nicht befriedigend und ihre Auswertung liefert nur Näherungswerte. Die Transmissivität kann mit $T = 3,16 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$, der Speicherkoeffizient mit $S = 5,66 \cdot 10^{-3}$ angegeben werden. Die kurze Aufspiegelung lässt nur eine Abschätzung der Transmissivität zu, die mit $T = 7,50 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ berechnet wurde.

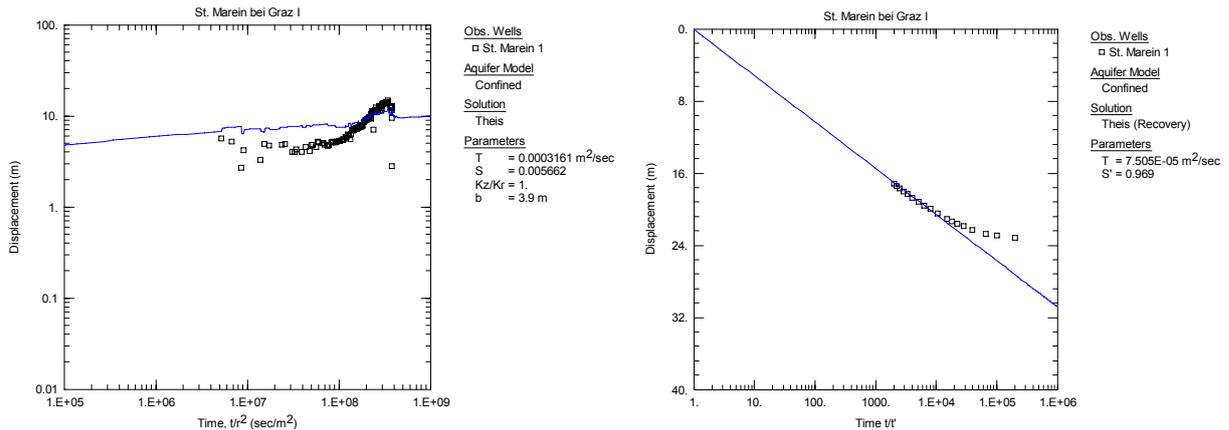


Abbildung 186: Auswertung der Absenkungs- (links) und der Wiederanstiegskurve (rechts) nach THEIS

9.2.5.5.35 St. Marein 2 (ID 6064004)

In der Bohrung St. Marein 2 wurde ein dreistufiger (1 – 0,9 – 0,8 l/s) Pumpversuch durchgeführt. Die Absenkungswerte reagierten auf die abnehmende Fördermenge nicht in dem Ausmaß wie es theoretisch zu erwarten wäre. Die Anpassung an die theoretische Brunnenfunktion ist trotzdem gut. Die Auswertung der Absenkung ergibt die hydraulischen Eigenschaften von $T = 7,96 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ und $S = 2,93 \cdot 10^{-3}$. An der Aufspiegelungskurve ist ein schwach ausgeprägter Brunneneffekt zu beobachten. Für den Aquifer kann eine Transmissivität von $T = 5,66 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ berechnet werden (Abbildung 185).

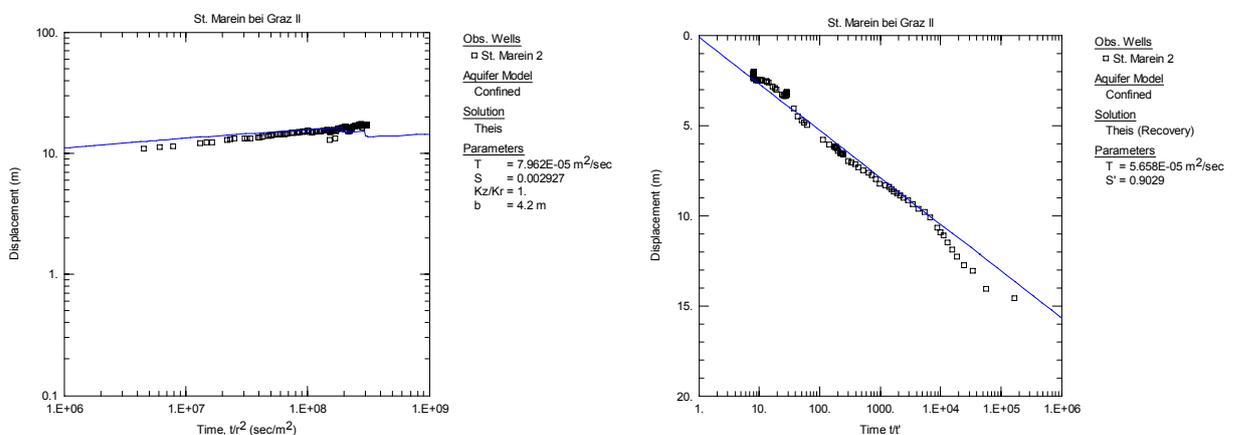


Abbildung 187: Auswertung der Absenkungs- (links) und der Wiederanstiegskurve (rechts) nach THEIS

9.2.5.5.36 Übersbach (ID 6051430)

In der Bohrung wurde nach einem Überlaufversuch (Schüttungsrückgang von 2,85 auf 1,61 l/s) der Druckaufbau gemessen. Nach Umrechnung der Druckwerte in äquivalente Wassersäulenwerte wurde die Aufspiegelung ausgewertet. Die den Aquifer charakterisierende Transmissivität wurde mit $T = 1,43 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ berechnet (Abbildung 188).

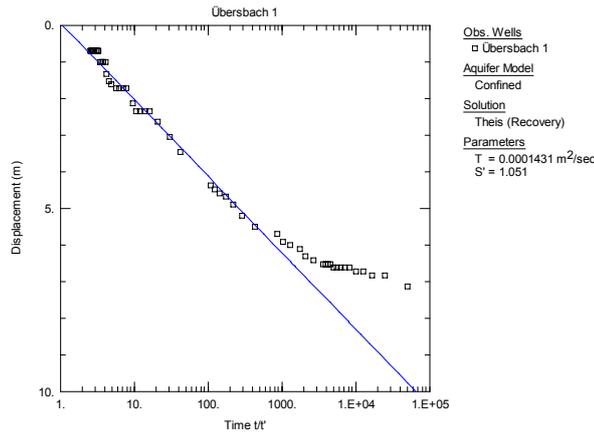


Abbildung 188: Auswertung der Aufspiegelung nach THEIS

9.2.5.5.37 Unterlimbach (ID 6071801)

Der Pumpversuch wurde grundsätzlich in zwei Förderstufen (3 – 6,6 l/s) durchgeführt, wobei die erste Stufe größere, die zweite kleinere Schwankungen aufweist. Trotz schlechter Anpassung in der Anfangsphase ist die Absenkung auswertbar und liefert die Wert von $T = 1,33 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ und $S = 7,14 \cdot 10^{-3}$. Die Aufspiegelungskurve lässt eine lateral zunehmende Transmissivität im Aquifer erkennen. Für den brunnennahen Aquiferbereich kann eine Transmissivität von $T = 3,42 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ berechnet werden (Abbildung 189).

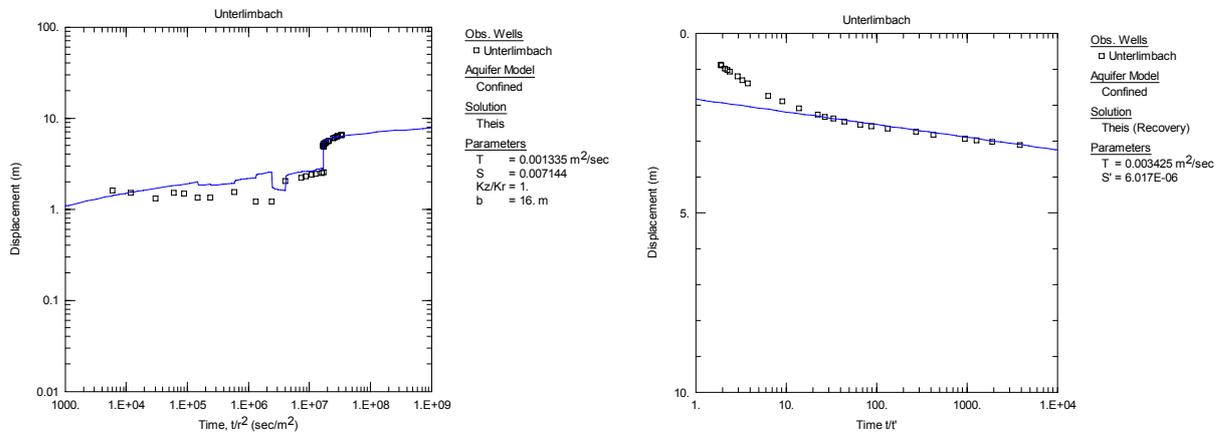


Abbildung 189: Auswertung der Absenkungs- (links) und der Wiederanstiegskurve (rechts) nach THEIS

9.2.5.5.38 Unterlungitz (ID 5031)

In der Bohrung Unterlungitz wurde ein zweistufiger (1 – 2,5 l/s) Pumpversuch durchgeführt, wobei zwischen den Förderstufen eine beinahe vollkommene Aufspiegelung erfolgte. Es wurden die Absenkung in der ersten Stufe und die beiden Aufspiegelungen ausgewertet. Die Absenkung weist eine gute Anpassung auf. Daraus kann eine Transmissivität von $T = 1,34 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ und ein Speicherkoeffizient von $S = 1,08 \cdot 10^{-2}$ ermittelt werden (Abbildung 190).

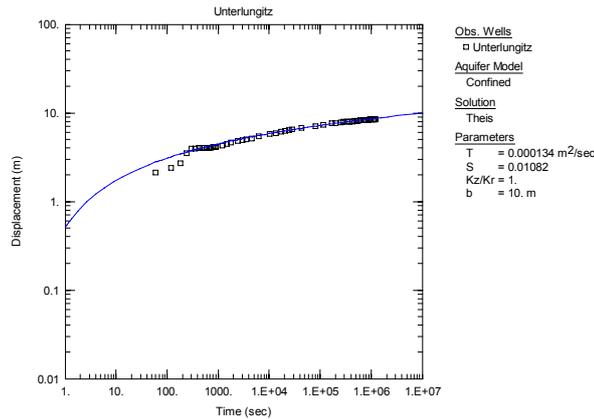


Abbildung 190: Auswertung der Absenkung nach THEIS

Werden die beiden Aufspiegelungskurven verglichen, kann eine beinahe vollkommene Übereinstimmung festgestellt werden. An beiden Aufspiegelungskurven ist der Skineffekt zu erkennen, wobei dessen Ausmaß mit der maximalen Absenkung zusammenhängt. Die anschließenden Abschnitte der Kurven zeigen sehr gute Anpassung an die Ausgleichsgeraden und lassen die praktisch gleichen Transmissivitäten von $T = 1,26 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ und $T = 1,36 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ berechnen (Abbildung 191).

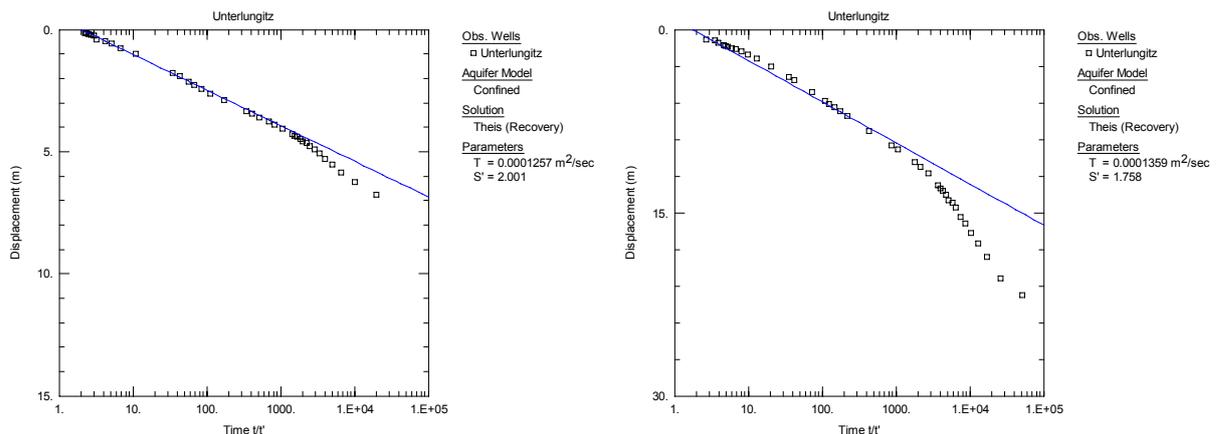


Abbildung 191: Auswertung der Aufspiegelungen nach der ersten (links) und der zweiten (rechts) Förderstufe nach THEIS

9.2.5.5.39 Unterrohr (ID 6072701)

In der Bohrung wurde ein zweistufiger (2 – 4,8 l/s) Pumpversuch durchgeführt, wobei zwischen den Förderstufen eine beinahe vollkommene Aufspiegelung erfolgte. Es wurden die Absenkung in der ersten Stufe und die beiden Aufspiegelungen ausgewertet. Die Absenkung, die bei halblogarithmischer Darstellung zwei markante Knick aufweist, zeigt einerseits den Brunneneffekt andererseits den Einfluss einer nahe gelegenen Barriere. Die Transmissivität des unbeeinflussten Abschnittes und somit für den Aquifer repräsentativ kann mit $T = 2,10 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ angegeben werden (Abbildung 192).

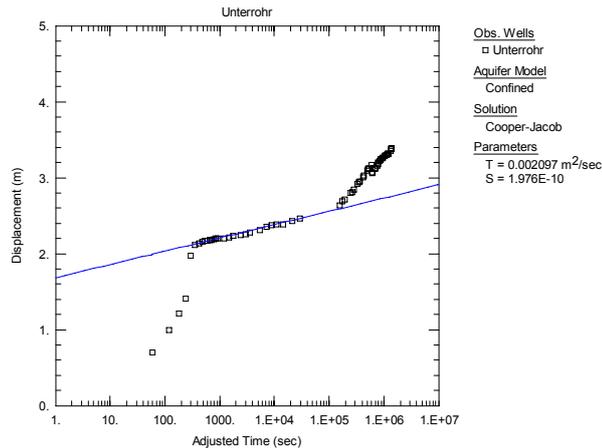


Abbildung 192: Auswertung der Absenkung nach COOPER & JACOB

Die Aufspiegelungskurve nach der ersten Pumpstufe lässt zwar den Brunneneffekt nicht erkennen, bestätigt jedoch die Existenz einer Barriere. Die Auswertung liefert die Transmissivität von $T = 2,49 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$. Noch ausgeprägter ist der Einfluss der Barriere an der Aufspiegelungskurve nach der zweiten Pumpstufe zu erkennen, wobei die Auswertung eine etwas höhere Transmissivität von $T = 3,00 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ für den Aquifer ergibt (Abbildung 193).

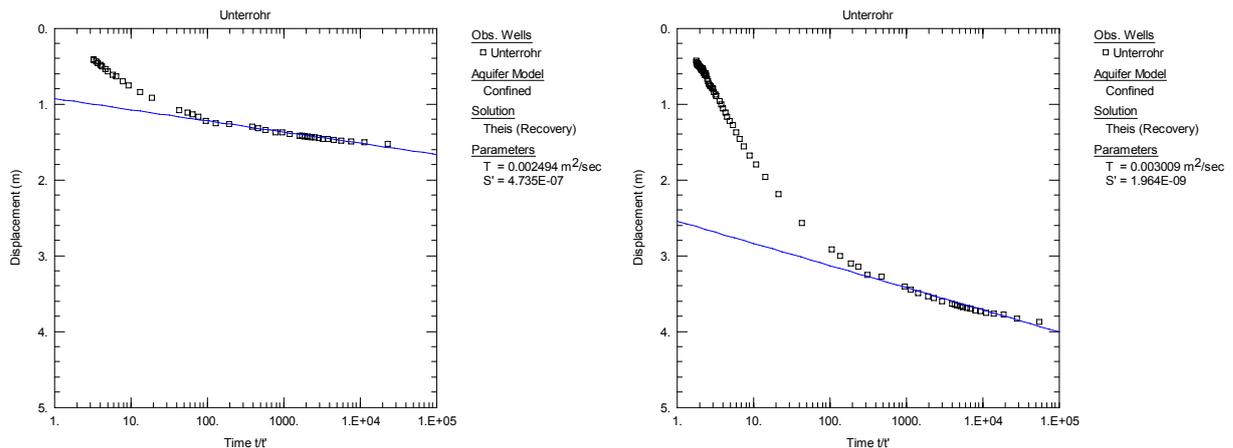


Abbildung 193: Auswertung der Aufspiegelung nach der ersten (links) und der zweiten Förderstufe (rechts) nach THEIS

9.2.5.5.40 Urscha 1 (ID 6172501)

In den Bohrungen Urscha 1 und 2 wurden gleichzeitig die Pumpversuche mit gegenseitiger Beobachtung der Bohrungen durchgeführt. Beide Pumpversuche waren zweistufig, in der Bohrung Urscha 1 mit den Förderstufen von 3,6 – 5,4 l/s und in der Bohrung Urscha 2 mit den Förderstufen von 1,0 – 1,5 l/s. Die Auswertung erfolgte unter gegenseitiger Berücksichtigung der Förderung in dem jeweiligen benachbarten Brunnen. Die Bohrungen liegen ca. 8 m voneinander entfernt und erschließen den gleichen Aquifer. Durch Anwendung des Superpositionsprinzips können somit die Daten nach THEIS ausgewertet werden. Die Entnahme begann in der Bohrung Urscha 2 50 Minuten früher als in der Bohrung Urscha 1. Dementsprechend war die Absenkung in der Bohrung Urscha 1

zu Beginn der Entnahme bereits vorbelastet. Die Auswertung ergibt eine Transmissivität von $T = 5,68 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ und einen Speicherkoeffizienten von $S = 7,14 \cdot 10^{-3}$ (Abbildung 194).

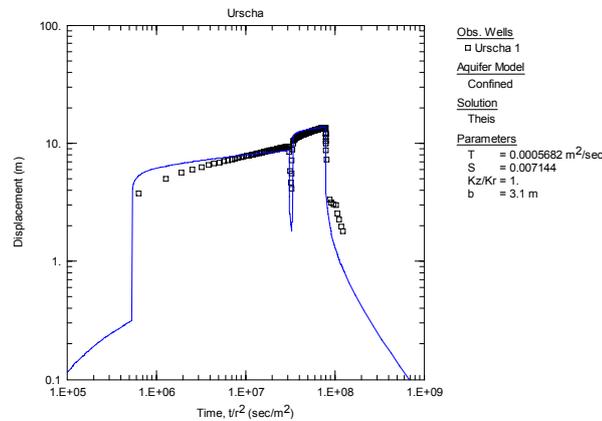


Abbildung 194: Auswertung des Gesamtpumpversuches nach THEIS

9.2.5.5.41 Urscha 2 (ID 6172502)

Die Auswertung des Pumpversuches wurde in Zusammenhang mit dem Pumpversuch in der Bohrung Urscha 1 durchgeführt. Bereits die Betrachtung der Absenkungskurven lässt den Brunneneffekt in der Bohrung erkennen. Sowohl in der halblogarithmischen als auch in der doppellogarithmischen Darstellung macht sich die Abweichung vom theoretischen Modell eindeutig bemerkbar. Die Auswertung nach COOPER & JACOB liefert die Werte von $T = 4,92 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ und $S = 3,51 \cdot 10^{-5}$, die sehr gut mit jenen von $T = 5,00 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ und $S = 2,64 \cdot 10^{-5}$ nach PAPADOPULOS & COOPER übereinstimmen (Abbildung 195).

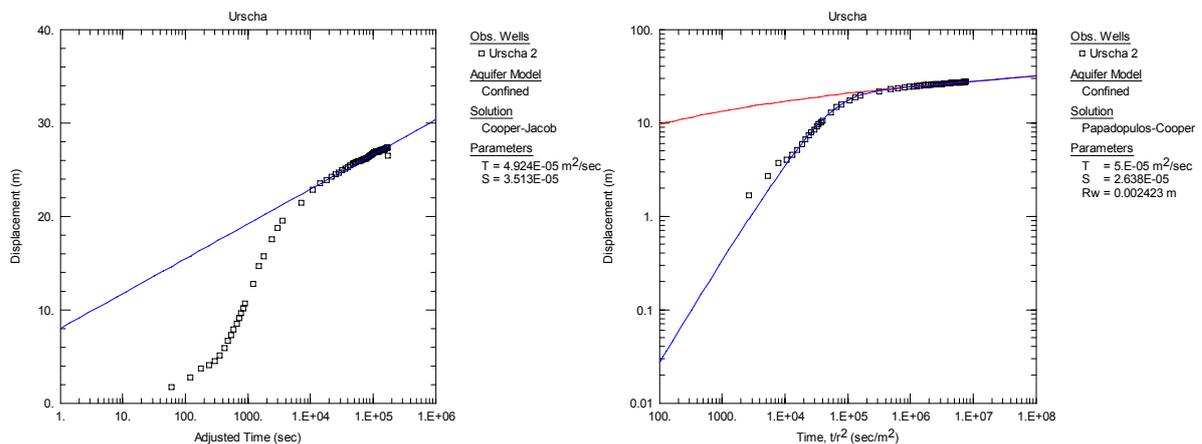


Abbildung 195: Auswertung der Absenkung (1. Stufe) nach COOPER & JACOB (links) und nach PAPADOPULOS & COOPER, Brunnenspeicherung (rechts)

Die Auswertungen der beiden Aufspiegelungsphasen bestätigen den brunnenspezifischen Einfluss und liefern im Wesentlichen die gleichen Transmissivitäten mit $T = 5,09 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ und $T = 4,51 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ (Abbildung 196).

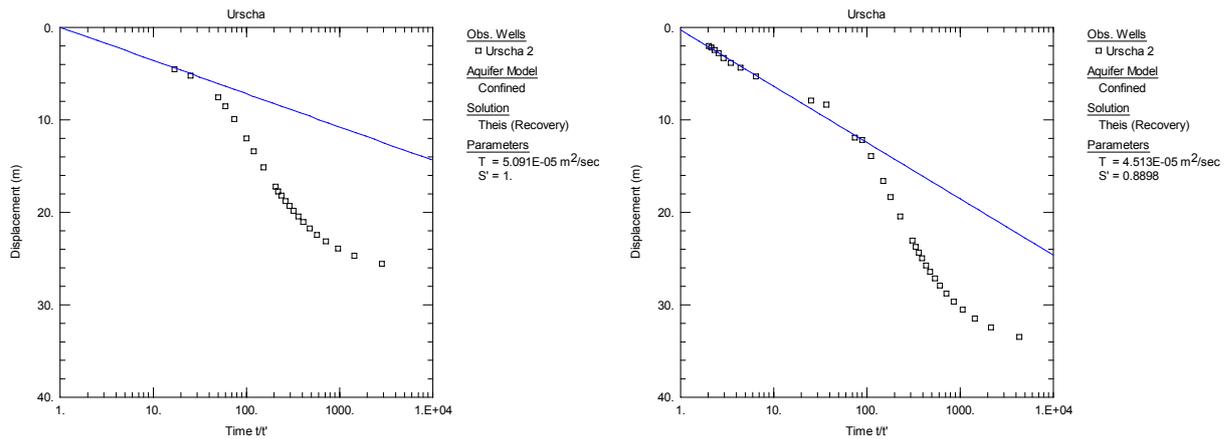


Abbildung 196: Auswertung der Aufspiegelung nach der ersten (links) und der zweiten Förderstufe (rechts) nach THEIS

9.2.5.5.42 Waltersdorf Nord (ID 6074805)

In der Bohrung sind zwei Horizonte verfiltert, wobei der obere aus hydraulischer Sicht eher zu vernachlässigen ist (Ton, Schluff). Der untere Horizont (Mittel- bis Grobkies) wird für die Auswertung alleine als Aquifer betrachtet und mit einer Mächtigkeit von 5 m berücksichtigt.

Die Absenkungskurve lässt den Effekt der Brunnenspeicherung und/oder den Skineffekt erkennen, während die Wiederanstiegskurve eine laterale Inhomogenität des Aquifers zeigt. Den brunnennahen und brunnenernen Bereich charakterisiert eine Transmissivität von $T = 3,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$, dazwischen liegt eine Zone höherer Transmissivität von $T = 6,8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$. Der durch den Pumpversuch erfasste Aquiferbereich kann mit einer Transmissivität von $T = 3,7 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ charakterisiert werden. Die Wiederanstiegskurve gibt weiters den Hinweis darauf, dass sich der Speicherkoeffizient während der Absenkungszeit verringert ($1 < t/t' < 2$), was z.B. durch eine irreversible Kompression des Korngerüstes auftreten kann (Abbildung 197).

Der Speicherkoeffizient unter Berücksichtigung der Brunnenspeicherung (Methode nach PAPADOPULOS & COOPER) errechnet sich zu $S = 8,5 \cdot 10^{-2}$. Dem gegenüber ergibt die Berechnung des Speicherkoeffizienten aus der Luftdruckwirksamkeit $S = 4,1 - 5,5 \cdot 10^{-5}$.

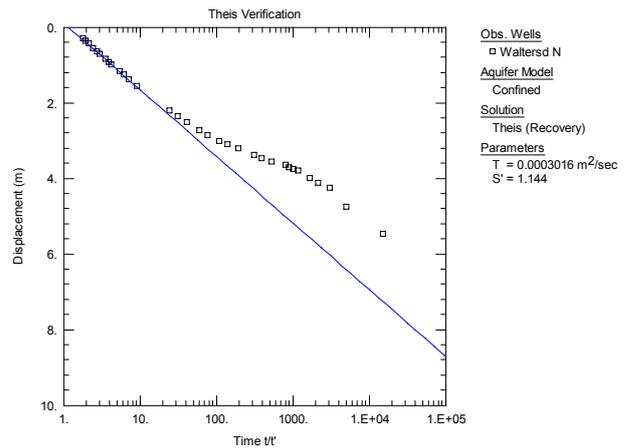
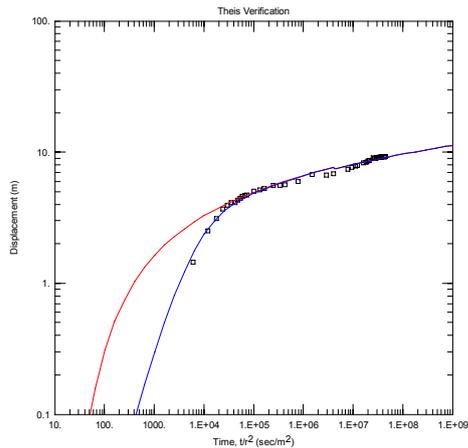


Abbildung 197: Auswertung der Absenkungskurve (links) nach COOPER & JACOB und der Wiederanstiegskurve (rechts) nach THEIS

9.2.5.5.43 Waltersdorf Süd (ID 6074806)

Die beiden Pumpversuche wurden im Herbst 1987 und 1988 mit schwankender Entnahmemenge durchgeführt, wobei die Absenkungsphase des Pumpversuches 1988 den Brunneneffekt erkennen lässt. Somit wurden die Auswertungen nach THEIS und nach PAPADOPULOS & COOPER durchgeführt. Die Auswertung des Pumpversuches 1987 liefert die Werte $T = 3,3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ und $S = 1,5 \cdot 10^{-4}$, während der zweite Pumpversuch $T = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ und $S = 2,9 \cdot 10^{-4}$ errechnen lässt (Abbildung 198).

Der Verlauf der Wiederanstiegskurve erhärtet die Annahme der Brunnenspeicherung. Der letzte Abschnitt der Wiederanstiegskurve schneidet die Abszisse bei $t/t' < 1$. Somit kann der Schluss gezogen werden, dass der Aquifer eine begrenzte räumliche Ausdehnung aufweist (Abbildung 199).

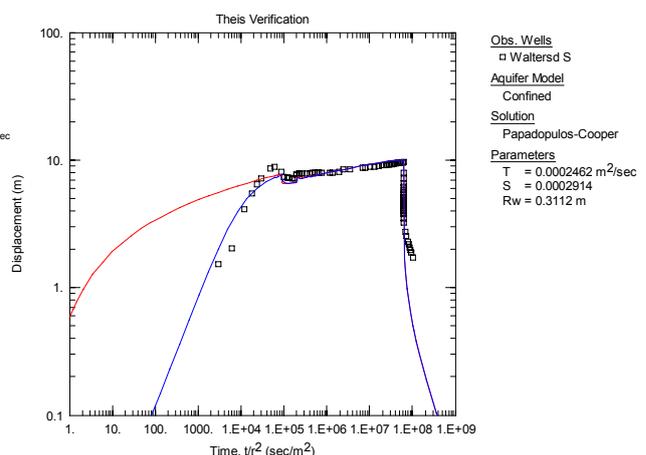
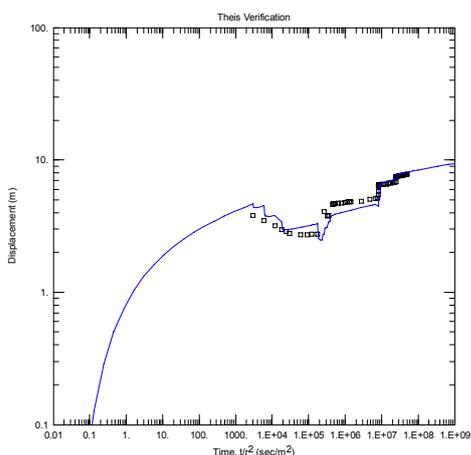


Abbildung 198: Auswertung der Absenkungskurve von PV 1 (links) nach THEIS und der Absenkungskurve von PV 2 (rechts) nach PAPADOPULOS & COOPER

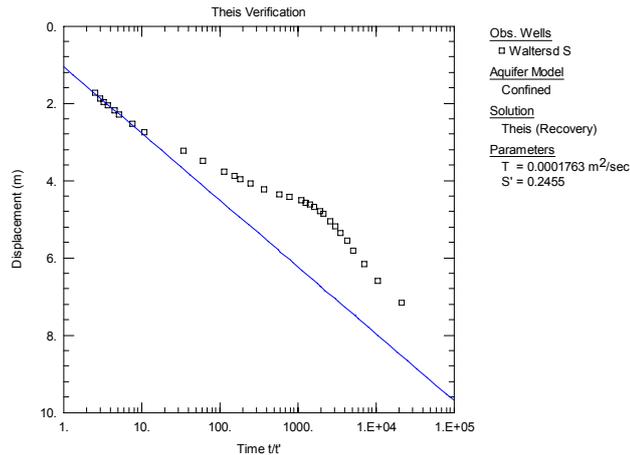


Abbildung 199: Auswertung der Wiederanstiegskurve von PV 2 nach THEIS

9.2.5.5.44 Wörth (ID 6075001)

In der Bohrung wurde ein zweistufiger (2,8 – 5 l/s) Pumpversuch durchgeführt. Die Auswertung beider Förderstufen erbrachte Hinweise auf die Beeinflussung der Daten durch Brunnenspeicherung. Daher wurde die erste Absenkungsphase nach PAPADOPULOS & COOPER ausgewertet und die hydraulischen Eigenschaften von $T = 8,02 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ und $S = 2,55 \cdot 10^{-7}$ ermittelt. Unter Berücksichtigung des Brunneneffektes wurde auch die Aufspiegelung nach der zweiten Förderstufe ausgewertet, welche eine Transmissivität $T = 7,51 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ ergab (Abbildung 200). Aquiferspezifische Einflüsse sind an den Kurven nicht erkennbar.

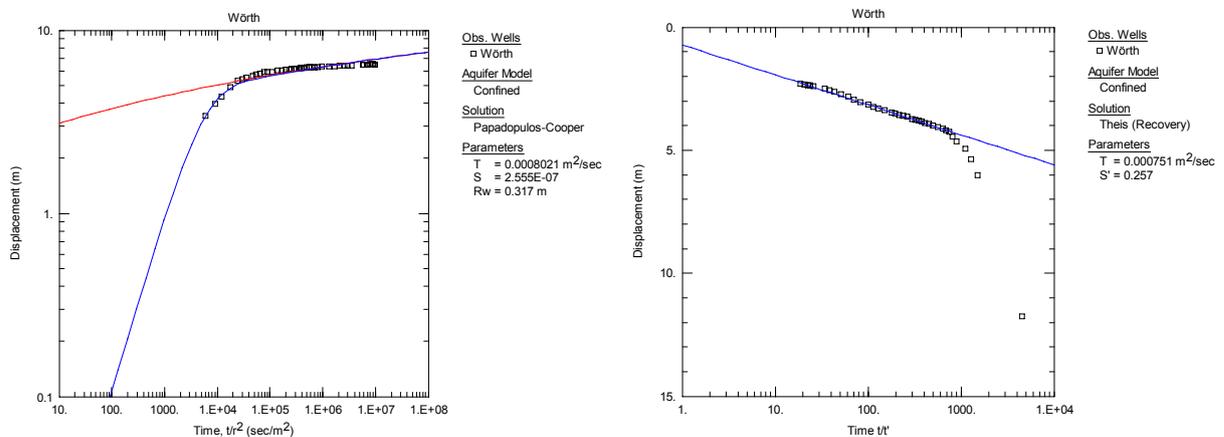


Abbildung 200: Auswertung der Absenkung (1. Stufe) nach PAPADOPULOS & COOPER (links) und der Aufspiegelung nach der 2. Stufe nach THEIS (rechts)

9.2.5.5.45 Wünschendorf – Hofstätten 4 (ID 6171903)

In der Bohrung wurde ein einstufiger Pumpversuch mit der Förderrate von 1,6 (- 1,7) l/s durchgeführt. In der Bohrung sind zwei Horizonte erfasst, die gleichzeitig getestet wurden. Die Brunnenspeicherung ist sowohl an der Absenkungskurve als auch an der Aufspiegelungskurve erkennbar, sie ist jedoch nicht ausgeprägt. Die Aufspiegelungskurve weist weiters auf eine mögliche Barriere hin. Die aufgrund der Absenkung nach THEIS ermittelten Werte liegen bei $T = 2,40 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ und $S = 3,66 \cdot 10^{-3}$. Die

Aufspiegelung liefert unter Berücksichtigung des mittleren Kurvenabschnittes eine etwas höhere Transmissivität von $T = 3,81 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ (Abbildung 201).

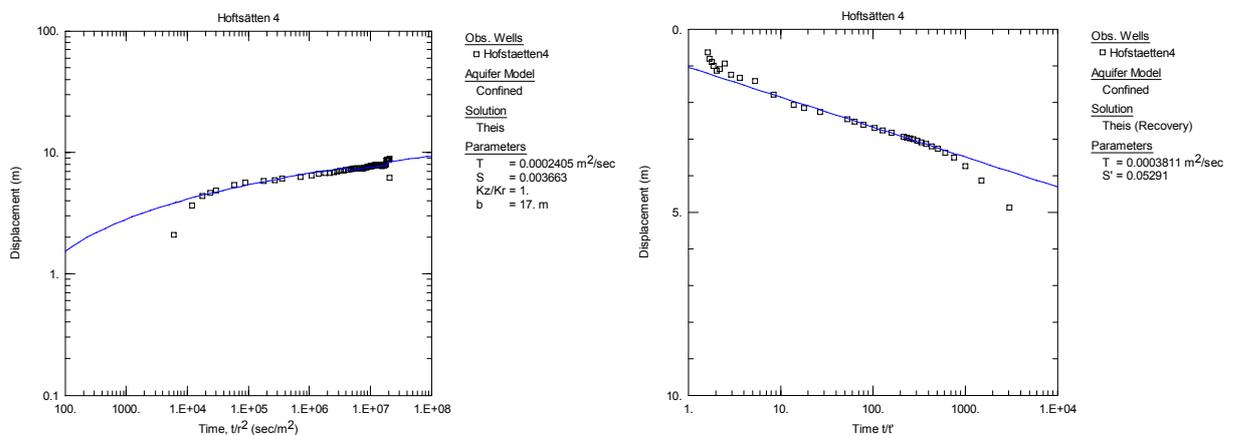


Abbildung 201: Auswertung der Absenkung (links) und der Aufspiegelung (rechts) nach THEIS

9.2.5.6 Zusammenfassung der ermittelten hydraulischen Eigenschaften

Im Folgenden sind die ermittelten hydraulischen Eigenschaften für das gesamte NANUTIWA-Projektgebiet tabellarisch zusammengefasst. Diese Tabellen beinhalten Daten, die aus den Gutachten und Berichten über Pumpversuchsauswertungen übernommen und jene, die im Laufe des Projektes neu ausgewertet worden sind. Die Tabelle 8 und Tabelle 9 sollen einen Überblick über die hydraulischen Eigenschaften wie Transmissivität und Durchlässigkeit der wichtigsten gespannten Aquifere im Projektgebiet geben.

ID	Bohrung	Transmissivität [m ² /s]	Mächtigkeit [m]	k _f [m/s]
2050	Mariasdorf 1	1,05E-04	24,00	4,38E-06
9508	Mariasdorf 2	4,59E-04	7,00	6,56E-05
1583	Bocksdorf	3,56E-04	7,00	5,09E-05
1056	Unterwart 1	1,20E-03	15,00	8,00E-05
1057	Unterwart 2	1,50E-03	15,00	1,00E-04
1058	Unterwart 3	1,41E-03	8,50	1,66E-04
1059	Unterwart 4	6,65E-03	8,50	7,82E-04
1015	Grafenschachen	2,18E-03	14,00	1,56E-04
1019	Grafenschachen/Kotwiese	8,37E-04	50,00	1,67E-05
1120	Gfangen	2,51E-04		
2042	WV Südl. Bgld.1 - Br. Gortan	2,20E-03		
2036	WV Südl. Bgld.1 - Br. 4a	4,02E-04		
1238	WV Südl. Bgld.1 - Br. 7	4,41E-04	30,00	1,47E-05
2039	WV Südl. Bgld.1 - Br. 8	2,75E-04		
1043	WV Südl. Bgld.1 - Nad. 9	6,60E-04		
1041	WV Südl. Bgld.1 - Nad. 9a	6,50E-04		
2020	WV Südl. Bgld.1 - Kemetten 10	8,23E-04	47,50	1,73E-05
1947	Heiligenkreuz B7	1,00E-04	9,00	1,11E-05
1964	Heiligenkreuz B9	4,88E-04	24,00	2,03E-05
1997	Heiligenkreuz B12	4,39E-04	49,00	8,96E-06
2001	Heiligenkreuz B16	1,18E-03	42,00	2,81E-05
2002	Heiligenkreuz B17	7,53E-04	42,00	1,79E-05
2004	Heiligenkreuz B19	2,89E-04	48,00	6,02E-06
1941	Heiligenkreuz B23	1,21E-04	54,00	2,24E-06
1806	Hannersdorf	5,82E-03		
1459	Güttenbach	2,05E-04	6,50	3,15E-05
1935	Grieselstein 1	2,22E-04	15,50	1,43E-05
1936	Grieselstein 2	1,19E-04		
1939	Grieselstein 3 (2-3. Horizont)	1,22E-04		
1939	Grieselstein 3 (1. Horizont)	3,40E-04		
1458	Mooswald	1,43E-03		
1335	Litzelsdorf 1	2,25E-04	170,00	1,32E-06
1399	Litzelsdorf Erlenwald	6,11E-04		
1123	Oberschützen - Brunnen Hopfau	2,66E-04		
1118	Wiesfleck	2,52E-04		
9500	Kalch 4	1,51E-04		
2030	Stögersbach Br. 6	5,18E-05	24,00	2,15E-06

Tabelle 8: Hydraulische Eigenschaften der Aquifere im Teilgebiet Burgenland

ID	Bohrung	Transmissivität [m ² /s]	Mächtigkeit [m]	k _f [m/s]
6050236	Bierbaum	3,79E-04	3,00	1,26E-04
6070101	Blaindorf/Pötmühle	3,26E-04	7,20	4,53E-05
6050201	Blumau (Strang A, tiefer Horizont)	7,64E-04	1,50	5,09E-04
6050304	Burgau 3	2,02E-03	12,60	1,60E-04
6070206	Dombachtal II	6,32E-04	4,20	1,50E-04
6070204	Dombachtal III	1,84E-04	1,10	1,67E-04
6070503	Ebersdorf II	2,64E-04		
6070504	Ebersdorf III	3,27E-04	3,00	1,09E-04
6071002	Eggendorf/Hartberg	1,85E-04	8,00	2,31E-05
6040903	Eichkögel	2,60E-04	6,60	3,94E-05
6071105	Flattendorf	3,02E-04	5,40	5,59E-05
6041005	Fehring Badbrunnen	6,85E-04		
6070203	Geiseldorf	1,67E-03	7,00	2,39E-04
6070901	Großhart	1,37E-04	14,00	9,79E-06
6050503	Grosshartmannsdorf I	4,40E-04	4,30	1,02E-04
6050823	Grosshartmannsdorf II	1,30E-04	5,00	2,60E-05
6050502	Grosssteinbach II	7,65E-04	4,50	1,70E-04
6050727	Hainersdorf	5,15E-04	3,40	1,51E-04
6050639	Hainfeld 1	4,58E-04	13,80	3,32E-05
6171804	Hirnsdorf 1	1,16E-05	11,60	1,00E-06
6171801	Hirnsdorf 2	2,08E-04	18,00	1,16E-05
6171803	Hirnsdorf 4	3,60E-05	2,80	1,29E-05
6171806	Hirnsdorf Molkerei IV	2,80E-03	4,00	7,00E-04
10976	Höflach	1,97E-03		
6171903	Hofstätten 4 (Wünschendorf)	2,42E-04	17,00	1,42E-05
6050205	Jobst	5,90E-04	2,10	2,81E-04
6071502	Kaindorf I	2,85E-04	5,20	5,48E-05
6071503	Kaindorf II	7,05E-04	10,20	6,91E-05
6071501	Kaindorf (West) III	5,90E-04	2,40	2,46E-04
6050203	Kleinsteinbach 1	3,50E-04	17,50	2,00E-05
6050204	Kleinsteinbach 2	2,85E-04	13,00	2,19E-05
6050505	Kroisbach	5,49E-04	5,00	1,10E-04
6074807	Leitersdorf	6,02E-04	6,00	1,00E-04
6071101	Löffelbach	3,47E-05	6,00	5,78E-06
6171601	Markt Hartmannsdorf W	3,50E-05	6,00	5,83E-06
6051001	Nestelbach	2,51E-04	7,60	3,30E-05
6072001	Neudau I (Hammermühle 1)	2,95E-04	4,50	6,56E-05
6072002	Neudau II (Hammermühle 2)	1,45E-04	2,20	6,59E-05
6173701	Pischelsdorf	9,00E-05	5,60	1,61E-05
6072702	Rohr bei Hartberg 2	1,18E-03	8,00	1,48E-04
6071102	Schildbach 1/Hartberg	5,03E-05	15,00	3,35E-06
6071103	Schildbach 2/Hartberg	1,96E-05	8,70	2,25E-06
6070505	Ebersdorf 1	2,06E-04	6,00	3,43E-05
6070503	Ebersdorf 2	1,93E-04	9,00	2,14E-05
6050202	Speilbrunn	7,44E-04	10,00	7,44E-05
6073202	St. Johann 1	1,50E-04	7,00	2,14E-05
6073201	St. Johann 2	1,39E-04	4,50	3,09E-05
6064003	St. Marein 1	7,50E-05	3,90	1,92E-05
6064004	St. Marein 2	5,50E-05	4,20	1,31E-05

6051430	Übersbach 1	1,37E-04	4,50	3,04E-05
9517	Unterfeistritz 1	1,16E-05	8,90	1,30E-06
6174003	Unterfeistritz 2	4,63E-05	2,00	2,32E-05
6071801	Unterlimbach	1,36E-04	16,00	8,50E-06
5031	Unterlungitz	1,02E-04	10,00	1,02E-05
6072701	Unterrohr	2,45E-04	11,00	2,23E-05
6172501	Urscha 1/Ungerdorf	5,07E-05	3,10	1,64E-05
6172502	Urscha 2/Ungerdorf	5,20E-05	2,00	2,60E-05
6074805	Waltersdorf Nord	3,02E-04	5,00	6,04E-05
6074806	Waltersdorf Süd	1,14E-04	4,40	2,59E-05
6075001	Wörth a.d. Lafnitz	7,50E-04	5,50	1,36E-04

Tabelle 9: Hydraulische Eigenschaften der Aquifere im Teilgebiet Steiermark

9.3 Regionalisierung von Aquifereigenschaften

9.3.1 Korrelationsunterstützung mit Hilfe geostatistischer Methoden

9.3.1.1 Problemstellung

Ziel innerhalb dieses Themenbereiches war es, die Verteilung von gut und schlecht durchlässigen Sedimenten entlang des vertikalen Längsprofils (AT-GRA-008, AT-GRA-005, AT-GRA-007, Brunnen Gortan, AT-PIN-001, Brunnen Gfangen, NE-PIN-012, BO-PIN-011, BS-WIE-007, BT-WIE-008 – siehe Abbildung 202), welches Projektionen dieser Bohrprofile enthält, mit geostatistischen Methoden zu untersuchen (Variogrammanalyse) und anschließend mittels Kriging zu schätzen. An einem realen Datensatz werden somit die Anwendungsmöglichkeiten von geostatistischen Techniken demonstriert, um die Verteilung von Untergrundeigenschaften zu ermitteln. Diese Methode wurde für die Umsetzung im Bereich der Aquiferkorrelation getestet.

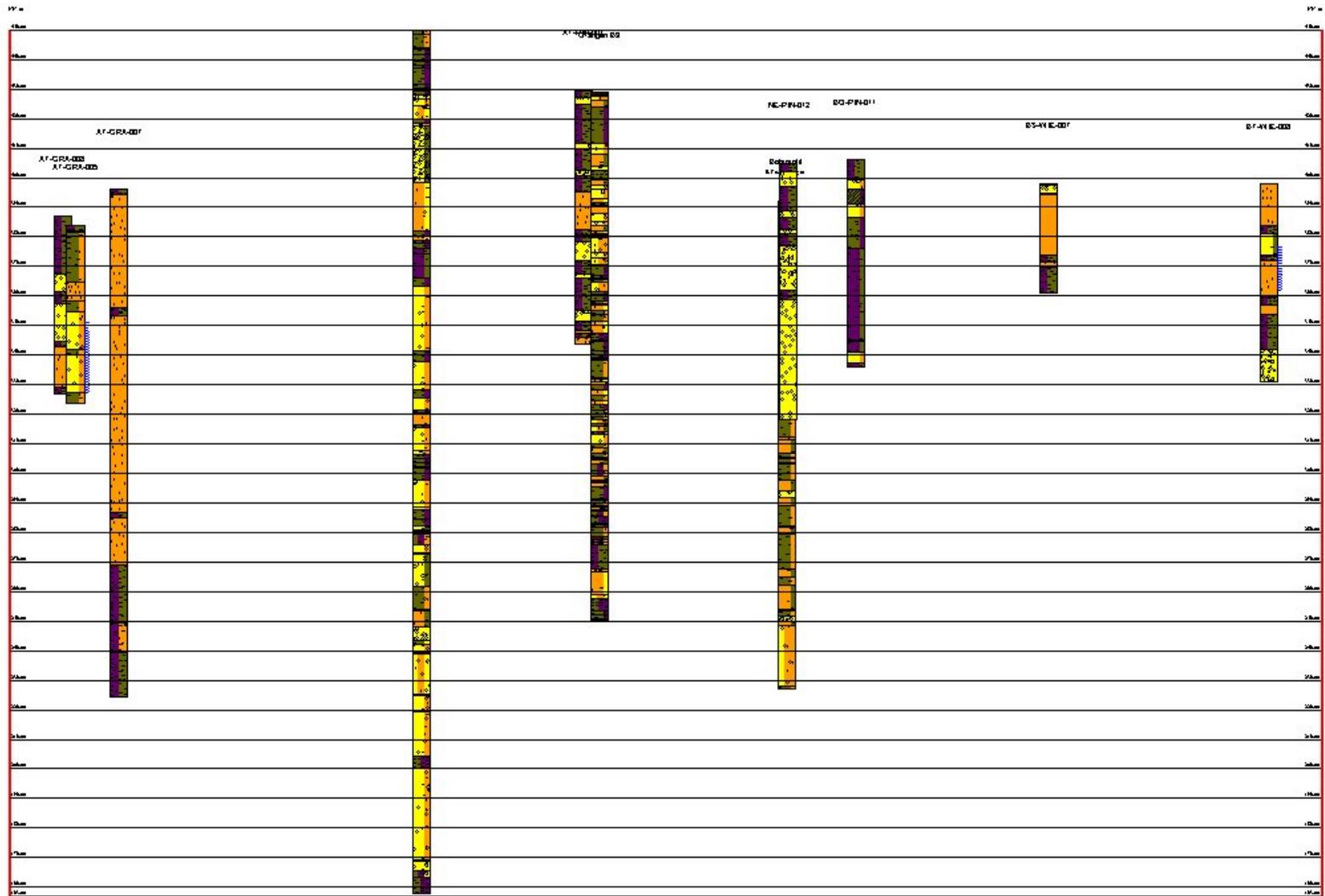


Abbildung 202: Profil Grafenschachen bis Wiesfleck

Die 4 vorhandenen Sedimentklassen werden zu 2 Gruppen (binäres System) zusammengefasst: Gut durchlässigen Sedimenten (gelb-Kiese und orange-Sande) wird der Wert 1 und schlecht durchlässigen Sedimenten (grün-Schluff und violett-Ton) der Wert 0 zugeordnet. Die jeweilige Klassifizierung erfolgte anhand der dominierenden Sedimente in der vertikalen Abstufung. Die Gesamtlänge des Längsprofils beträgt 4280 m. Abbildung 203 zeigt die resultierende Verteilung von gut durchlässigen (gelb) und schlecht durchlässigen (blau) Sedimenten entlang der 10 Bohrprofile. In dieser und allen folgenden Darstellungen ist das Profil (y-Achse) 20-fach überhöht, um eine bessere Visualisierung der Daten zu ermöglichen.

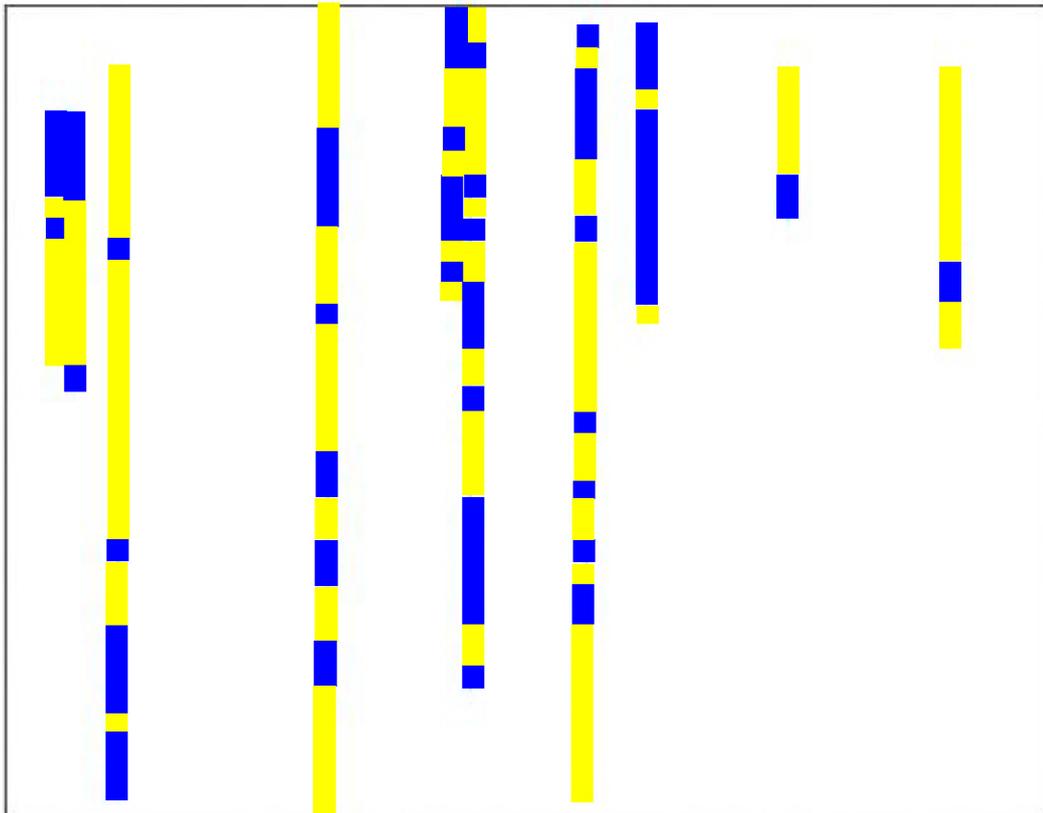


Abbildung 203: Verteilung von gut durchlässigen (gelb) und schlecht durchlässigen (blau) Sedimenten entlang von 10 Bohrprofilen im untersuchten Längsschnitt

9.3.1.2 Vertikal-ebene Strukturanalyse

Die Analyse der vertikal-ebenen Verteilung der gut und schlecht durchlässigen Sedimente erfolgte durch die Berechnung des experimentellen Variogramms. Aufgrund geologischer Überlegungen und der vorhandenen Datendichte in den beiden Hauptrichtungen wurde kein omnidirektionales Variogramm bestimmt. Stattdessen wurde getrennt ein horizontales und ein vertikales Variogramm berechnet.

Das vertikale Variogramm wurde mit einer Abstufung von 5 m Schritten zwischen den einzelnen Distanzklassen bestimmt. Die γ -Werte entsprechen somit dem Mittelwert der Autokorrelation der einzelnen Bohrung für die entsprechende Distanzklasse. Bei der Berechnung des horizontalen Variogramms sind folgende weitere Parameter zu definieren: Winkeltoleranz und Bandbreite für den

Suchbereich zu verknüpfender Messwerte (d.h. Sedimentklassifizierungen) sowie der Abstand zwischen den Distanzklassen. Aus Variationsrechnungen hat eine Kombination 20° von Winkeltoleranz, 30 m Bandbreite und einem Abstand von 250 m zwischen den Distanzklassen ein experimentelles Variogramm mit annähernd gleich vielen Wertepaaren pro Distanzklasse unter Wahrung der horizontalen Ausrichtung ergeben. Abbildung 204 und Abbildung 205 zeigen jeweils das experimentelle Variogramm (Punktdarstellung).

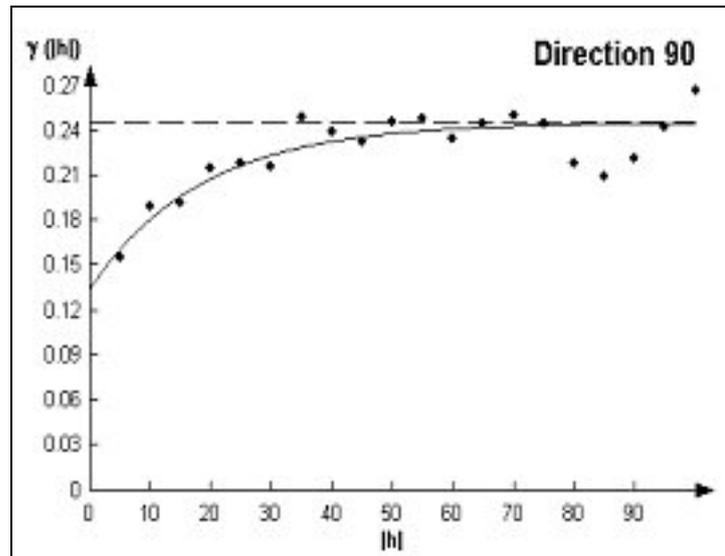


Abbildung 204: Experimentelles und angepasstes theoretisches Variogramm in vertikaler Richtung

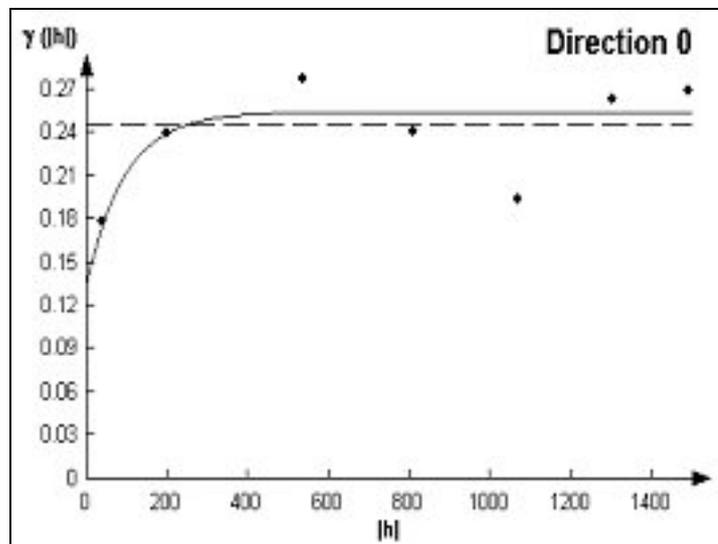


Abbildung 205: Experimentelles und angepasstes theoretisches Variogramm in horizontaler Richtung

Darüber hinaus ist in Abbildung 204 und Abbildung 205 jeweils das angepasste theoretische Variogramm (durchgezogene Linie) dargestellt. In Hinblick auf die Kriging-Schätzung wurde der gleiche Variogrammtyp (exponentielles Modell) sowie der gleiche nugget-Wert bei der Anpassung des theoretischen an das experimentelle Variogramm verwendet. Zwischen der horizontalen und der

vertikalen Richtung ergibt sich eine geometrische Anisotropie der Korrelationslänge im Verhältnis von ca. 5:1 (285:55) bei praktisch gleicher Varianz.

9.3.1.3 Kriging-Schätzung, Zusammenfassung

Bei der Kriging-Methode wird unter Einbeziehung benachbarter Messungen ein Wert an der zu schätzenden Stelle bestimmt. Dabei ergeben sich die Gewichte der einzelnen Messungen aus der Variogrammfunktion und der Lösung eines zugehörigen Gleichungssystems. Für die geostatistische Schätzung wurde ein Diskretisierungsintervall in horizontaler Richtung von 50 m gewählt. In vertikaler Richtung wurde ein Diskretisierungsabstand von 5 m zwischen 420 und 230 müA gewählt, da in diesem Bereich bei den meisten Bohrungen Klassifizierungen der Sedimente existieren.

Für die Kriging-Schätzung wurden anschließend die Radien der Suchellipse und die minimale bzw. maximale Anzahl von zu verwendenden Messwerten definiert. Aufgrund der unterschiedlichen Datendichte in horizontaler und vertikaler Richtung sind verschiedene Parameterkombination untersucht worden; insbesondere ist die Suchellipse in vertikaler Richtung einzuschränken, da sonst die verwendeten Messwerte überwiegend vom nächstgelegenen Bohrprofil in vertikaler Abfolge stammen und keine horizontale Korrelation berücksichtigt wird.

Abbildung 206 zeigt in dieser Hinsicht eine Variante mit Radien der Suchellipse von 285 bzw. 10 m und mit minimal 3 und maximal 9 verwendeten Messwerten. Man kann erkennen, dass eine vertikale Blockbildung aufgrund der höheren vertikalen Datendichte vorherrscht. Lediglich im oberen Zentralbereich und an der linken Grenze des modellierten Bereichs gibt es eine horizontale Beeinflussung des Schätzwertes.

Als Kontrast dazu zeigt Abbildung 207 ein Ergebnis, wo die Suchellipse in horizontaler Richtung so weit ausgedehnt worden ist, dass das zu schätzende Gebiet bis auf den rechten unteren Bereich, in dem keine Messwerte vorliegen, komplett abgedeckt werden kann. Der horizontale Radius der Suchellipse beträgt bei dieser Variante 475 m (das heißt ca. 2/3 mehr als die Korrelationslänge) und es wurde ein Anisotropieverhältnis von 10:1 angewendet. Es lassen sich eindeutig schwerpunktmäßig gut (rot-gelb) und schlecht (blau) durchlässige Bereiche voneinander unterscheiden. Allerdings ist zu bedenken, dass in den geschätzten Bereichen jenseits der Korrelationslängen lediglich der Mittelwert der Messwerte (grüne Darstellung) abgebildet wird.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die klassische Anwendung der Kriging Schätzmethode die Quantifizierung von nachvollziehbaren und weitgehend objektiven Ergebnissen ermöglicht, die für weitergehende Untersuchungen (z.B. Grundwassermodellierung) verwendet werden können. Darüber hinaus bildet die Variogrammanalyse auch die Basis für andere geostatistische Verfahren, mit Hilfe derer die Unsicherheiten bei der Bestimmung des Schätzwertes sowie dessen mögliche Variabilität berücksichtigt werden können.

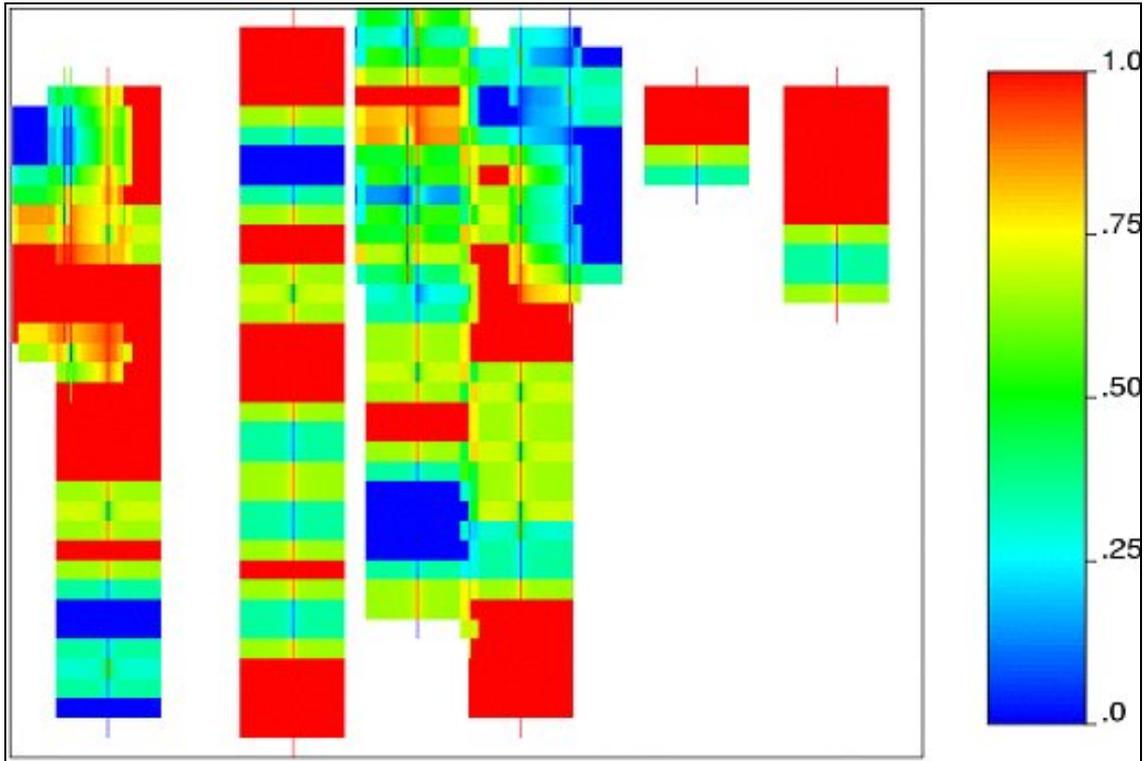


Abbildung 206: Kriging-Schätzung der Sedimenteigenschaften mit Radien der Suchellipse von 285 bzw. 10 m

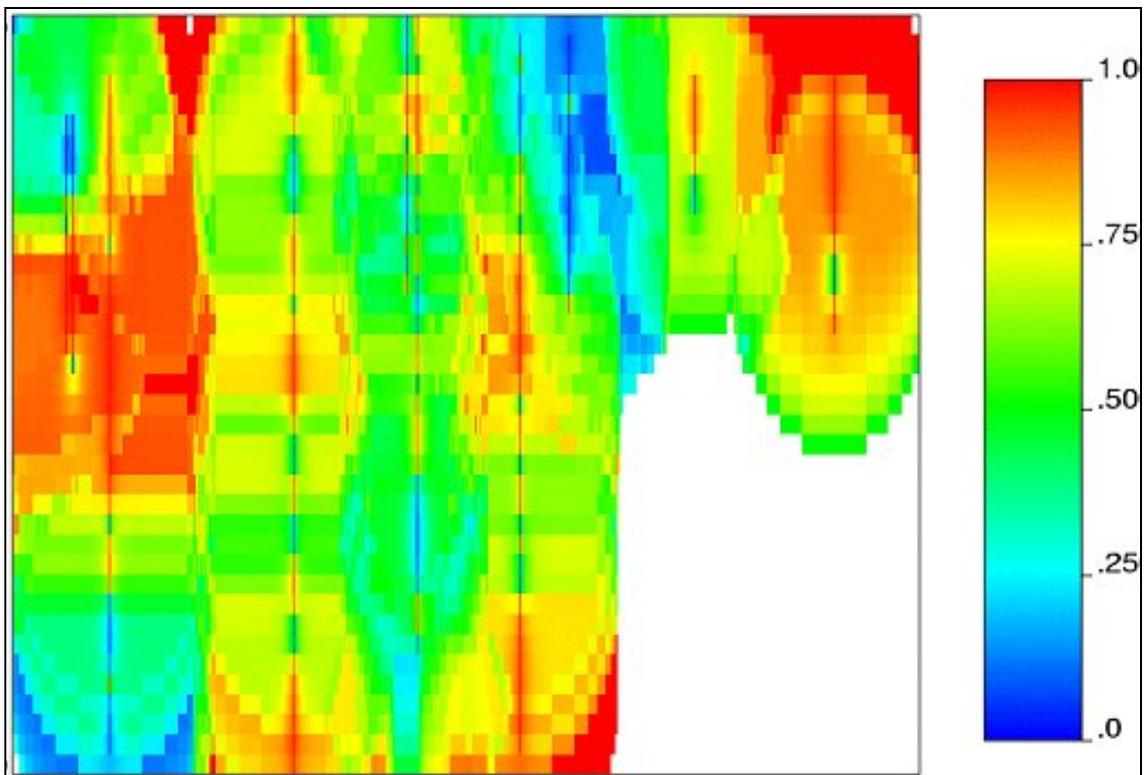


Abbildung 207: Kriging-Schätzung der Sedimenteigenschaften mit Radien der Suchellipse von 475 bzw. 47,5 m

9.3.2 Geostatistische Auswertung der Untergrundeigenschaften

Trotz des teilweise geclusterten Auftretens der Bohrungen wurde nachstehend versucht die hydrogeologisch relevanten Eigenschaften der Beckenfüllung zu regionalisieren und derartige Bereiche mit unterschiedlichen Mächtigkeiten der potentiellen Grundwasserleiter auszuweisen.

9.3.2.1 Methodik - Analyse von Bohrprofilen

Die tiefenbezogenen Rohdaten wie Lithologie, Farbe, Festigkeit etc. Stratigraphie wurden in PRODATA übernommen und für die folgende Auswertung herangezogen. Die Lithologie wurde entsprechend den Kurzbezeichnungen des Hannoveraner Code erfasst. Tabelle 10 zeigt die Klassifikation der in den Bohrprofilen häufig verwendeten und in der ÖNORM nicht enthaltenen Begriffe wie Mergelton, Kalkmergel, Tonmergel, Mergelkalk nach Karbonatgehalt und Korngröße.

Karbonat- gehalt in Gew. %	Klassifizierung karbonathältige Sedimente					
	Benennung und Kurzzeichen nach dem Hannoveraner Code (in Anlehnung an FÜCHTBAUER, H. & MÜLLER, G. 1977)					
0 - 2	Sand	S	Schluff	U	Ton	T
	schluffiger Sand	S;u	sandiger Schluff	U;s	sandigerTon	T;s
	toniger Sand	S;t	toniger Schluff	U;t	schluffiger Ton	T;u
2 - 10	mergeliger Sand	S;m	mergeliger Schluff	U;m	mergeliger Ton	T;m
10 - 25	Mergelsand		Mergelschluff		Mergelton	Tm
25 - 50	Sandmergel		Schluffmergel		Tonmergel	Mt
50 - 75	Kalksandstein	[^] sk	(Schluff)Kalkmergel		(Ton)Kalkmergel	MK
75 - 90		Mergelkalk		Km		
90 - 100		Kalk(stein)		[^] k		

Tabelle 10: Klassifizierung karbonathaltiger Sedimente in Anlehnung an FÜCHTBAUER & MÜLLER 1977.

(Die in den Bohrprofilen gebräuchlichsten Begriffe sind grau hinterlegt.)

Für die weitere statistische Bearbeitung der Profile war es erforderlich, die große Anzahl verschiedenster Lithologieansprachen in hydrogeologisch relevante Klassen überzuführen. Dies erfolgte durch Zusammenfassung aller möglichen Lithologiebeschreibungen zu 12 Leiterklassen entsprechend Tabelle 11.

⇄ Abnehmende Korngröße der Hauptgemengteile ⇄	⇄⇄⇄ Abnehmendes nutzbares Porenvolumen ⇄⇄⇄ durch Zunahme des Feinkornanteiles der Nebengemengteile				
	1		2		3
1	X, Y, B, C, G, gS; x, y, g, s, gs	11	X, Y, B, C, G ; ms, fs, u, t, l	12	^k 13
2	S, mS, fS x, y, g, s, gs;	21	S, gS, mS ms, fs, u, t, l	22	^sk, ^s x, y, g, gs 23
3	U; x, y, g, s, gs	31	fS; ms, u, t, l	32	^sk, ^s, ^c, ^b u, t, l, m 3
4	T, Tm, Mt, Km, Mk, L, M, Loe x, y, g, gs	41	U, T, L; Tm, Mt, Km, Mk, M, Loe fs, ms, u, t, l	42	^tsf, ^m, ^ko, Hz 43

Potentielle Grundwasserleiter
 Gering- bzw. Nichtleiter

Erläuterungen: Großbuchstaben bezeichnen Hauptgemengteile
 Kleinbuchstaben bezeichnen Nebengemengteile
 Bezeichnung nach Hannoveraner Code

Legende:	Hauptgemengteil	Nebengemengteil	weitere Locker- gesteine, z.T. kalkhaltig	Festgesteine
	fX Stein	fx steinig	Hr Humus	^b Brekzie
	B Brocken	b Brock.führend	Mk Kalkmergel	^sk Kalksandstein
	C Geröll	c geröllführend	HZ Lignit	^m Mergelstein
	mX Blöcke	mx blockig	Loe Löß	^c Konglomerat
	gX Blockwerk	gx Blockw.führend	M Mergel	^s Sandstein
	S Sand	s sandig	Km Mergelkalk	^ko Kohlengestein
	G Kies	g kiesig	Tm Mergelton	^k Kalk
	U Schluff	u schluffig	Mt Tonmergel	^tsf Tonschiefer
	T Ton	t tonig		
	L Lehm	l lehmig		

Abstufungen der Korngröße werden durch vorangestellte Kleinbuchstaben
(g = grob, m = mittel, f = fein) ausgedrückt.

Tabelle 11: Überführung der Lithologiebeschreibungen in geohydraulisch relevante Klassen

Dabei wurden die Sedimente entsprechend abnehmender Korngröße und abnehmender Porosität in unterschiedliche Klassen gegliedert. Eine Ausnahme bilden die Festgesteine, welche jedoch in den beschriebenen Bohrprofilen nur untergeordnete Bedeutung besitzen und nur als geringmächtige Horizonte beschrieben wurden.

Die grobklastischen Sedimente der Klassen 11, 12, 21, 22 wurden als potentielle Grundwasserleiter zusammengefasst und stehen den restlichen Sedimenten, die als potentielle Gering- oder Nichtleiter

aufgefasst werden, gegenüber. Eine Sonderstellung kann hier der schluffig-tonige, lehmige Feinsand der Klasse 23 bilden, der für den regionalen Grundwasserdurchfluss trotz seiner geringen Durchlässigkeit noch Bedeutung besitzen kann, wie Pumpversuchsauswertungen belegen.

Die Unterteilung der variationsreichen Gesteinstypen in potentielle Grundwasserleiter und -nichtleiter bildet auch in weiterer Folge die Grundlage für die Berechnung der Sand/Ton-Verhältnisse, welche Ausdruck für das Verhältnis zwischen wasserleitenden und wasserstauenden Schichtmächtigkeiten in den einzelnen Bohrungen sind.

Die Diskretisierung in Z-Richtung (Bohrtiefen) erfolgte auf Basis der Verteilung der Endtiefen aller lagebekannten Bohrungen im Untersuchungsgebiet. Da nur solche Bohrungen in der statistischen Auswertung Berücksichtigung finden können, die eine Tiefenstufe vollständig durchörtern, wurden die Tiefenstufen für die Auswertung derart gewählt, dass entsprechend der Verteilung der Endtiefen der Bohrungen (siehe Abbildung 208) möglichst wenige Informationen verloren gehen.

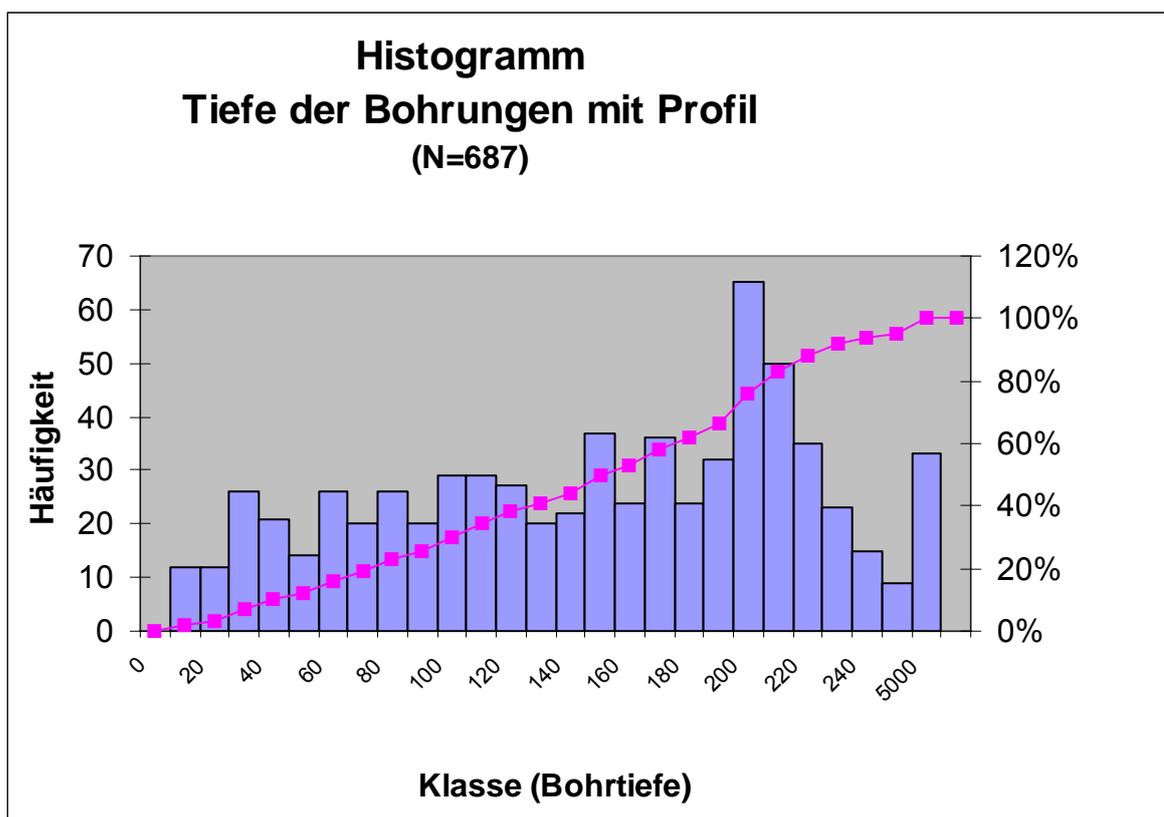


Abbildung 208: Verteilung der Bohrtiefen

Da die Summenkurve einen stetigen Verlauf bis 200 m Bohrtiefe aufweist, wurden einheitliche relative Tiefenstufen von 50 m ab Gelände gewählt. Die daraus resultierende Profilanzahl bzw. Schichteinträge je Tiefenstufe sind in Abbildung 209 und Abbildung 210 dargestellt. Die abnehmende

Datendichte muss bei der Interpretation der berechneten Sand/Ton Verhältnisse und der Nettomächtigkeiten der potentiellen Aquifere berücksichtigt werden. Zugleich wurden absolute Tiefenstufen im m.ü.A. eingeführt.

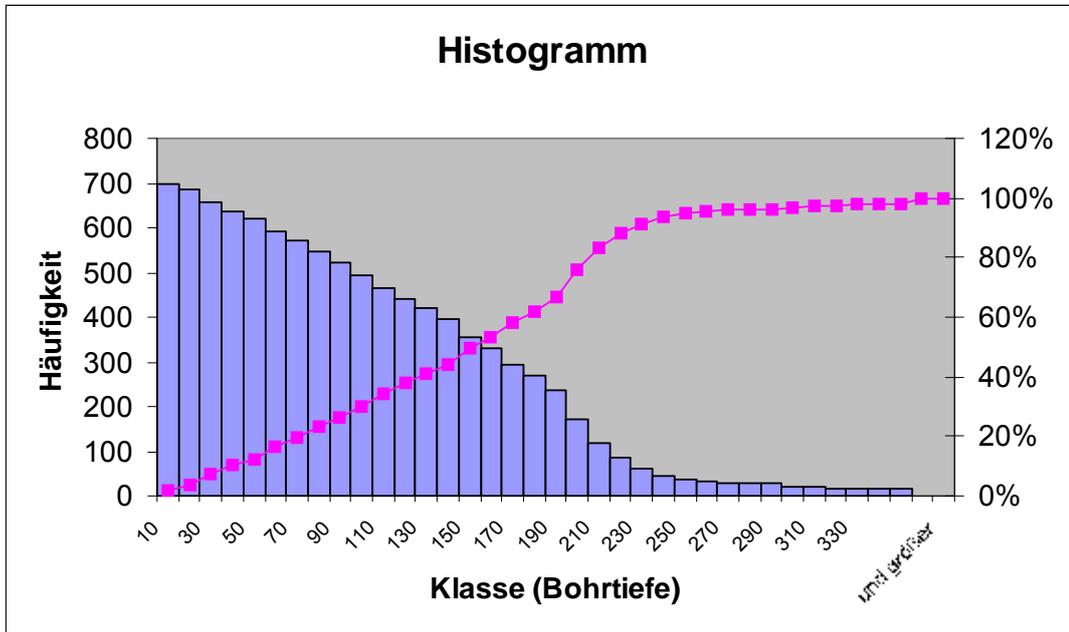


Abbildung 209: Profildichte pro Tiefenstufe

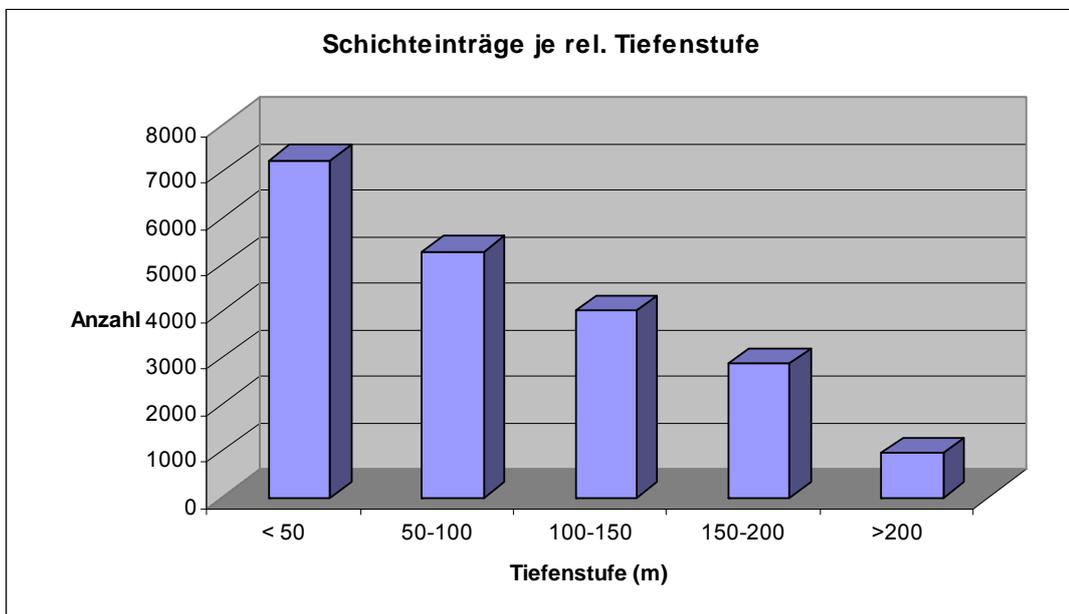


Abbildung 210: Schichteinträge je relative Tiefenstufe

9.3.2.2 Aquifereigenschaften, Aquifermächtigkeiten

Um Hinweise auf die Mächtigkeitsverteilung potentieller Grundwasserleiter in Bereich einer Tiefenstufe zu erhalten, wurden für die relativen Tiefenstufen die ermittelten Sand/Tonverhältnisse regionalisiert und planlich dargestellt. Die Sand/Tonverhältnisse beschreiben das Verhältnis von potentiellen Grundwasserleitern, das sind Sedimente der Leiterklassen 11, 12, 21 und 22 zu den restlichen Leiterklassen nach Tabelle 11. Setzt man diese Verhältnisse in eine %-Darstellung um, so ergibt sich ein Bild, welches die Nettomächtigkeit der potenziellen Grundwasserleiter jeder Tiefenstufe repräsentiert.

In Abbildung 211 bis Abbildung 214 sind die entsprechenden Ergebnisse interpoliert im GIS umgesetzt. Diese Abbildungen zeigen die prozentuellen Mächtigkeitsanteile potentieller Grundwasserleiter in den verschiedenen Tiefenabschnitten. In Abbildung 215 sind die Mächtigkeitsanteile an wasserführenden Schichten über das gesamte ausgewertete Tiefenintervall dargestellt.

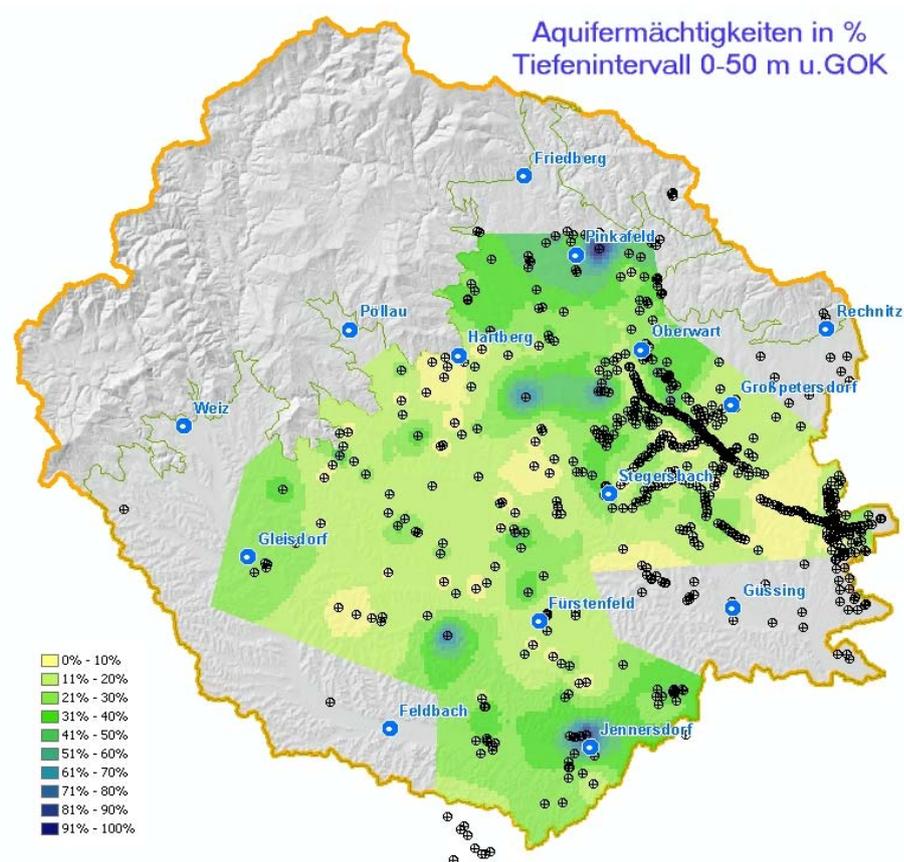


Abbildung 211: Aquifermächtigkeiten in % im Tiefenintervall 0 bis 50

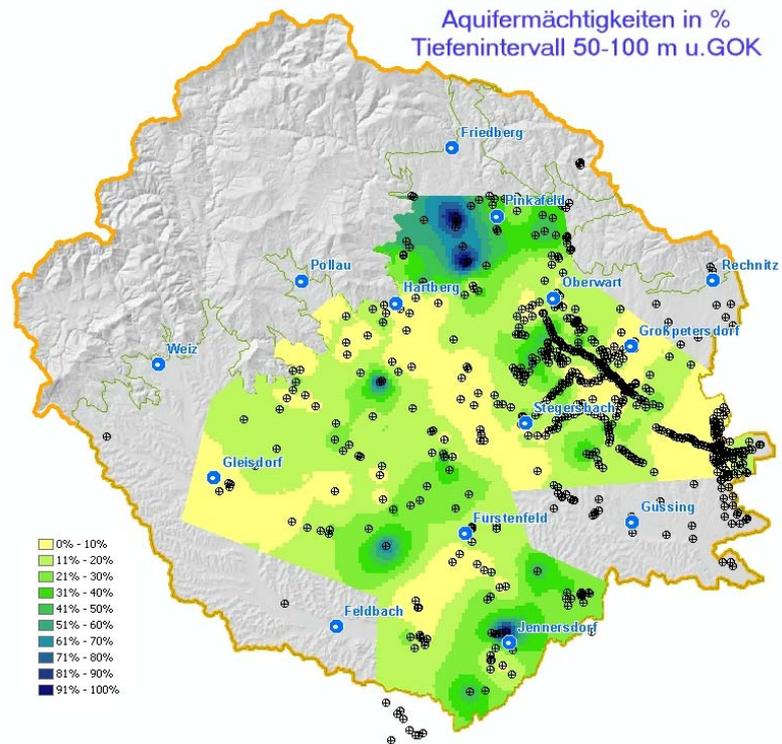


Abbildung 212: Aquifermächtigkeiten in % im Tiefenintervall 50 bis 100 m

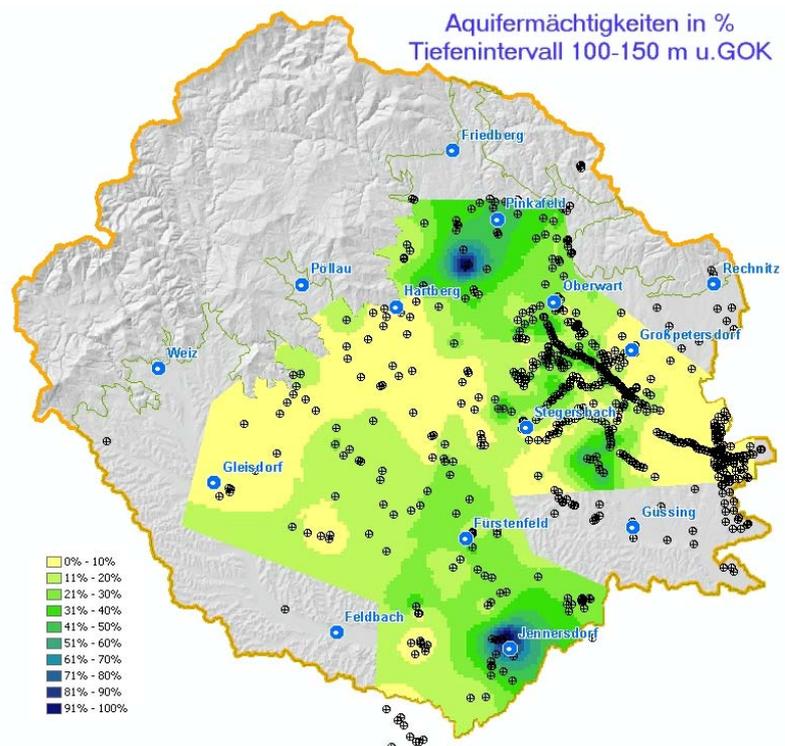


Abbildung 213 Aquifermächtigkeiten in % im Tiefenintervall 100 bis 150 m

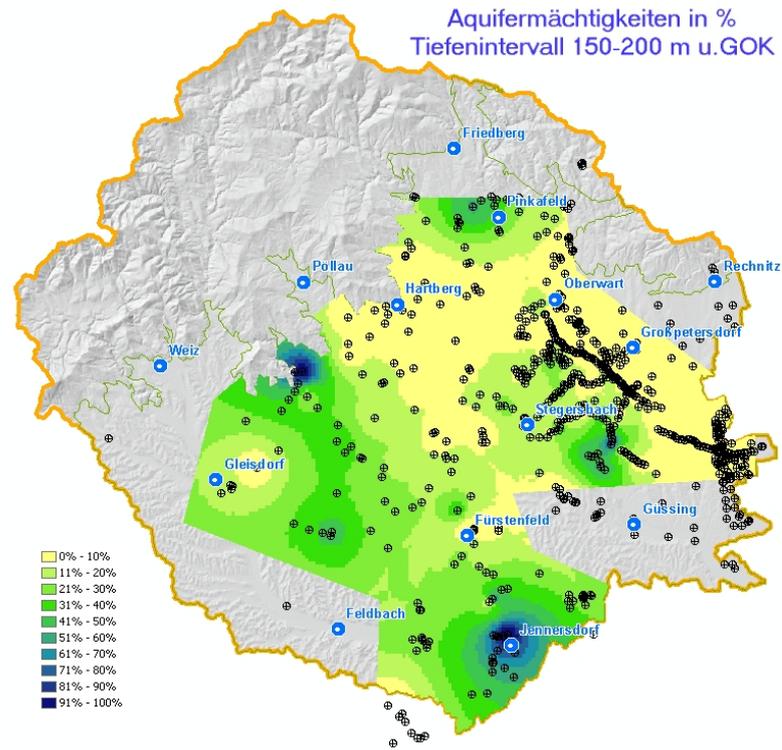


Abbildung 214: Aquifermächtigkeiten in % im Tiefenintervall 150 bis 200 m

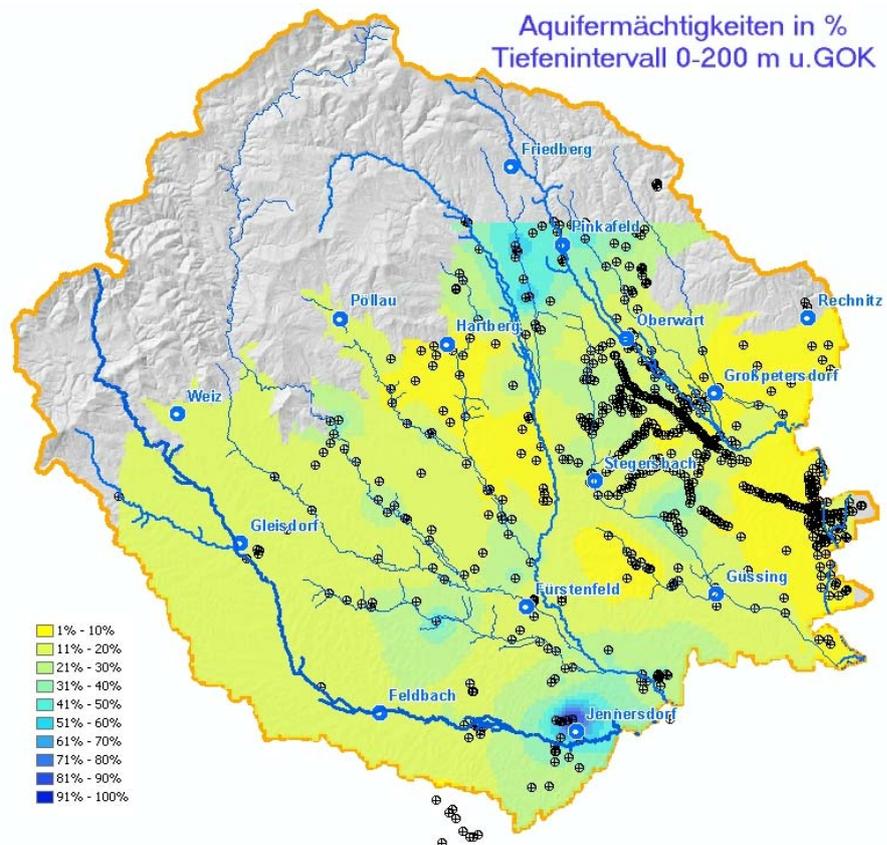


Abbildung 215: Aquifermächtigkeiten in % im Tiefenintervall 0 bis 200 m

In der zusammenfassenden Abbildung 215 ergibt sich eine Zonierung von Bereichen mit hohen Anteilen wasserführender Schichten und Bereichen, die aufgrund der vorliegenden Bohrprofile nur gering mächtige Aquiferschichten aufweisen.

Ein Bereich mit hohen Aquiferanteilen besteht im Bereich zwischen dem oberen Lafnitztal und dem oberen Pinkatal. Die in diesem Bereich abgeteufte Bohrungen und reflexionsseismischen Messungen bestätigen dieses Ergebnis in eindrücklicher Weise. Ein weiterer signifikanter Bereich mit einem großen Potenzial wasserführender Schichten besteht im Bereich von Jennersdorf.

Bereiche geringer Aquifermächtigkeiten bestehen nordöstlich von Güssing, östlich von Großpetersdorf, im Bereich um Hartberg und südöstlich davon, sowie im Bereich zwischen Fürstenfeld, Güssing und Stegersbach.

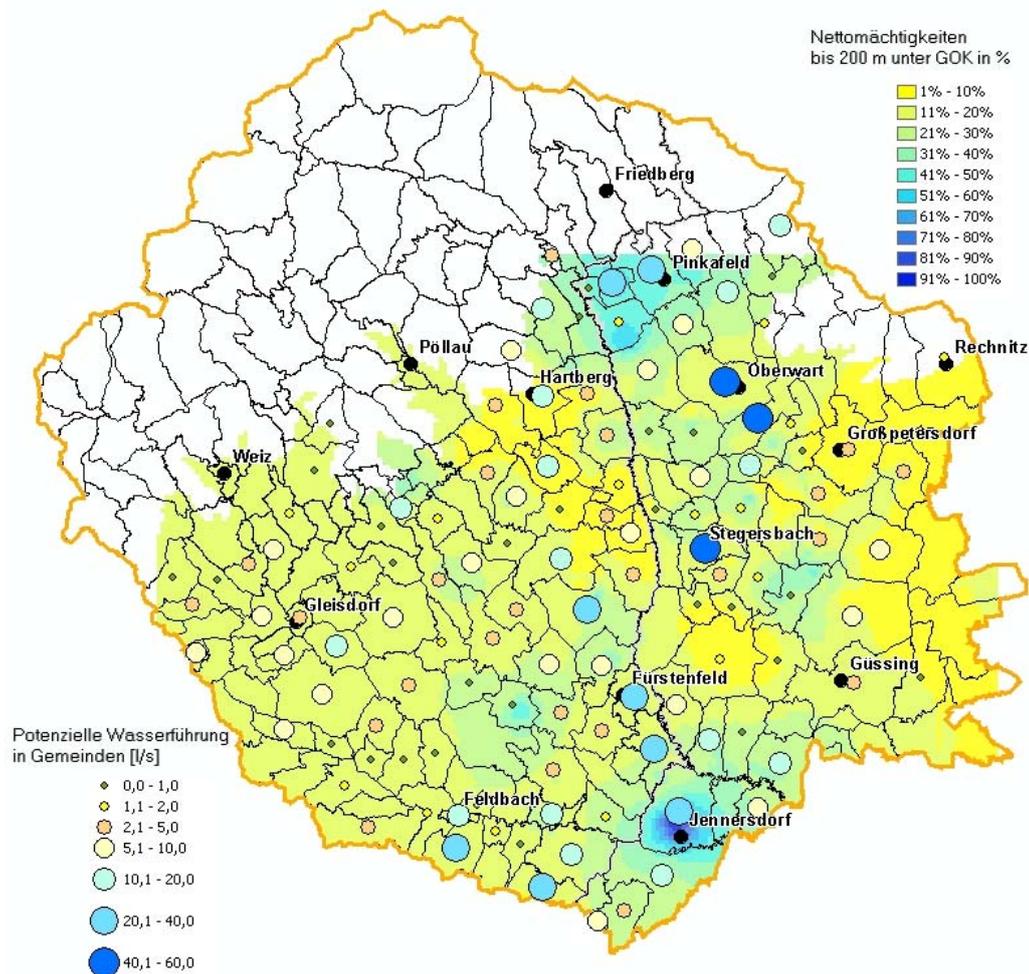


Abbildung 216: Gegenüberstellung Aquifermächtigkeiten 0-200m – Potenzielle Wasserführung

In Abbildung 216 werden den Aquifermächtigkeiten die Verteilung der potenziellen wasserführenden Schichten gegenübergestellt. Eine nähere Interpretation findet sich dazu in Kapitel 12.

9.4 Hydrogeologisches Arbeitsmodell

9.4.1 Einleitung

Das hydrogeologische Arbeitsmodell ist als eine zusammenfassende Ergebnisdarstellung der geologischen, hydrogeologischen und hydraulischen Informationen zu sehen. Dabei erfolgt eine Abstraktion, Vereinfachung und Darstellung der komplexen hydrogeologischen Verhältnisse des Untersuchungsgebietes in Form einer räumlichen Schematisierung auf Basis der durchgeführten Korrelationen und analytischen Arbeiten.

9.4.2 Modellabgrenzung und Randbedingungen

Der Modellraum des hydrogeologischen Arbeitsmodells entspricht der Verbreitung der neogenen Sedimente im Projektgebiet von NANUTIWA. Das Projektgebiet bzw. der Modellraum wird im Norden und Nordosten durch das anstehende ostalpine Grundgebirge, im Osten durch die Staatsgrenze zu Ungarn und im Süden sowie im Westen durch die orografische Wasserscheide zum Einzugsgebiet der Mur begrenzt. Es umfasst eine Fläche von 2.870 km².

Der Bilanzraum des hydrogeologischen Arbeitsmodells ist größer als der Modellraum und entspricht im Wesentlichen dem erweiterten Projektgebiet (Fläche: 4.290 km²), welches durch die Einzugsgebiete der im Projektgebiet verlaufenden Flüsse definiert wird.

Hydrogeologisches Untersuchungsziel sind die Tiefengrundwässer der neogenen Sedimente des Oststeirischen Beckens sowie des betroffenen Teils des Westpannonischen Beckens. Da im Projekt NANUTIWA jedoch das Hauptaugenmerk auf trinkwasserführende Porengrundwasserkörper und deren nachhaltige Nutzung gelegt wurde, wurde eine Tiefe von rund 350 m (bezogen auf die jeweilige GOK in den Tälern) als vertikaler Bearbeitungsraum definiert. Diese Niveau entspricht auch der Modellbasis des hydrogeologischen Arbeitsmodells.

Als Top des Modellraumes wird grundsätzlich die jeweilige Oberkante der neogenen Ablagerungen im Untersuchungsgebiet betrachtet. Jüngere, das Neogen überlagernde Sedimente oder neogene Sedimente, welche keine Tiefengrundwässer führen, sind daher nicht mehr Teil des hydrogeologischen Arbeitsmodells, sondern des Bilanzraumes.

9.4.3 Aquiferkorrelation, Aquifergeometrie und Aquiferverbreitung

9.4.3.1 Methodik der Korrelation

Die Datenbasis der GIS-gestützten Projektbearbeitung bilden die digitale ÖK, sowie das digitale Höhenmodell.

Eine erste Grundlage der Aquiferkorrelation bildete das geologisch-tektonische Arbeitsmodell, das in Form von 14 Profilen (siehe Kapitel 8.14) und digitalen geologischen Karten sowie in Form von Beschreibungen der wichtigsten lithologischen, stratigraphischen und tektonischen Merkmale zur Verfügung stand (siehe Kapitel 8). Aus methodischer Sicht wurden die geologischen Schnitte (Lage siehe Abbildung 217) im Programm AutoCAD übernommen und im Maßstab 1:50.000 (horizontal) bzw. 1: 5.000 (vertikal) hydrogeologisch weiter bearbeitet. Durch die zehnfache Überhöhung ist eine ausreichende Vertikalauflösung für die Unterscheidung der Trinkwasserhorizonte bis zu einer Tiefe von etwa 300 m unter Adrianiveau gegeben, die damit weit unter die Modellbasis reicht.

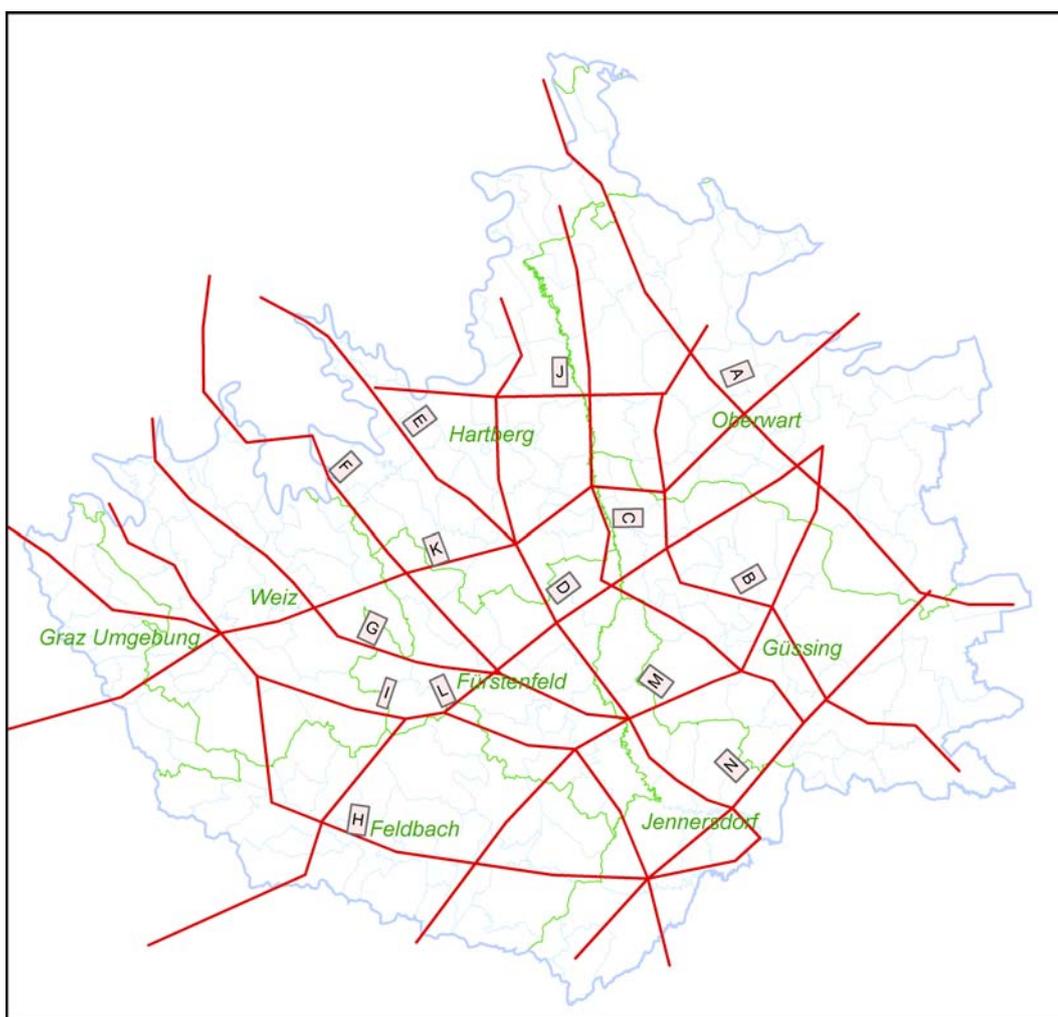


Abbildung 217: Lage der geologisch-hydrogeologischen Profilschnitte im Untersuchungsgebiet

Im ersten Arbeitsschritt wurden die für die Bearbeitung notwendigen Teufenbereiche aus den geologischen Schnitten vergrößert (siehe Abbildung 219, Beispiel Profillinie G Abschnitt Sinabelkirchen-Großwilfersdorf). Weiters wurden auch die Ergebnisse von älteren Studien und geologischen Kartierungen eingearbeitet und nach Erfordernis aktualisiert. Lineamente und verifizierte

Störungen aus der Fotolineamentanalyse (siehe Abbildung 218 und Beilage GET 1) wurden im ersten Arbeitsschritt ergänzt.

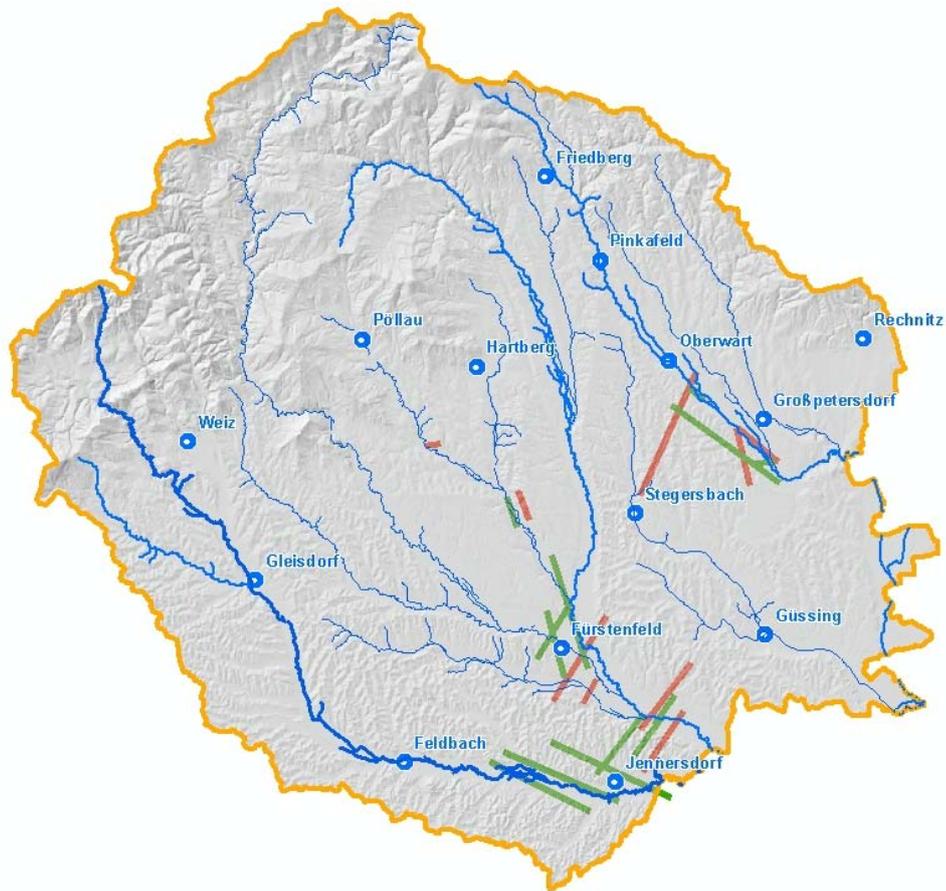


Abbildung 218: Verifizierte Lineamente

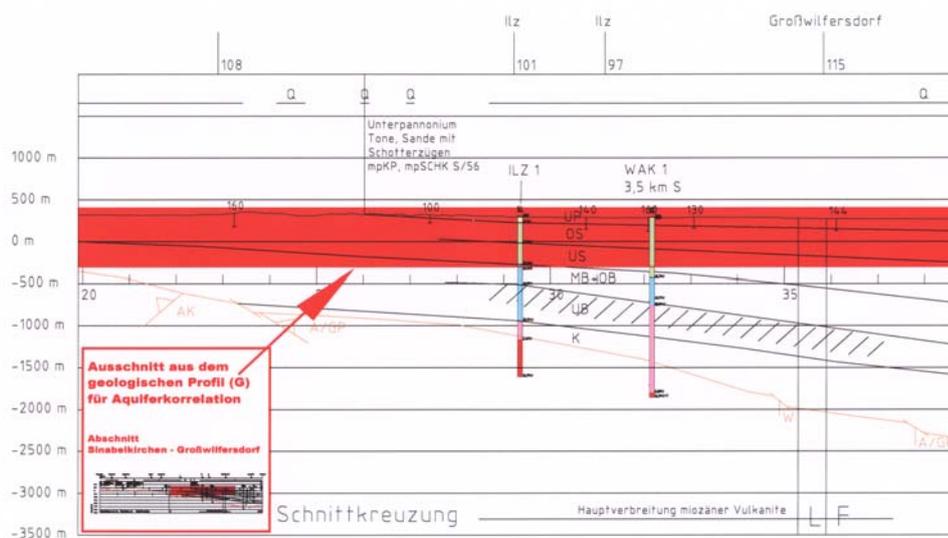


Abbildung 219: Geologisches Profilbeispiel mit dem Ausschnitt für die hydrogeologische Bearbeitung

In Gebieten mit privaten artesischen Brunnen ("Hausbrunnen") wurden im nächsten Arbeitsschritt die Brunnenteufen und die Verrohrungsteufen (wenn Angaben zu Filterstrecken vorlagen, wurden diese auch einbezogen) aus der Projektdatenbank PRODATA für diejenigen Brunnen ermittelt, die nicht weiter als eineinhalb Kilometer von der Profillinie entfernt liegen. Die Tiefen wurden in absolute Seehöhen umgerechnet. Bei einer geringen Datendichte wurde der Abstand zur Profillinie auf zwei Kilometer erhöht. Daraus wurden entsprechend ihrer Häufigkeit und Tiefenverteilung potenziell wasserführende Horizonte definiert (Beispiel siehe Abbildung 220).

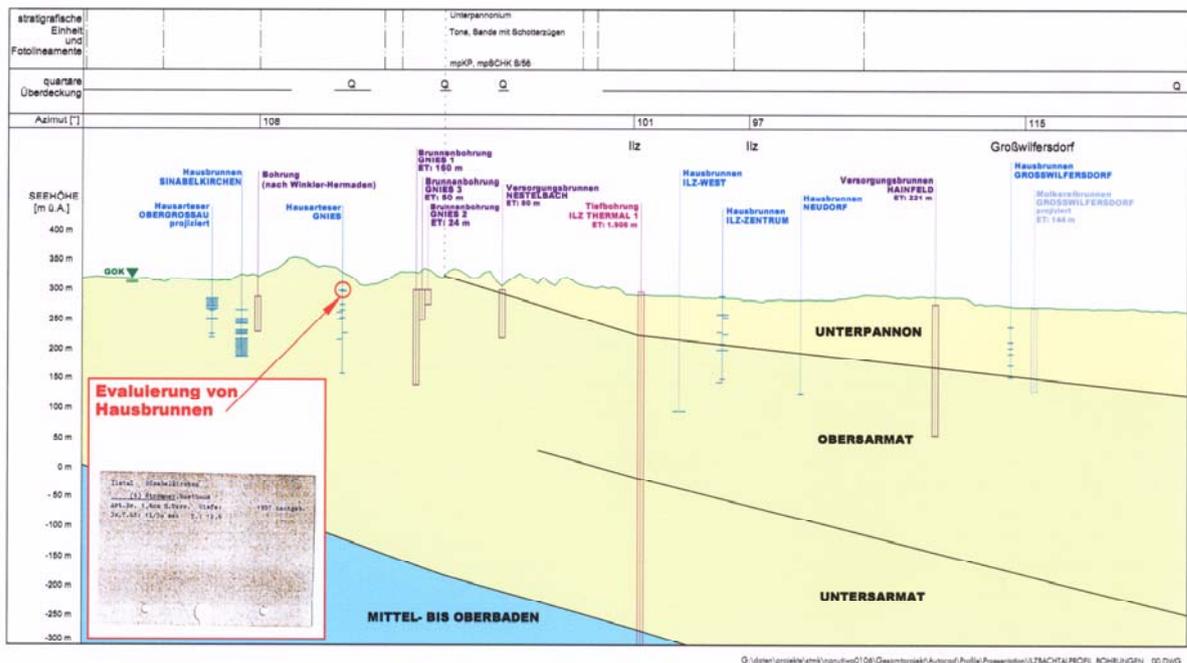


Abbildung 220: Aquiferkorrelation – Beispiel für die Evaluierung der wasserführenden Horizonte aus den Daten der "artesischen Hausbrunnen"

Anhand der in PRODATA eingetragenen Schichtprofile von Versuchsbohrungen und Brunnen der regionalen Wasserversorgungen, die meist von Bohrmeistern erstellt wurden, sowie der Bohrprofile von Tiefbohrungen erfolgte eine geologische Plausibilitätsprüfung und danach die Ausweisung von potenziell wasserführenden Horizonten. Dabei wurden, soweit es möglich war, Sande und Kiese ohne Feinanteil von Sanden und Kiesen mit Feinanteil differenziert (siehe Abbildung 221).

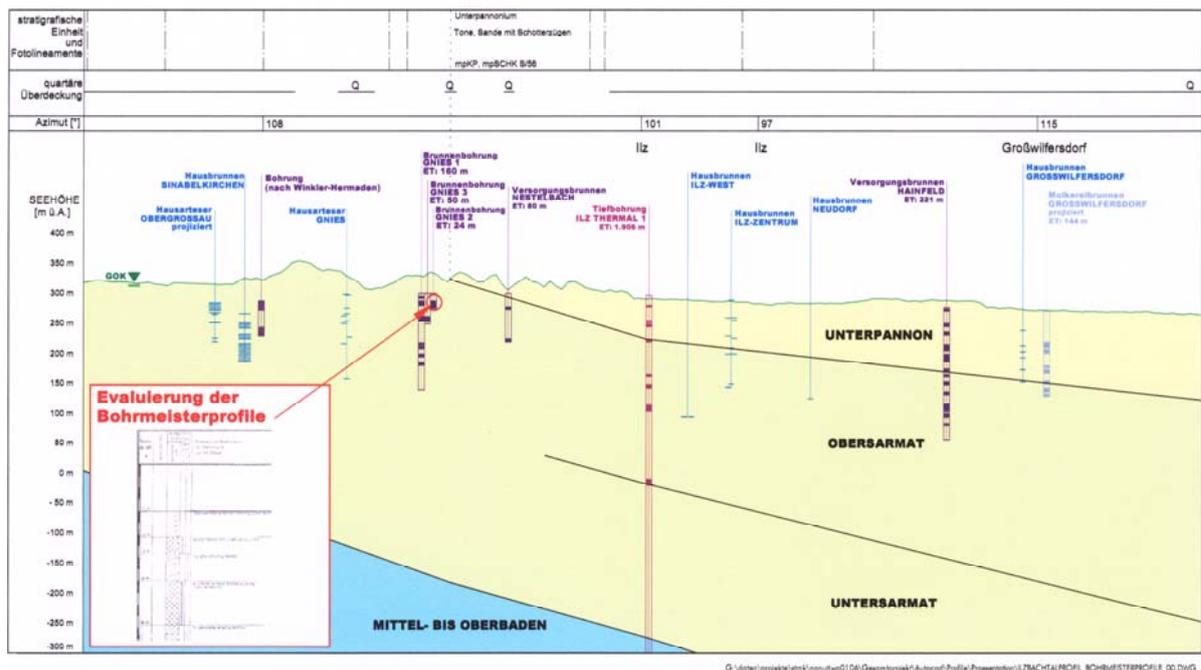


Abbildung 221: Aquiferkorrelation – Beispiel für die Evaluierung der wasserführenden Horizonte aus den Bohrprofilen der PRODATA

Im Zuge der Integration von Bohrprofilen in den Schnitten musste vor allem in der Nähe des Beckenrandes das geologisch-tektonische Modell überarbeitet werden, wenn z.B. Bohrungen bereits das Grundgebirge in geringeren Tiefen als nach dem geologisch-tektonischen Modell zu erwarten gewesen wäre, erreichten.

Neben diesen Bohrprofilen liegen in PRODATA vor allem für das Burgenland Profilinformationen aus Counterflash-Bohrungen, die von der KW-Industrie zu Explorationszwecken durchgeführt wurden, vor. Diese Bohrungen liegen häufig in Gebieten, in welchen andere geologische und hydrogeologische Aufschlussbohrungen fehlen und somit auch keine Korrelationen möglich wären. Abbildung 222 gibt die Situation entlang des Profils A im Burgenland wieder, wo zahlreiche CF-Bohrungen niedergebracht wurden.

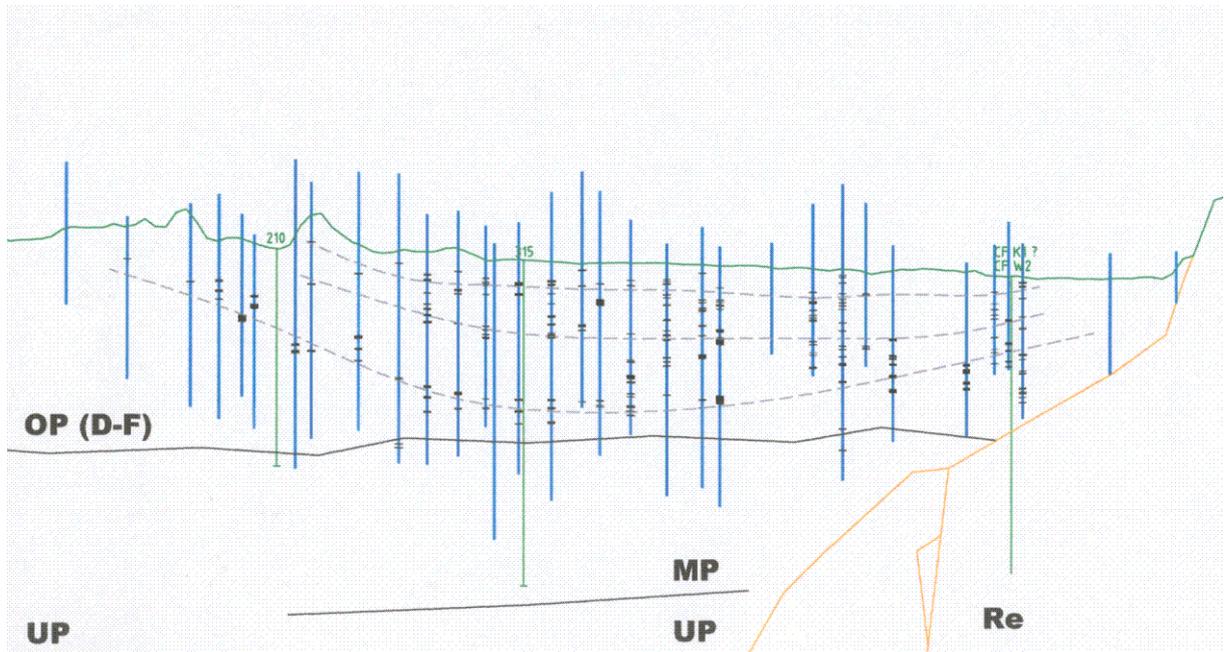


Abbildung 222: Aquiferkorrelation – Lage der CF-Bohrungen im hydrogeologischen Profilschnitt A

Da in diesen CF-Bohrungen Kohlenflöze, Kohleschmitzen und Lignithorizonte meist gut herausgearbeitet wurden, konnten diese Horizonte in den hydrogeologischen Schnitten dargestellt und korreliert werden (siehe Abbildung 223).

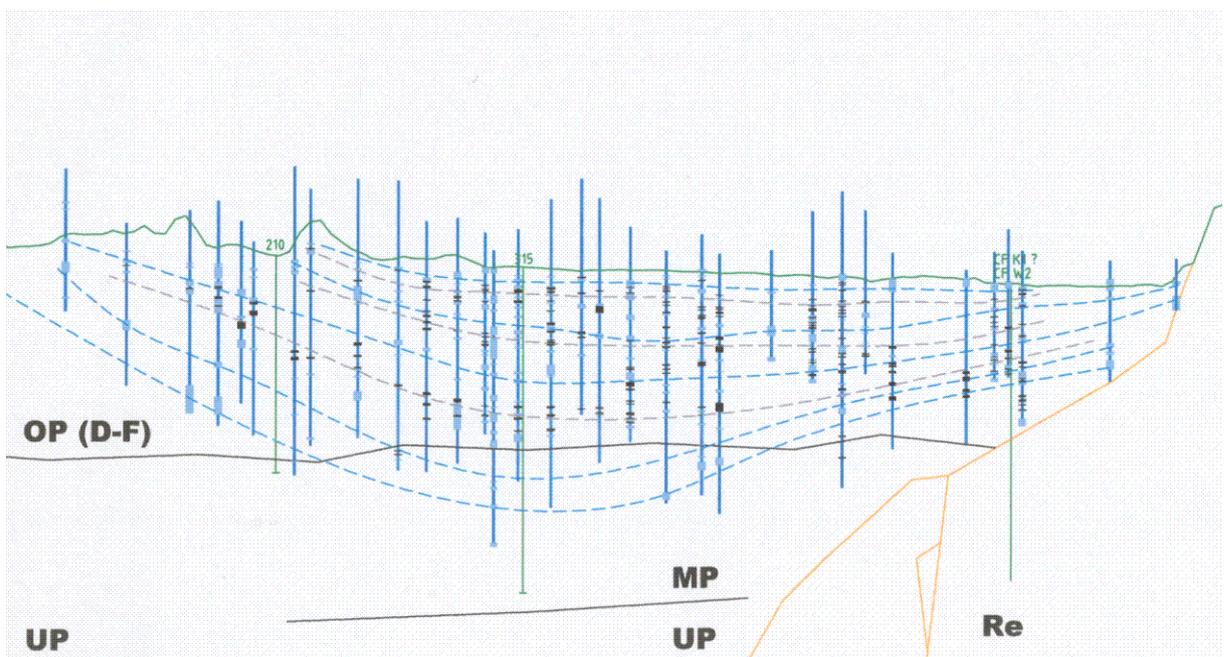


Abbildung 223: Aquiferkorrelation – CF-Bohrungen im hydrogeologischen Profilschnitt A mit ausgewiesenen Kohle- und Lignithorizonten

Mit Hilfe der durch die Korrelation der Kohlehorizonte festgestellten Schichteinfallsrichtungen war es möglich, auch die potenziell wasserführenden Schichten der CF-Bohrungen in den Schnitten darzustellen und zu korrelieren (siehe Abbildung 223).

Nach dem Eintragen der geologischen Informationen aus der PRODATA wurden geophysikalische Bohrlochmessungen von Versuchs- und Tiefbohrungen in die hydrogeologischen Schnitte digital eingespielt. Dazu wurden von WRM-GPH ausgewählte geophysikalische Bohrlochmessungen als ASCII-Dateien an GET digital übermittelt und über die Programme Excel und Wordpad zur Darstellung und zum Ausdruck ins Programm AutoCAD und somit auch in die Schnitte konvertiert (siehe Abbildung 224).

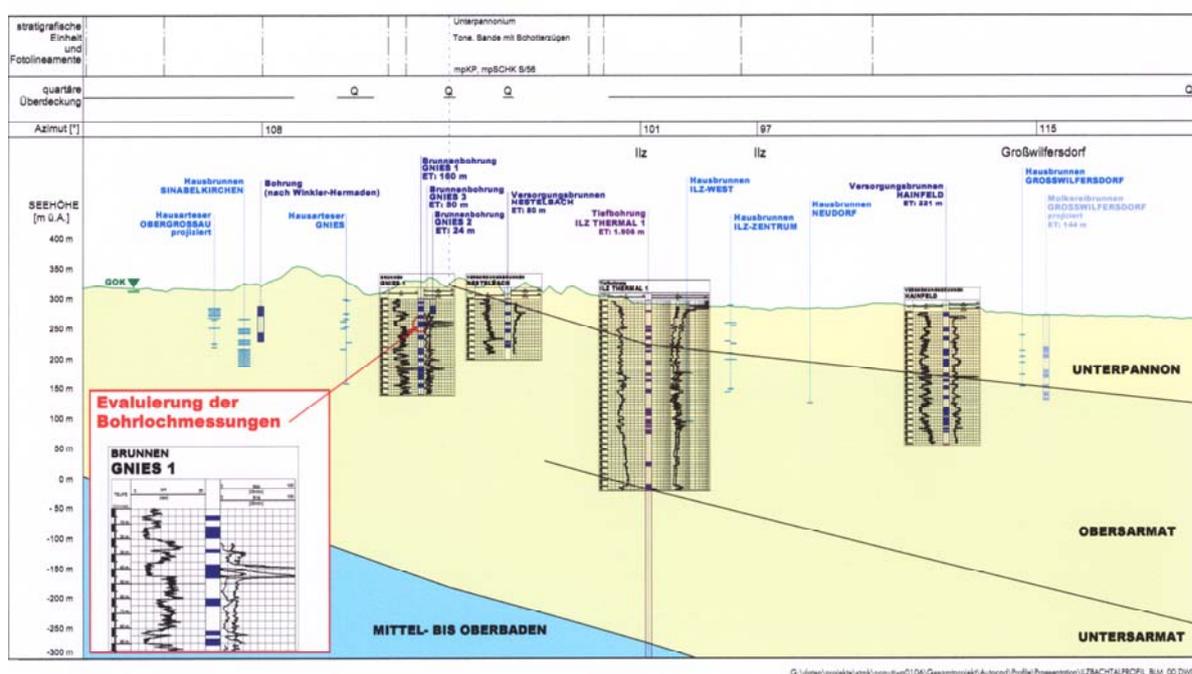


Abbildung 224: Aquiferkorrelation – Einspielen von geophysikalischen Bohrlochmessungen

In den geophysikalischen Logs wurden markante Kurvenverläufe wie z.B. grobklastische Sequenzen, Oolithlagen, fining- bzw. coarsening-upward-Sequenzen usf. entlang der Profillinie verfolgt und – wenn möglich – korreliert. Soweit geophysikalische Bohrlochmessungen vorhanden waren, wurden die aus den Lithoprofilen diskriminierten Aquifere mit den Messkurven (v.a. Widerstands-Log und Gamma Ray-Log) überprüft und gegebenenfalls korrigiert oder ergänzt (siehe Abbildung 225).

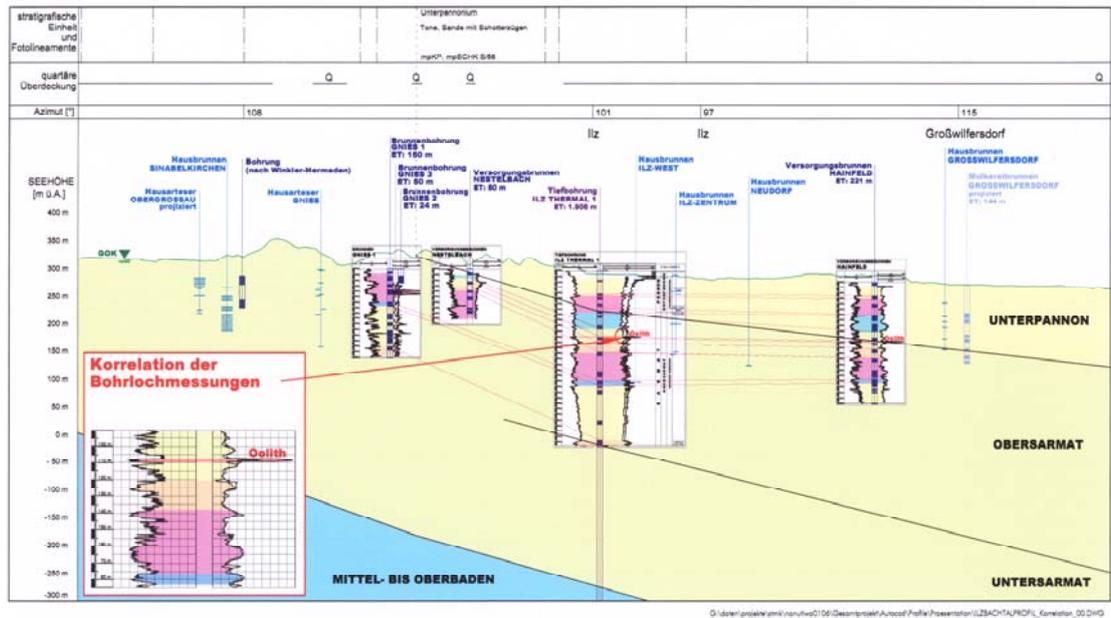


Abbildung 225: Aquiferkorrelation – Korrelation von geophysikalischen Bohrlochmessungen

Hochauflösende reflexionsseismische Profile wurden von WRM-GPH als JPG-Dateien übermittelt und in den Schnitten als Bilder eingefügt. In den seismischen Profilen wurden, sofern diese noch nicht in ausgewerteter Form vorgelegen sind, die im Bereich von Tiefbohrungen bekannten stratigraphischen Grenzen, wasserführende Horizonte und andere Marker eingetragen, entlang des Seismikprofils weiterverfolgt und mit den anderen hydrogeologischen Informationen in den Schnitten korreliert (siehe Abbildung 226).

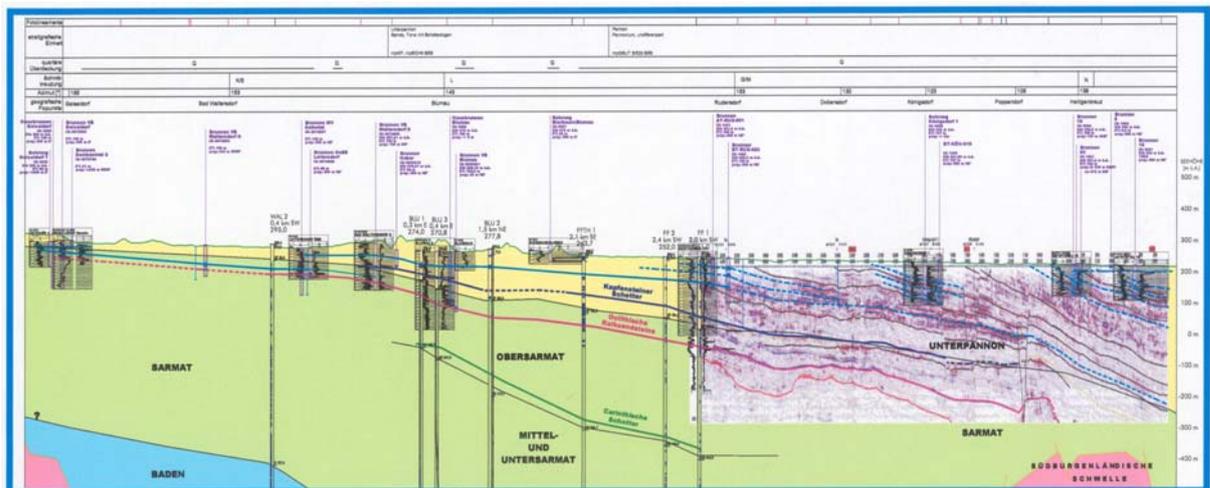


Abbildung 226: Aquiferkorrelation – Einspielen und Korrelation von reflexionsseismischen Profilen

Weitere geologische Informationen, wie die aus Tiefen- und Oberflächenaufschlüssen bekannten stratigraphischen Grenzen und Lithomarker - z.B. Oolithhorizonte, ausgedehnte Kieskörper (Mühdorfer Schotter, Carinthischer Schotter u.ä.) – wurden in den hydrogeologischen Schnitten dargestellt und unter Berücksichtigung der, aus den Unterlagen und der Literatur bekannten, regionalgeologischen und tektonischen Verhältnisse korreliert. Entsprechend dem daraus resultierenden Schichteinfallen erfolgte parallel dazu eine Korrelation der potenziell wasserführenden Horizonte.

Unter Einbeziehung sämtlicher dargestellter und vorhandener Informationen wurden die wasserführenden Schichten über die gesamte Länge der hydrogeologischen Schnitte, soweit dies möglich war, extra- und interpolativ korreliert. Dies war bei Leithorizonten über größere Entfernungen hin möglich, wobei hier Änderungen in der Fazies oder Änderungen in der Mächtigkeit in der Darstellung aufgrund der Gebietsgröße meist nicht berücksichtigt werden konnten. Traten z.B. mehrere wasserführende Schichten auf, die vertikal durch geringmächtige minderdurchlässige Schichten getrennt waren, so wurden diese in der Korrelation zu einem wasserführenden Leithorizont zusammengefasst und durch eine in der Mitte verlaufende Linie grafisch dargestellt.

Im Einflussbereich von Störungszonen oder in Abschnitten mit Lineamenten zu erwartende Störungen wurden in den Schnitten die Korrelationslinien meist durchgezogen, da der Versatz der Schichtpakete an den Störungen nur in den wenigsten Fällen, wie z.B. aus der Reflexionsseismik, bekannt war. Dies würde bedeuten, dass die in den Schnitten dargestellten tektonischen Störungen die wasserführenden Horizonte nicht versetzen und daher auch keine hydraulische Barriere darstellen. Dies wird aufgrund der sedimentologischen Rahmenbedingungen oft nicht der Realität entsprechen. Die hydraulische Funktion von Störungen kann im Einzelfall nur auf Basis von Detailuntersuchungen erkundet werden. Die einzige Erkundungsmöglichkeit wären in diesem Zusammenhng oft die Abteufung gezielter Bohrungen.

9.4.3.2 Ergebnisdarstellung – Hydrogeologische Schnitte

Ein Endprodukt der Aquifersystemanalyse stellen die hydrogeologischen Profilschnitte (siehe Beilagen GET 3 bis GET 16) dar. Diese Schnitte dienen auch der Visualisierung und Präsentation des hydrogeologischen Arbeitsmodells. Ein exemplarisches Beispiel für die Darstellungsweise dieser Schnitte ist in Abbildung 227 ersichtlich. Alle hydrogeologischen Schnitte wurden vereinheitlicht und besitzen eine in GET 2 dargestellte gemeinsame Legende, deren Informationen im Folgenden erläutert werden.

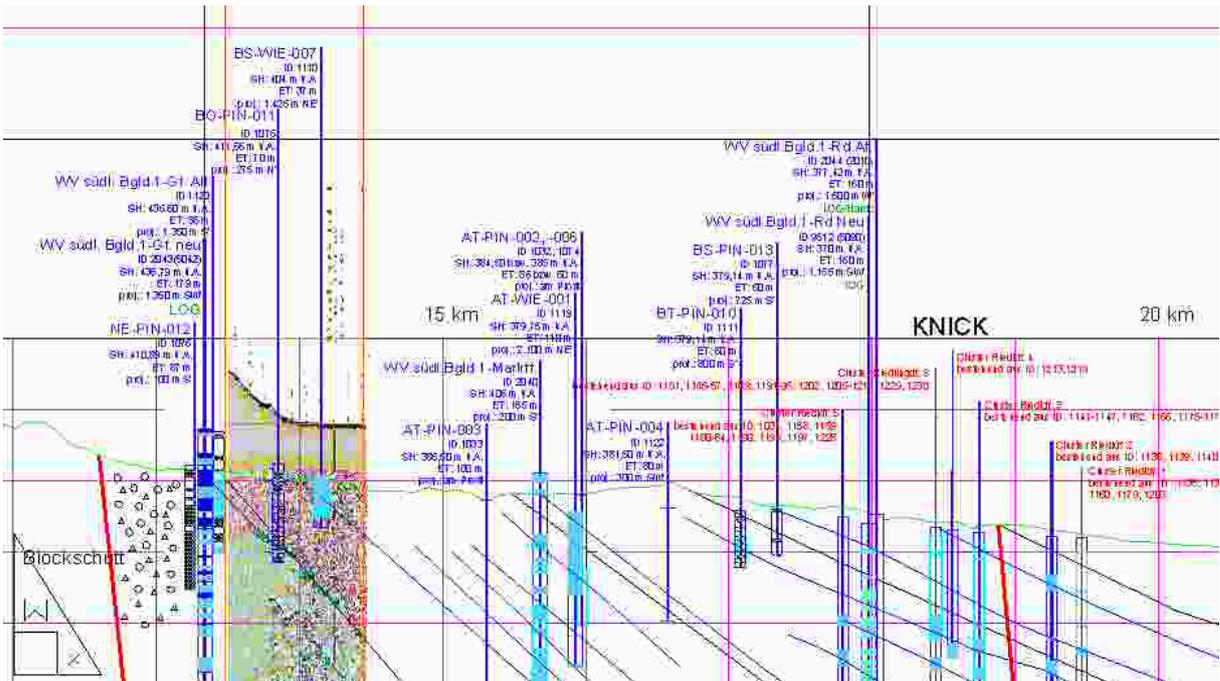


Abbildung 227: Exemplarische Beispiel – Ausschnitt Profil A

Wie erwähnt, wurden als Grundlage für die hydrogeologischen Profilschnitte die geologischen Profile bis zu einer Seehöhe von –300 m.ü.A. herangezogen und 10-fach überhöht. Die darin enthaltenen allgemeinen Informationen (geografische Fixpunkte, Schnittpunkte mit anderen Profillinien, Profilknickpunkte mit Azimut der Profillinie, Geländeoberkante) wurden übernommen.

Die geologischen Informationen (Grundgebirge, quartäre Überdeckung, Vulkanschlote, stratigraphische Grenzen, Oberflächengeologie) wurden von den digitalen Profilen übernommen und gegebenenfalls modifiziert.

Dabei wurden die Kreuzungspunkte der im Rahmen der Fotolineamentauswertung ausgeschiedenen Lineamente mit der Profillinie in die hydrogeologischen Profilschnitte (erste Zeile) eingetragen, wobei farblich zwischen den Lineamenten aus dem digitalen Höhenmodell, Lineamenten aus den Satellitenbildern und den verifizierten Lineamenten unterschieden wurde. Die Lineamente wurden in weiterer Folge für die Festlegung von geologischen Störungen (im Profilschnitt rot gestrichelt dargestellt) herangezogen.

Aus der Literatur bekannte Basisentwicklungen (Konglomerate und Brekzien) sowie entsprechende Interpretationen von Bohraufnahmen wurden in die Profile eingetragen. Zudem war es fallweise notwendig, die Tiefenlage des Grundgebirges in den Schnitten zu modifizieren.

In Bohrungen mit detaillierter stratigraphischer Bearbeitung konnten Kieshorizonte mit überregionaler Ausdehnung wie z.B. Carinthische Schotter, Mühlendorfer Schotter ausgewiesen werden.

Die Bohrungen und/oder Brunnen sind im Profil über den Brunnen-Namen und die Brunnen-ID (laut PRODATA) sowie die Seehöhe, die Endteufe und die Entfernung zur Profillinie definiert. Bei Hausbrunnen ohne Profil wurden nur die Brunnen-ID und die Projektion zur Profillinie angegeben.

Bei den Tiefbohrungen im Untersuchungsgebiet handelt es sich vorwiegend um Bohrungen der Rohstoffexploration und/oder Thermalwassererschließungen. Die Tiefbohrungen (in den Profilen durch eine schwarze Beschriftung gekennzeichnet) beinhalten die erbohrte stratigraphische Schichtfolge mit Angabe der Schichtgrenzen in Bohrmetern. Bei Tiefbohrungen mit einem Schichtverzeichnis und/oder Bohrlochmessungen wurden zusätzlich potenziell wasserführende Horizonte ausgewiesen.

In die Klasse der Flachbohrungen ohne geologisches Profil und/oder Ausbau werden vor allem die "Hausbrunnen" ("private Arteser") zugeordnet. Von den Hausbrunnen liegen nur in Ausnahmefällen geologische Profile vor. Häufiger sind hingegen die Verrohrungsendteufen bekannt. Die "Hausbrunnen" wurden durch waagrechte Teilstriche dargestellt, wobei die blaue Linie die Geländeoberkante und die grüne Linie die Endteufe markiert. ("Hausbrunnen" ohne geodätische Vermessung konnten nicht berücksichtigt werden). Die Endteufen sind als Hinweise für Grundwasser-Horizonte zu werten, da die "Hausbrunnen" meist bis zum Erreichen eines Grundwasser-Horizontes niedergebracht werden. Tritt in einem Gebiet eine große Häufung von "Hausbrunnen" auf, sodass die Profilauflösung für eine Einzeldarstellung nicht ausreichend war, wurden die Hausbrunnen zusammengefasst als sog. "Cluster" dargestellt. Dabei wurden die Brunnenendteufen (und wenn vorhanden die Verrohrungsendteufen) in absolute Seehöhen umgerechnet und für den Clusterbereich in einem Diagramm geplottet. Daraus wurden die signifikant vertretenen Teufen entnommen und im Profil als horizontale dunkelviolette Linien dargestellt. "Hausbrunnen" mit geologischem Profil und/oder bekanntem Ausbau wurden wie öffentliche Versorgungsbrunnen (siehe unten) behandelt.

Bei Flachbohrungen und Brunnen mit vorliegendem geologischen Profil und/oder Ausbau handelt es sich vorwiegend um Erkundungsbohrungen (darunter zahlreiche CF-Bohrungen der KW-Industrie) und Brunnenbohrungen für die öffentliche Wasserversorgung oder die Industrie. Von diesen Bohrungen ist entweder ein komplettes Bohrmeisterprofil mit Schichtenverzeichnis und Ausbauschema vorhanden, häufig sind aber auch nur Informationen über die grundwasserführenden Horizonte bekannt. Die Bohrungen sind im Profilschnitt mit zusätzlichen vertikalen Balken und den hydrogeologischen Informationen dargestellt. Dabei wurden die laut Bohrmeisterprofil rein grobklastischen Abschnitte - Kiese und Sande – (in dunkelblauer Farbe) von Horizonten mit feinklastischen Anteilen – Kiese, Sande; schluffig, tonig – (in mittelblauer Farbe) unterschieden. Als Unterstützung für die Korrelation wurden auch Markerhorizonte wie Lignite (grau) und Oolithe (rotbraun) dargestellt. Die bei bestehenden Brunnen und liquidierten Brunnen bekannten Produktionshorizonte wurden im Profilschnitt durch eine cyan-blaue Umrahmung hervorgehoben. Die genutzten Abschnitte repräsentieren die Filterstrecke oder die offene Strecke im sonst mit Vollwandrohren ausgebauten Brunnen.

Bei Vorliegen von digitalen Bohrlochmessungsdaten wurden die Logs (vorwiegend Gamma-Ray-Log und Widerstands-Log; sonst SP-Log) in die Profile eingetragen. Aus Gründen der Übersichtlichkeit erfolgte die Darstellung der Bohrlochmessungen getreu den absoluten Seehöhen in einem separaten Abschnitt oberhalb des eigentlichen hydrogeologischen Profilschnittes. Die Bohrlochmessungen sind mit der zugehörigen Bohrung im Profilschnitt verbunden. Zur besseren Vergleichbarkeit der Messungen wurde darauf geachtet, möglichst ähnliche Skalierungen zu verwenden. Die Messungen wurden zur Identifizierung von wasserführenden Horizonten bzw. zur Korrelation von Bohrungen herangezogen. Die lt. Bohrlochmessungen ausgewiesenen potenziell wasserführenden Horizonte sind in türkiser Farbe dargestellt. Bei Bohrungen mit Bohrmeisterprofil und Bohrlochmessungen wurden die aus den Bohrlochmessungen ermittelten Horizonte aufgrund der größeren Genauigkeit höher bewertet.

Die von Joanneum Research digital übermittelten reflexionsseismischen Profile wurden, sofern sie in einer Entfernung bis ca. 1,5 km zur Profillinie liegen, in die entsprechenden Schnitte eingefügt. Der Seismik-Abschnitt wurde durch eine gestrichelte Linie gekennzeichnet und mit dem Namen der Seismik-Linie und ihrer relativen Lage zum Profilschnitt versehen. Da die Seismik-Profile überwiegend Zeit-Sektionen und lediglich vereinzelt Tiefen-Sektionen darstellen, wurden als Bezugsebenen zum Einen das jeweilige seismische Datum als Oberkante und zum Anderen die entsprechende Laufzeit (bei Annahme einer durchschnittlichen Geschwindigkeit der neogenen Beckensedimente von 2.000 m/s) für die Schnittunterbegrenzung von –300 m.ü.A. als Unterkante herangezogen. Zum Teil sind in den Seismik-Sektionen bereits Informationen (stratigraphische Interpretationen, Bohrungen usw.) enthalten, die zur bestmöglichen Positionierung der Seismik in den Schnitten herangezogen werden konnten. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass aufgrund der Kombination einer Laufzeiten-Skala (Seismik) mit einer Teufenskala (hydrogeologisches Profil) nur eine ungefähre Teufenübereinstimmung erzielt werden konnte. Deshalb wurden die reflexionsseismischen Messungen überwiegend für die Ermittlung großräumiger geologischer Strukturen, wie das generelle Schichteinfallen, geologische Störungen und Ähnliches herangezogen.

Die im Rahmen der Aquiferkorrelation ermittelten Trinkwasserhorizonte werden in den Profilen durch gestrichelte blaue Linien repräsentiert. Im nordöstlichen Untersuchungsraum war es aufgrund der CF-Bohrungen mit vollständigen Bohrprofilen möglich, zusätzlich Lignithorizonte zu korrelieren. Diese wurden in grauer Farbe dargestellt.

9.4.3.3 Regionalisierung

Durch die vernetzte Anordnung der 14 hydrogeologischen Schnitte im Untersuchungsgebiet war es im Bereich der Knotenpunkte der Schnitte möglich, zweidimensionale geologische oder hydrogeologische Informationen auf andere Profile zu übertragen und damit eine quasi räumliche Darstellung der korrelierten Schichten zu erzielen. Durch diese räumliche Auflösung war es möglich

Lithomarker nicht nur entlang einer Linie sondern über mehrere Linien zu verfolgen und damit eine Regionalisierung von Leithorizonten zu erzielen.

Grundsätzlich wird bei der Korrelation der Schichten von einer einfachen flächenhaften Verbreitung der Sedimentkörper ausgegangen. Probleme entstanden bei komplexeren Strukturen, wie sie durch Fazieswechsel, Deltaschüttungen und gefüllte Rinnenstrukturen entstehen, die z.B. in den reflexionsseismischen Untersuchungen nachgewiesen wurden. In diesen Abschnitten sind keine eindeutigen Korrelationen möglich bzw. die getroffenen Interpolationen müssen nicht schlüssig sein. Dies bedeutet, dass das hydrogeologische Modell in seiner Schnittdarstellung für derartige komplexe Bereiche aufgrund der fehlenden Informationen stark vereinfacht ist und erst durch zusätzliche Untersuchungen verbessert werden kann.

Aus stratigraphischer Sicht sind im Modellraum neben ostalpinen und penninischen Einheiten Ablagerungen von Karpat bis Pont vertreten (siehe Kapitel 8), wobei die Sedimente des Pannon und Obersarmat das Modell überwiegend ausfüllen.

Einen dieser Leithorizonte stellt der Carinthische Schotter dar, der in den obersarmatischen Ablagerungen über weite Bereiche des zentralen Beckens zu verfolgen ist (siehe z.B. Schnitte G und I in den Beilagen GET 9 und GET 11). Meist tritt dieser Schotterkörper in einer Tiefe >350 m unter GOK auf und ist daher für das hydrogeologische Arbeitsmodell trotz seiner grobklastischen Ausbildung und Mächtigkeit (bis zu 30 m) von untergeordneter Bedeutung. Obertage streicht der Carinthische Schotter im Modellraum jedoch nicht aus.

Oolithische Kalksandsteine im Hangenden des Obersarmat stellen einen weiteren wichtigen Lithomarker dar, der sowohl in den geophysikalischen Bohrlochmessungen anhand der hohen elektrischen Widerstände als auch in den Bohrmeisterprofilen (z.B. Beschreibungen "Kalk", "Muschelreste" usw.) zu identifizieren ist. Über die Regionalisierung dieser Horizonte war es möglich, eine Verbreitungskarte für diese oolithischen Kalksandsteine bezogen auf m.ü.A. für den zentralen Untersuchungsraum zu erstellen (siehe Abbildung 228).

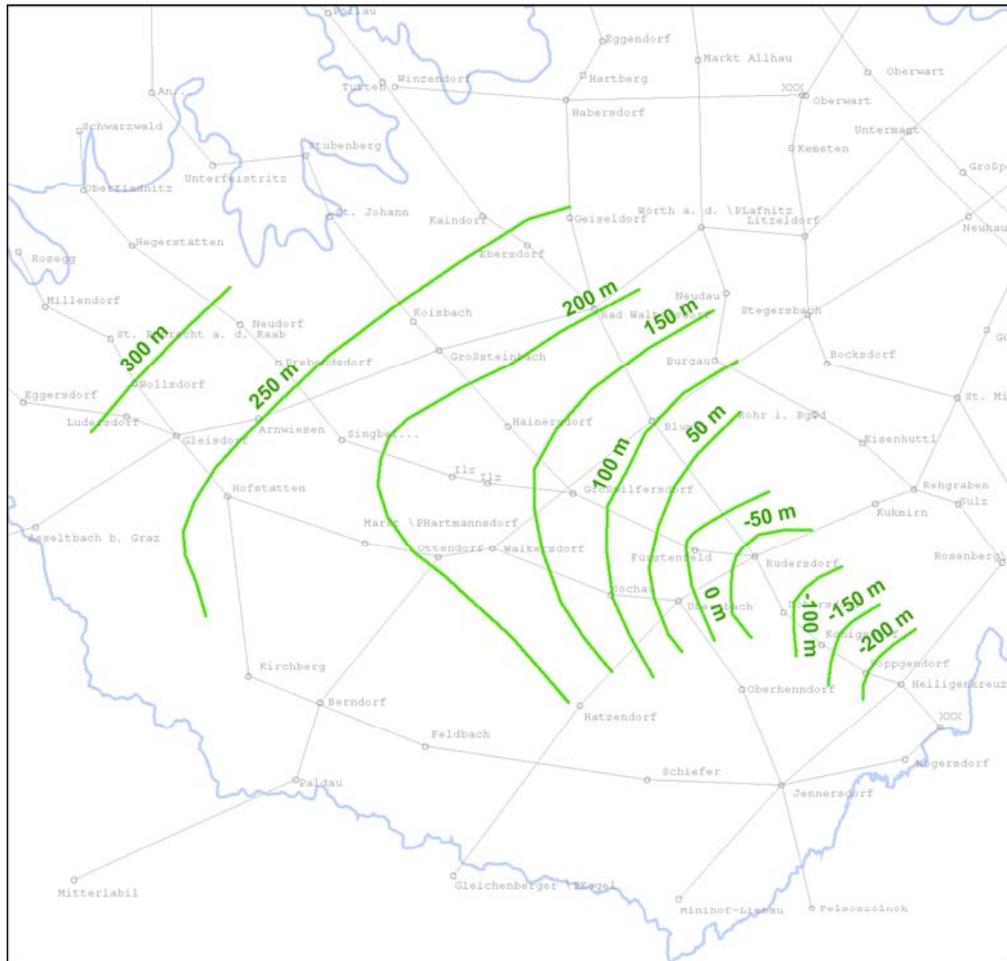


Abbildung 228: Verbreitung der obersarmatischen oolithischen Kalksandsteine im Untersuchungsgebiet (Isolinien Top m ü.A.)

Diese Kalksandsteine lassen sich zwar sehr gut korrelieren, sind aber aufgrund ihrer geohydraulischen Eigenschaften und oft geringen Mächtigkeiten als Grundwasserleiter von untergeordneter Bedeutung.

Im westlichen Teil des Untersuchungsgebietes stellt der Mühldorfer Schotter eine weitere lithostratigraphische Einheit dar, die über größere Distanzen entlang der Profile zu verfolgen ist.

Im Pannon treten im Modellgebiet vom Liegenden ins Hangende mit den Kapfensteiner, den Kirchberger, den Karnerberger, den Schemerl- und den Hangend-Schottern mindestens fünf Kieszüge (siehe Kapitel 8.13.6.3) auf, die räumlich über größere Entfernungen zu verfolgen sind. Im geologisch-tektonischen Modell fehlt eine Differenzierung dieser lithostratigraphischen Einheiten. Aus diesen Gründen war es auch im hydrogeologischen Modell nur beschränkt möglich, die korrelierten wasserführenden Horizonte stratigraphisch zuzuordnen. Im zentralen Teil des Untersuchungsgebietes

konnte jedoch das Niveau der Kapfensteiner Schotter regionalisiert werden. Die Abbildung 229 zeigt die Verbreitung der Kapfensteiner Schotter im Untersuchungsgebiet bezogen auf m.ü.A.

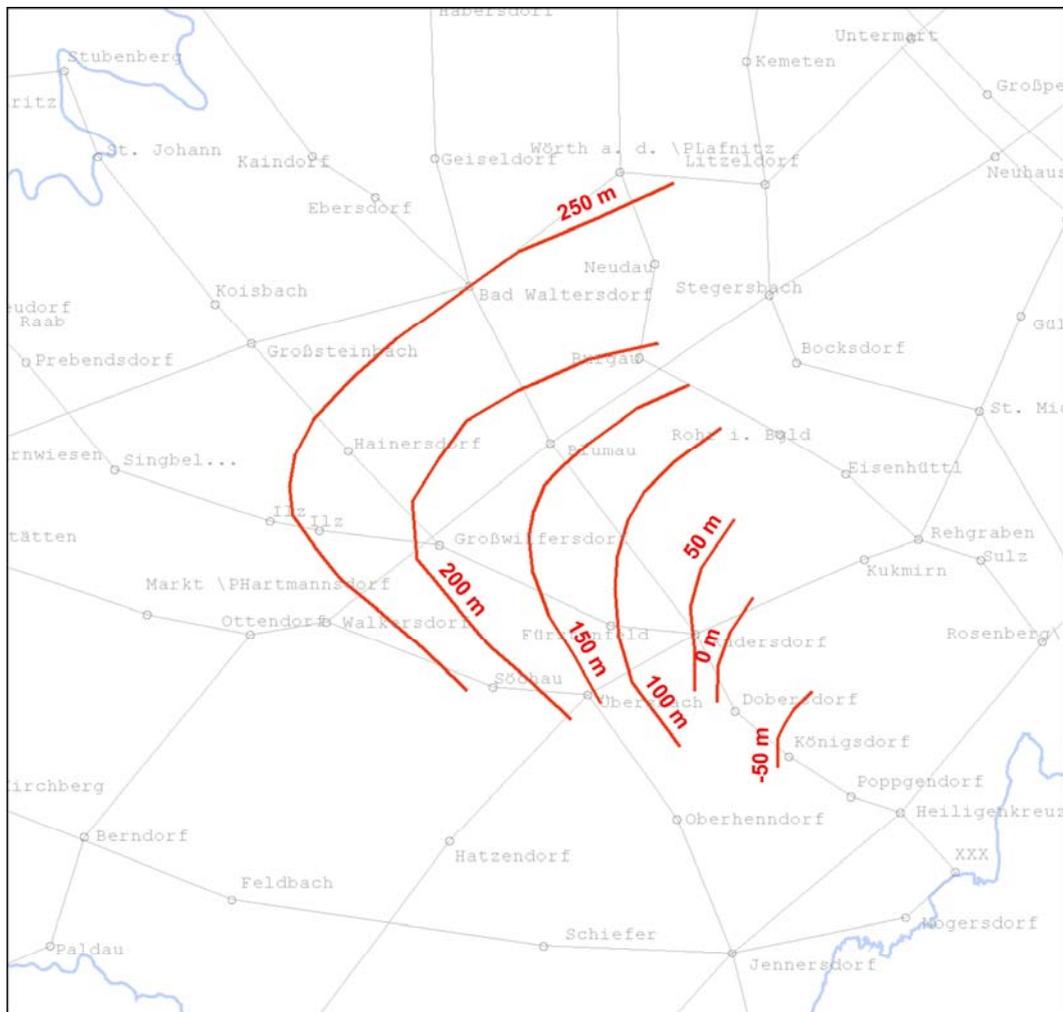


Abbildung 229: Verbreitung der Kapfensteiner Schotter im Untersuchungsgebiet (Isolinien Top m ü.A.)

Mit Hilfe der lithologischen Angaben in PRODATA und der Interpretation von geophysikalischen Bohrlochmessungen konnte die Aquifernettmächtigkeit der Kapfensteiner Schotter für den zentralen Beckenteil ermittelt werden. Dabei erreichen diese Schotter Mächtigkeiten von bis zu 15 m (siehe Abbildung 230).

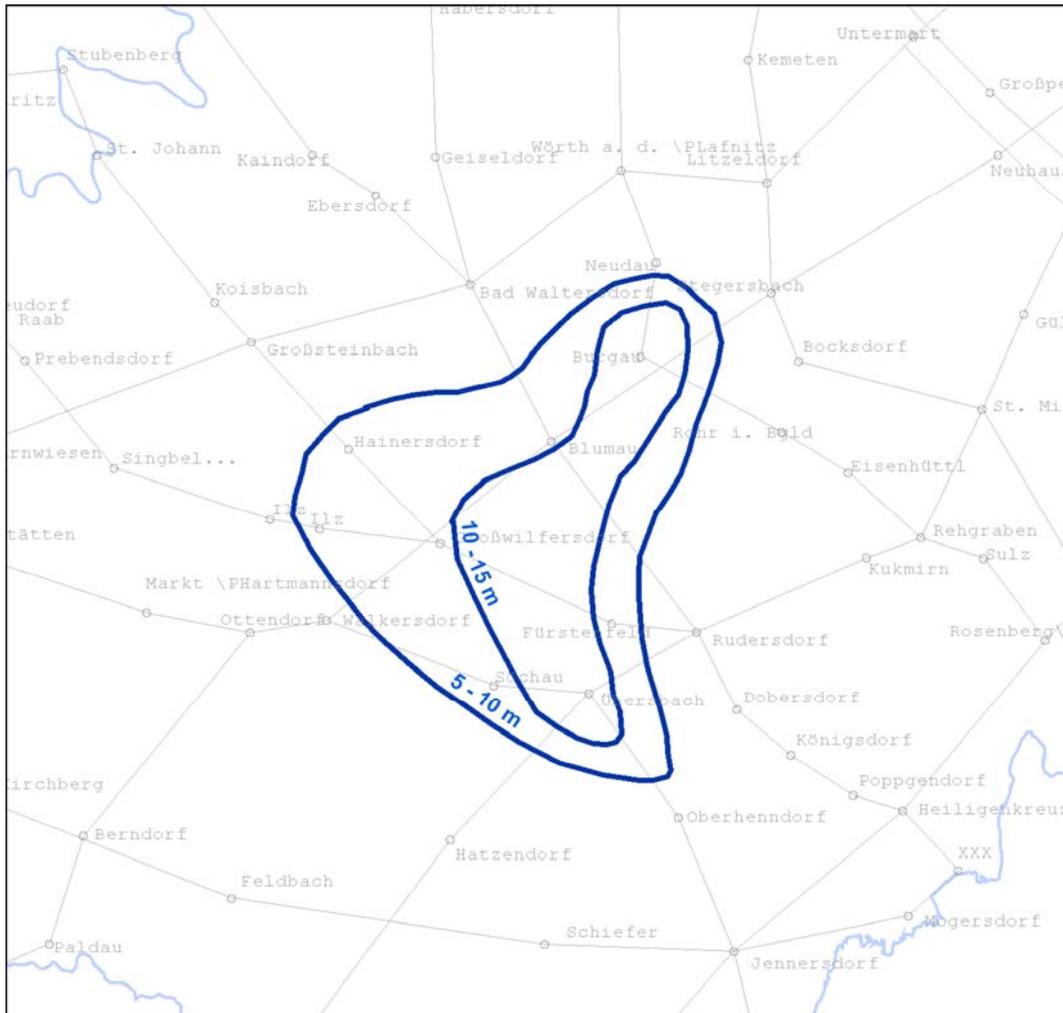


Abbildung 230: Mächtigkeit der Kapfensteiner Schotter im Untersuchungsgebiet (Mächtigkeit in m)

Die Korrelationen und Verbreitungskarten der Aquifere geben ein geometrisches Bild des Untersuchungsgebietes wieder, das im Wesentlichen dem Einfallen der geologischen Schichten und lithostratigraphischen Einheiten des geologisch-tektonischen Arbeitsmodells (siehe Kapitel 8) folgt. Die Aquifergeometrie wird in den hydrogeologischen Schnitten dargestellt, wobei alle Schnitte einen generellen Trend des Schichteinfallens gegen Südosten zeigen. Dabei ist aber zu berücksichtigen, dass die meisten Schnitte nicht normal zum Streichen der Schichten verlaufen, sondern diese schräg schneiden. Daraus resultiert, dass das in den hydrogeologischen Schnitten dargestellte Einfallen in diesen Fällen nur das scheinbare Einfallen ist und daher die selbe Schicht in mehreren Profilen unterschiedliche (scheinbare) Einfallsrichtungen aufweisen kann.

Da es sich bei den Aquifere oft nicht nur um geometrische Körper mit ebenen Oberflächen handelt, sondern bedingt durch sedimentäre oder tektonische Prozesse auch gebogene Oberflächen auftreten können, sind verschiedene wahre Einfallsrichtungen einer Schicht möglich.

Generell fallen die Schichten vom Grundgebirgsrand entsprechend dem Abtauchen des Grundgebirges in Richtung des Beckenzentrums ein. An den Grundgebirgsrändern und den Buchten treten an der Basis der neogenen Ablagerungen Blockschuttentwicklungen, Konglomerate und Brekzien auf, die aufgrund ihrer Verfestigung und der tektonischen Beanspruchung Kluffgrundwasserleitern entsprechen, deren räumliche Ausbildung nur schwer abzuschätzen ist. Lateral anschließend oder im Hangenden dieser Basissedimente treten in Wechsellagerung mit minderdurchlässigen Sedimenten wasserführende Schichten auf, die an den Grundgebirgsrändern tektonisch gegen das Grundgebirge oder die Basisentwicklungen versetzt sein können.

Die Sedimentpakete fallen im westlichen, nördlichen und zentralen Untersuchungsraum zwischen 1° und 5° gegen Süden bis Osten ein, wobei es im Bereich des Safentales oder Ilzbachtales Abschnitte gibt, wo eine nahezu söhlige Lagerung vorherrscht. Das durchschnittliche Einfallen der Schichten kann für den Modellraum mit etwa 2° angegeben werden.

Am Westrand der Südburgenländischen Schwelle fallen die Schichten jedoch mit geringer Neigung gegen Westen ein und bilden mit den gegen Süden bis Osten einfallenden Schichten große synforme Strukturen aus.

Am Ostrand der Südburgenländischen Schwelle streichen die Sedimentpakete ebenfalls parallel zur Schwelle und fallen gegen Osten bis Südosten in das Pannonische Becken ein.

9.4.3.4 Hydrografische Einheiten - Tiefengrundwasserkörper

Im hydrogeologischen Arbeitsmodell werden die (tiefen)grundwasserführenden Horizonte des Neogen zu einem Aquifersystem zusammengefasst. Dies begründet sich in erster Linie darin, dass im Modellraum mächtige regionale Aquifere sowie mächtige, die Grundwasserleiter trennende, feinklastische Sedimentkörper, wie sie in ähnlichen geologischen Ablagerungsräumen auftreten, fehlen. Im Untersuchungsgebiet dominieren im Gegensatz dazu Wechsellagerungen von durchlässigen und minderdurchlässigen Horizonten, die sich durch das rasch ändernde Sedimentationsgeschehen im Miozän begründen. Derartige Wechsellagerungen sind im Zentimeter, Meter- und Zehnermeterbereich bekannt und treten im gesamten Untersuchungsraum auf. Anhand der bohrlochgeophysikalischen Messungen wurden auch zahlreiche fining- und coarsening-upward-Sequenzen ausgewiesen, die eine klare Abgrenzung zwischen Grundwasserleitern und „Grundwasserstauern“ erschweren.

Aufgrund der Größe des Gebietes und der dafür meist zu geringen Aufschlussdichte sowie der häufig fehlenden geologischen Aufnahmen der Bohrungen gibt es in der räumlichen Auflösung zu große Informationslücken, um aus geologischer Sicht mehrere Systeme differenzieren zu können. Weiters weisen die Korrelationen in den Schnitten vor allem an den hochauflösenden reflexionsseismischen Profilen den Verwurf von wasserführenden Schichten nach. So können z.B. im Beckenzentrum pannonische und obersarmatische Horizonte an Störungen gegeneinander stoßen. Im nordwestlichen

Teil des Untersuchungsgebietes konnten Versätze von über 150 m in badenischen und sarmatischen Schichten im Gelände nachgewiesen werden.

Ebenso zeigen die Ruhedruckspiegeldaten, soweit sie von SWW aus den hydraulischen Tests ermittelt werden konnten, und der daraus erstellte Potenzielllinienplan bei einer dem hydrogeologischen Modell angepassten Auflösung von 10 m ein einziges, großräumig zusammenhängendes hydraulisches System (siehe Kapitel 9.4.5).

Da bei einem Pumpversuch meist mehrere wasserführende Schichten getestet werden und die Anzahl der hydrogeologisch ausgewerteten Pumpversuche im Verhältnis zur Größe des Untersuchungsraumes gering ist, liegen nur wenige Durchlässigkeitswerte zur Aquiferdifferenzierung vor, die nur sehr vorsichtig und beschränkt zu regionalisieren sind (siehe Kapitel 9.4.4).

Aus diesen Gründen werden im hydrogeologischen Modell die neogenen Ablagerungen als eine heterogene hydraulisch-geologische Einheit zusammengefasst, wobei eine Differenzierung dieser Einheit anhand der wenigen Gebirgsdurchlässigkeitsbeiwerte vorerst nicht sinnvoll ist.

Um für das hydrogeologische Arbeitsmodell Nettomächtigkeiten der wasserführenden Horizonte der neogenen Ablagerungen zu generieren, wurden im Untersuchungsgebiet Punkte definiert, an denen anhand der geologischen und geophysikalischen Informationen die wasserführenden Schichten diskriminiert und summiert wurden. Bei der Festlegung der Punkte wurde meist auf die Tiefenaufschlüsse aus der Thermalwasser- und Rohstoffexploration zurückgegriffen, die in den meisten Fällen auch die Knotenpunkte der hydrogeologischen Schnitte bilden (siehe Abbildung 218 und Beilagen GET 17 bis GET 19). Um ein möglichst gleichmäßig verteiltes Raster zu erhalten, wurden in Gebieten mit einer geringen Knotendichte ergänzende Punkte definiert. Meistens lagen an diesen Punkten ebenfalls Daten aus Bohrungen vor, ansonsten musste auf die extra- und interpolierten Informationen in den Profilschnitten zurückgegriffen werden.

Für jeden der insgesamt 39 definierten Punkte wurden die Nettomächtigkeiten der wasserführenden Schichten anhand der Completionlogs, der geologischen Ansprachen, der geophysikalischen Bohrlochlogs sowie aus den Korrelationen abgegriffen und für Tiefenabschnitte von je 50 m bis auf eine Tiefe von 350 m unter GOK zusammengefasst. Dabei wurde auch versucht, die Schichten lithologisch anzusprechen. Als wasserführende Schichten wurden nur Sande und Kiese angesprochen, die keinen feinklastischen Anteil aufweisen. Weiters wurde in dieser Ermittlung für Gesteine des Grundgebirges und die Basiskonglomerate/brekzien angenommen, dass diese keine relevante Wasserführung aufweisen.

Da die Informationen aus den Bohrungen oft nicht bis zur Modellbasis von 350 m unter GOK reichen, mussten die Nettomächtigkeiten für einige Tiefenabschnitte durch Korrelationen geschätzt oder in einigen Fällen statistisch begründet angenommen werden. Sämtliche Daten werden in der Tabelle 12 zusammengefasst, wobei jeweils auf den Ursprung der Datenquelle hingewiesen wird.

Knoten	x-Wert	y-Wert	Referenzstelle	0 - 50 m	Litho.	50 - 100 m	Litho.	100 - 150 m	Litho.	150 - 200 m	Litho.	200 - 250 m	Litho.	250 - 300 m	Litho.	300 - 350 m	Litho.	M 350	M 50	M 100	M 150	M 200	M 250	M 300
A1	733916	245632	Riedlingsdorf B1 - BL-Geophysik, ab 160 m Extrapolation	15	G, S	17	S	15	S	0	X	0	X	0	X	0	X	47	15	32	47	47	47	47
AJ	738809	240558	Tatzmannsdorf Thermal 1, BL-Geophysik	6	S, G	2	fS	9	fS	10	S	2	S	5	G, S	8	S, G	42	6	8	17	27	29	34
AK	742682	235810	Untertwart B4A, BL-Geophysik	12	gS, G	11	gS, G	10	S	5	fS	7	fS	5	fS	9	S	59	12	23	33	38	45	50
AL	747650	231280	Bachsellen SB 04; bis 200 m BL-Geophysik, ab 250 m Extrapoliert	8	S	9	S	8	S, G	10	S	10	S	10	S	10	S	65	8	17	25	35	45	55
A2	751450	226740	Kohlisch 5 BL-Geophysik, Grundgebirge ab ca. 100 m Extrapoliert	11	G, S	10	S	0	X	0	X	0	X	0	X	0	X	21	11	21	21	21	21	21
AN	756996	221850	CF-Bohrungen, ab 200 m Extrapoliert	5	S	6	S	8	S	4	S	7	S	3	S	6	S	39	5	11	19	23	30	33
A3	763500	222100	AT-081/001; alte Mächtigkeiten angenommen oder Extrapoliert	15	S	10	S	10	S	5	S	10	S	4	S	5	S	59	15	25	35	40	50	54
BJ	736863	237391	BO-OWA-CFB123 bis 190 m; im Liegenden Extrapolation Tatz Th 2	10	S	5	S	10	S	4	S	2	S	5	S	8	S	44	10	15	25	29	31	36
BK	736794	229687	Litzelsdorf 1	7	S	4	S, g	7	S	8	S, g	5	S	16	S	15	S	62	7	11	18	26	31	47
BL	736988	224845	Stegersbach B 3, Stegersbach Thermal 2	12	fS	10	S, g	15	S, G	12	S	8	S	7	S	4	S	68	12	22	37	49	57	64
BM	745280	220382	BO-SMI-CFM031, unter 196 m Extrapoliert	6	S	5	S	11	S	6	S	12	S	4	S	0	X	44	6	11	22	28	40	44
BN	749220	212270	BT-G05/004 und Extrapolation	5	S	5	S	2	S	8	S	0	X	0	X	0	X	20	5	10	12	20	20	20
B1	760180	208870	Profilende, Extrapolation und Annahmen (50 - 200 m)	20	S	5	S	5	S	5	S	12	S	10	S	5	S	62	20	25	30	35	47	57
C1	731227	249002	Pinkfeld B2 bis 300 m, darunter Ansetzung aus Seismik, möglicherweise Konglomerate	14	G, S	13	S, G	11	S	16	S	14	S, g	7	S	3	S	78	14	27	38	54	68	75
CJ	731048	237269	Extrapolation u. a. aus Seismik und nach M Allhau 1 (ID 5110)	10	S	5	S	12	S	4	S	10	S, G	6	S	7	S	54	10	15	27	31	41	47
CK	730177	229689	WVA Würth bis 150 m, darunter Extrapolation und Annahmen	9	S	15	S	15	S	10	S	10	S	12	S	5	S	76	9	24	39	49	59	71
CL	732712	222633	WVA Burgau 3 bis 90 m, darunter Extrapolation und Annahmen	9	S	19	S, G	5	S	6	S	5	S	9	S	7	S	60	9	28	33	39	44	53
CM	742638	215838	BO-REH-CFG001; Grundgebirge bei ca. 150 m u.GOK	4	S	3	S	9	S	0	X	0	X	0	X	0	X	16	4	7	16	16	16	16
CN	747516	211890	Grundgebirge bei ca. 200 m; keine Infos, deshalb nur Annahmen	5	S	4	S	4	S	4	S	0	X	0	X	0	X	17	5	9	13	17	17	17

D1	724233	244751	Profilbeginn; VB Grafendorf 4; ab 65 m Blockschnitt, ab 177 m Kristallin	8	S	5	S	0	X	0	X	0	X	0	X	0	X	13	8	13	13	13	13	13
DJ	723836	237131	Extrapolation Brunnen Eggenhof; Kristallin wird in ca. 250 m erneuert	7	S	12	S	10	S	15	S, G	4	S	0	X	0	X	48	7	19	29	44	48	48
DK	725383	225742	Waltersdorf Nord und Waltersdorf 4 in der Nähe	5	S, G	10	G, S	10	S	10	S, G	8	G	0	T	3	S	46	5	15	25	35	43	43
DL	728502	219646	Blumau 3 in der Nähe	4	S	6	G, S	6	S	17	G, S	3	S	3	S	16	G, S	55	4	10	16	33	36	39
DM	734098	212217	Brunnen AT-RUD-023	7	S	10	S	14	S, G	4	S	5	S	4	S	16	G, S	60	7	17	31	35	40	44
DN	742028	205283	Brunnen 19 (ID 2004) bis 100 m, darunter Ansetzungen über Seismik	9	S, G	11	S	10	S	12	S	9	S	6	S	8	S	65	9	20	30	42	51	57
EJ	714553	237846	Extrapolation von Brunnen Flattendorf (ID 6071105); ab 150 Xin; ab 100 m Blockschnitt	4	S	5	S	0	X	0	X	0	X	0	X	0	X	9	4	9	9	9	9	9
E1	717436	232306	bei Kaindorf West, unter 200 m Schätzung	9	S, G	5	S, G	16	S	4	S	5	S	7	S	6	S	52	9	14	30	34	39	46
F1	712740	227689	Hirnsdorf 2 bis 200 m; darunter Annahmen, wahrscheinlich Blockschnitt	8	S, G	8	S	5	S	11	S	0	X	0	X	0	X	32	8	16	21	32	32	32
FK	716028	222706	bei Großsteinbach I, Kernbohrung bis 250 m, darunter Annahmen	9	f, gS	7	f, gS, g	12	f, gS, g	17	S	5	S	10	S	8	S	68	9	16	28	45	50	60
G1	705897	224933	Brunnen Neudorf, Grundgebirge bei ca. 150 m, möglicherweise darüber Basisentwicklung	8	S	6	S	3	S	0	X	0	X	0	X	0	X	17	8	14	17	17	17	17
G2	717667	216598	Extrapolation von Itz Thermal 1	7	S	6	S	4	S	10	S	6	S	3	S	18	S, G	54	7	13	17	27	33	36
H1	695569	225861	bei Mitterdorf, Extrapolation und Annahmen; Grundgebirge ab 200 m	7	S	6	S	5	S	2	S	0	X	0	X	0	X	20	7	13	18	20	20	20
HK	702689	218836	Gleisdorf Thermal 1	5	S	11	S	6	S	3	S	8	S	5	S	6	S	44	5	16	22	25	33	38
HL	710450	204151	Rohr 2, Log bis 100 m, darunter Extrapolation mit Hilfe Palldau 1	6	S, G	5	S	11	G, S	15	S	14	S	6	S	8	S	65	6	11	22	37	51	57
HM	722261	200958	bis 100 m Extrapolation, darunter Annahme	7	S, G	10	S	8	S	9	S	9	S	9	S	9	S	61	7	17	25	34	43	52
HN	736303	199473	Jennersdorf 1	8	S	13	S, G	25	S	17	S	14	S	13	S	16	S	106	8	21	46	63	77	90
I1	686116	227171	bei Kumberg - Bachwirt 1; BL-Geophysik bis 150; bis 200 m Extrapolation, darunter Annahme	6	S, G	6	S	10	G, S	17	G, S	8	S	6	S	3	S	56	6	12	22	39	47	53
IL	719344	212670	Ottendorf Thermal 1	13	S, G	16	S, g	10	S	11	S, G	1	S	0	T	5	S	56	13	29	39	50	51	51
IM	729927	209838	Übersbach 1	7	S	1	S	9	G, S	10	S, G	9	S, G	1	S	1	S	38	7	8	17	27	36	37

Tabelle 12: Zusammenfassung der Aquifernettomächtigkeiten des Untersuchungsgebietes

Die Nettomächtigkeitswerte (siehe Tabelle 12) für das Untersuchungsgebiet wurden in einer Karte dargestellt und unter Berücksichtigung der Gesamt-Sedimentmächtigkeiten und der Tiefenlage des Grundgebirges händisch konturiert. Derartige Isopachenkarten der Aquifernettomächtigkeiten wurden für Tiefen von 350 m, diese entspricht der hydrogeologischen Modellbasis, sowie für Tiefen von 200 m und 100 m unter GOK (siehe Beilagen GET 17 bis GET 19) erstellt. Bezugspunkt der Isopachen ist der jeweilige Modelltopbereich, der durch die GOK in den Tälern ohne Berücksichtigung der quartären Ablagerungen bestimmt ist.

Der Isolinienplan der Aquifernettomächtigkeiten gibt für das gesamte hydrogeologische Arbeitsmodell (siehe Beilage GET 19 und Abbildung 231) ein komplexes und plausibles Bild wieder. Die Isolinien orientieren sich generell am Verlauf des Grundgebirges und an den Hochzonen im Untergrund, wie z.B. der Südburgenländischen Schwelle oder der Hochzone von Arnwiesen. Die durchschnittliche Mächtigkeit beträgt im Modellraum rund 60 m. Die größten Nettomächtigkeiten werden mit 70 – 106 m am Südrand der Friedberger Bucht, im Bereich des Lafnitztales und im Raum Jennersdorf erreicht. Demgegenüber treten, abgesehen von den angesprochenen Hochzonen, mit 40 m bis 50 m etwas geringere Mächtigkeiten im Safen- und im unteren Rittscheintal auf. Die Mächtigkeiten der grobklastischen Sedimente sind durch die Ablagerungsbedingungen im Pannon und Sarmat gesteuert. Am Südrand der Friedberger Bucht werden die großen Aquifernettomächtigkeiten jedenfalls teilweise von Deltaschüttungen aufgebaut. Im Bereich des Lafnitztales wirkte sich der Oberwarter Verwurf als „Sedimentfalle“ im Pannon stark aus. An der Ostseite der Südburgenländischen Schwelle (vor allem durch die Tiefbohrung Jennersdorf 1 nachgewiesen) besitzen die Ablagerungen des Oberpannon bzw. Pont generell einen hohen Sandgehalt (vgl. dazu Kapitel 8).

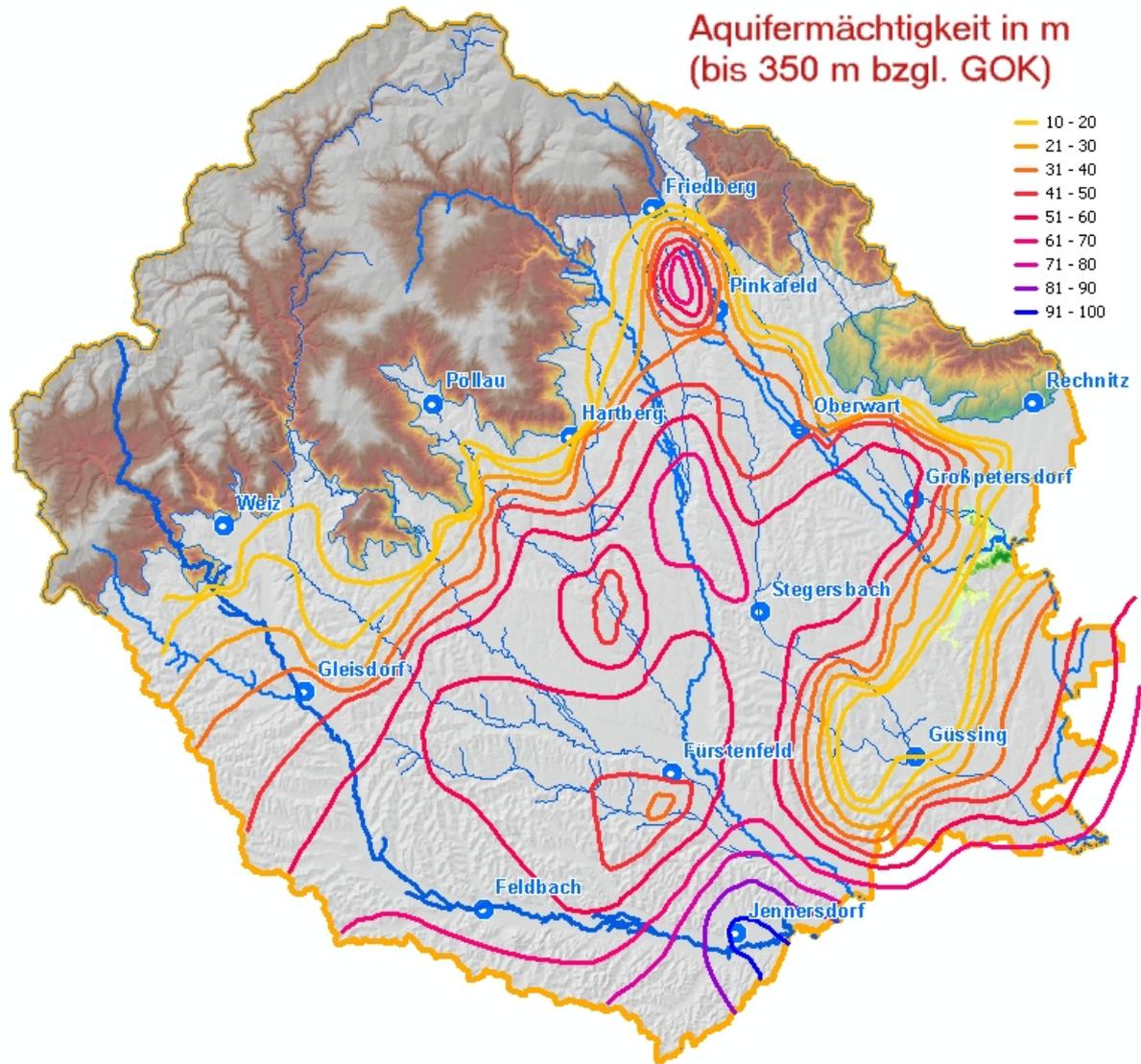


Abbildung 231: Aquifermächtigkeiten in m bis 350 m bzgl. GOK

Die für eine Sedimentmächtigkeit von 100 m erstellte Isopachenkarte (siehe GET 17 und Abbildung 232) zeigt im Südwesten, im Zentrum und im Norden des Beckens mehrere positive und eine negative Anomalie. Die Aquifermächtigkeitskarte für 200 m (siehe GET 18) differiert hinsichtlich des Isolinienverlaufes nur geringfügig gegenüber der 100 m-Darstellung.

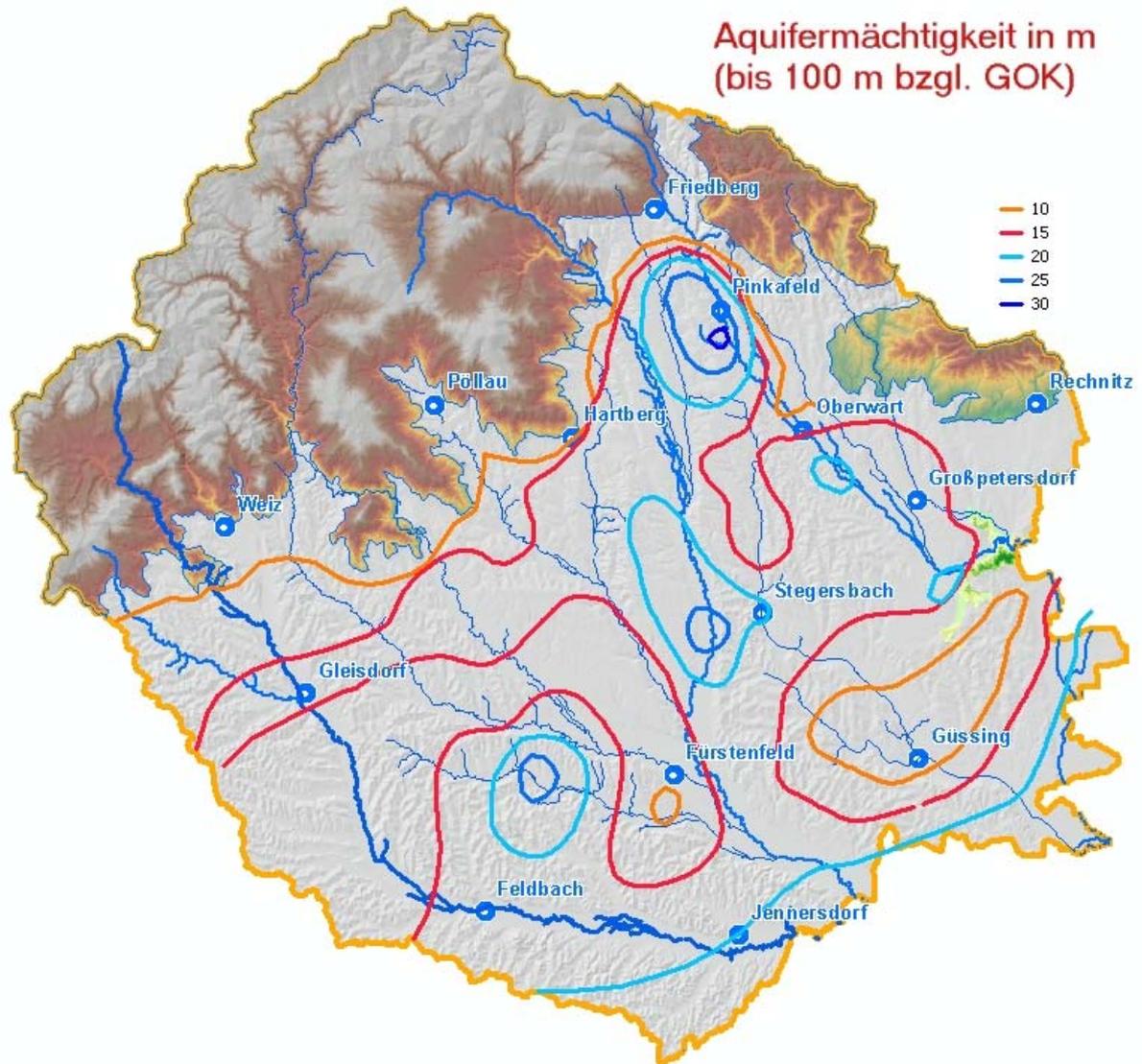


Abbildung 232: Aquifermächtigkeiten in m bis 100 m bzgl. GOK

9.4.4 Geohydraulische Eigenschaften

Die geohydraulischen Eigenschaften der wasserführenden Gesteine des Modellraumes werden in erster Linie auf Basis der Auswertungen von Pumpversuchen oder Förderdaten (siehe Kapitel 9.2) beschrieben. Die berechneten Transmissivitäts- und Gebirgsdurchlässigkeitswerte wurden in den Beilagen GET 20 und GET 21 geplottet und regionalisiert. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die meisten Werte nur Aquifere im Teufenabschnitt 0–100 m beschreiben und für die tiefen Horizonte daher oft keine Werte vorliegen. Daten fehlen vor allem im südlichen Untersuchungsraum im Bereich des Raabtales.

Die Transmissivitäten liegen generell zwischen $1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ und $1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$, die höchsten Werte bei etwa $3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$, die niedrigsten bei etwa $1 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$. Die Verteilung (siehe Beilage GET 20) zeigt, dass schlechte Transmissivitätswerte oft in der Nähe des Grundgebirges liegen. Dies kann einerseits

auf einen erhöhten Feinanteil in Teilbereichen der grundgebirgsnahen Sedimente, andererseits auf Störungen als hydraulische Ränder und/oder das Grundgebirge zurückgeführt werden. Weiters deutet sich ein Trend an, dass die obersarmatischen Aquifere etwas geringere Transmissivitäten aufweisen als die pannonischen Grundwasserleiter. Erhöhte Transmissivitäten könnten mit lokalen Depositzentren korrelieren.

Die Verteilung der Gebirgsdurchlässigkeiten (siehe Beilage GET 21) gibt ein ähnliches Bild wie das der Transmissivitäten wieder, wobei auch hier nur im zentralen Teil des Arbeitsgebietes von einer ausreichenden Datendichte gesprochen werden kann. Die meisten k_f -Werte liegen zwischen $2 \cdot 10^{-6}$ m/s und $3 \cdot 10^{-4}$ m/s. Für eine statistische Auswertung oder geologische Interpretation der Verteilung der Durchlässigkeitsbeiwerte ist jedoch die Datendichte und die vertikale Auflösung zu gering.

Durch die angewandten Methoden bei der Neuberechnung der hydraulischen Kennwerte (siehe Kapitel 9.2) konnten hydraulische Ränder, lateral abnehmende Transmissivitäten und Brunneneffekte erkannt werden. Dabei zeigte sich, dass bei hydraulischen Randbedingungen, die eine Aquiferbegrenzung andeuten, in den meisten Fällen die wasserführenden Schichten in der Nähe des Grundwasseraufschlusses zumindest einseitig durch Lineamente, die als tektonische Störungen interpretiert werden können, abgeschnitten sind (vgl. dazu auch Kapitel 8.12). Änderungen der Transmissivitäten können ebenfalls auf weiter entfernte Störungen oder auch fazielle Wechsel hindeuten. Wichtig sind auch Hinweise auf Brunneneffekte, da in diesen Fällen die errechneten Durchlässigkeiten nicht den Aquifereigenschaften entsprechen und daher auch nicht für eine Regionalisierung herangezogen werden können.

Störungen stellen jedoch nicht nur hydraulische Barrieren dar, sondern können als lithologische Schwächezonen auch in schwach verfestigten Sedimenten als Aufstiegszonen in hangende Aquifere oder in die hydraulische Vorflut dienen, bzw. können Regenerationspfade bieten (siehe Kapitel 9.4.5).

9.4.5 Grundwasserdynamik

9.4.5.1 Potenzialverteilung – Fließrichtungen

Anhand der in Kapitel 9.2 im Rahmen der Pumpversuchsauswertungen erhobenen und ermittelten Ruhedruckspiegeldaten und den in PRODATA dokumentierten Schließdruckmessungen wurde für den Modellraum ein Potenziallinienplan erstellt, der die generelle Fließrichtung der Tiefengrundwässer im NANUTIWA-Gebiet beschreibt. Aufgrund der Datenlage und der Nutzungsgeschichte des gesamten Gebietes kann jedoch nicht von einem Isolinienplan, der einen Ruhezustand repräsentiert, gesprochen werden.

Für die Erstellung des Druckspiegelplanes wurde ein Isolinienabstand von 10 m gewählt, eine angesichts der Größe des NANUTIWA-Gebietes, der Verteilung und der Genauigkeit der

Ausgangsdaten aus hydrogeologischer Sicht ausreichende Auflösung. Der überwiegende Teil der Potenziale konnte problemlos in einen Isolinenplan eingepasst werden. Nur wenige Daten waren unplausibel und mussten verworfen werden. In Grundgebirgsnähe wurde im mittleren Feistritztal ein zweites lokales Drucksystem für die liegenden wasserführenden Horizonte erkannt (siehe Kapitel 10.5.1).

Der Potenziellinienplan für die trinkwasserführenden Schichten der neogenen Ablagerungen ist in der Beilage GET 23 und Abbildung 233 dargestellt. Im Süden und Osten bildet die Wasserscheide zwischen den Einzugsgebieten der Raab und der Mur die Grenze des Modellraumes. Hier zeigen die Potenziellinien an, dass diese Wasserscheide auch für die Tiefengrundwässer gilt.

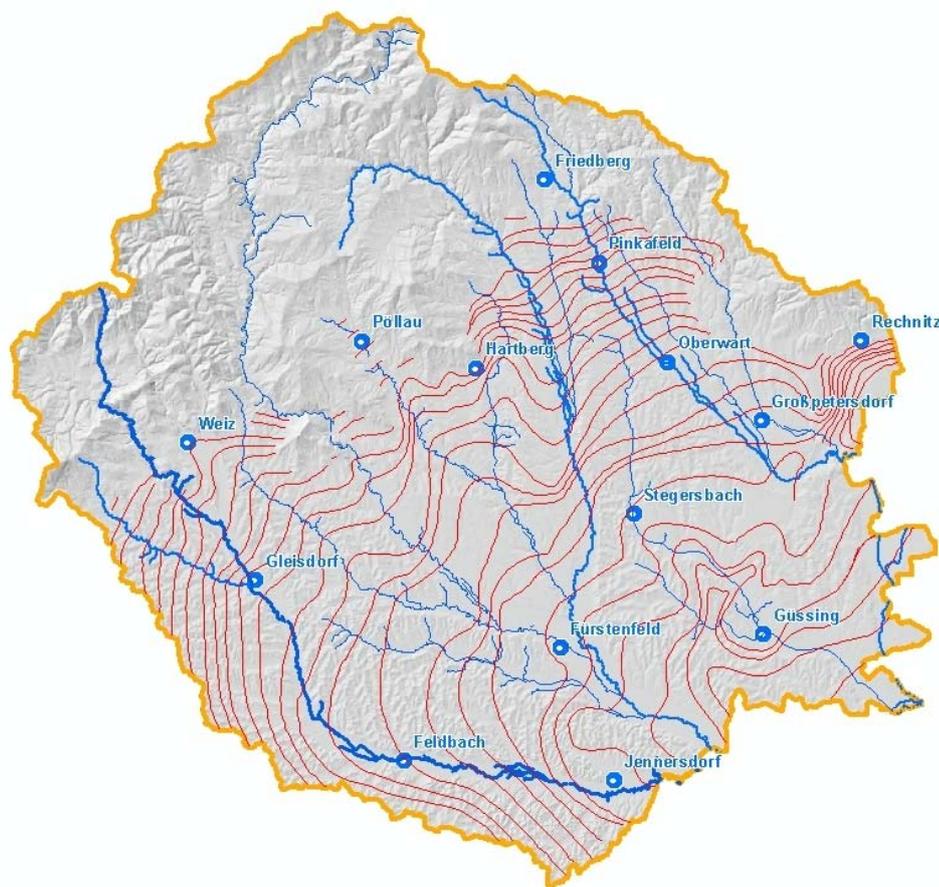


Abbildung 233: Potenziellinienplan

Die Potenziellinien folgen im Wesentlichen der Geometrie und Verbreitung der Aquifere, d.h. sie liegen etwa parallel zum Streichen und den Ausbissen der Schichten sowie etwa parallel zum Verlauf der Höhenschichtlinien des Geländesreliefs vom Grundgebirgsrand in Richtung Beckenzentrum (Raum Fürstenfeld). Daraus resultieren Grundwasserströmungsrichtungen von Südwesten nach Nordosten im südlichen Bereich der NANUTIWA-Gebietes, von Westen nach Osten im westlichen Bereich und von Norden nach Süden im Norden des Oststeirischen Beckens (siehe Abbildung 234). Die Südburgenländische Schwelle fungiert im Osten des NANUTIWA-Gebietes, wo sie eine Hochlage

aufweist und teilweise auch obertage ansteht, als Grundwasserscheitel. Südlich des Lafnitztales wirkt sie sich hydraulisch aufgrund ihrer dortigen Tiefenlage nicht mehr direkt auf den Grundwasserstrom aus.

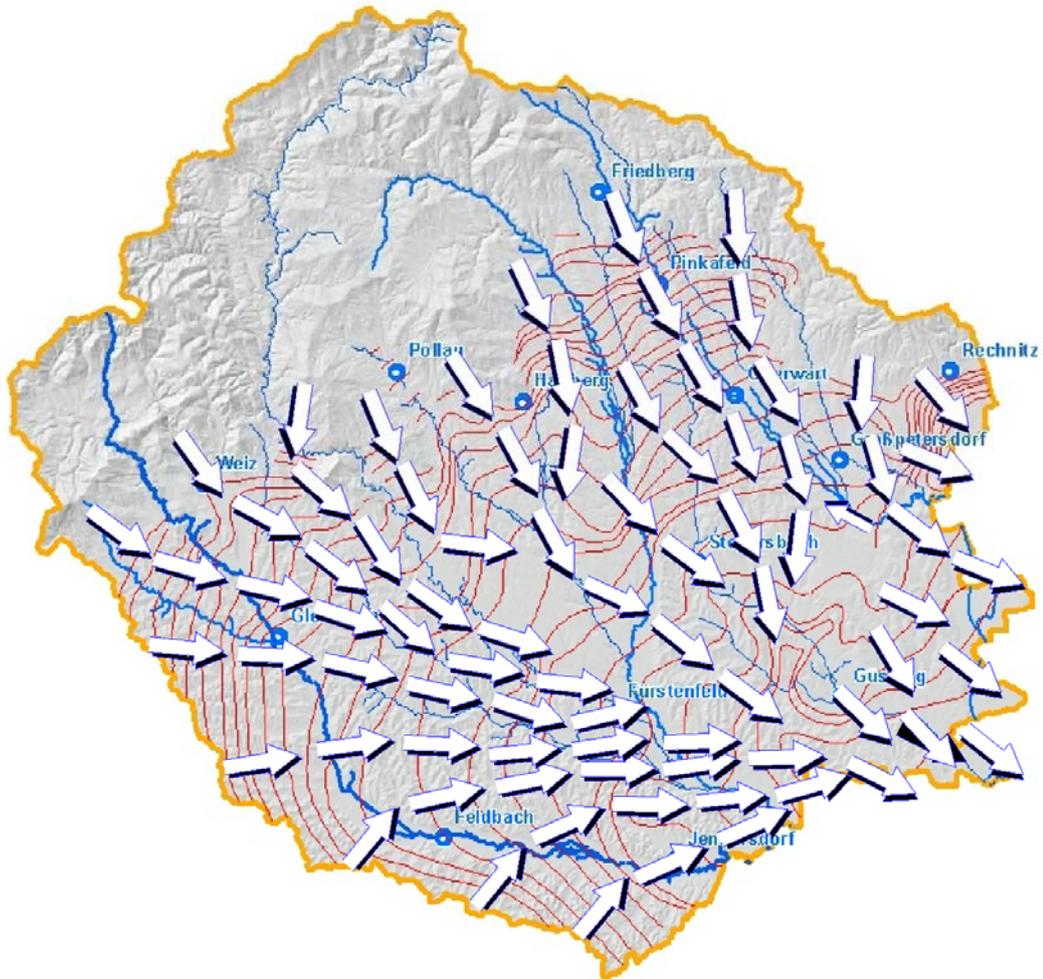


Abbildung 234: Generelle Fließrichtung der Tiefgrundwässer im NANUTIWA-Gebiet

Zwischen Güssing und Hannersdorf im Pinkatal gibt es jedoch, bedingt durch das Schichteneinfallen (siehe Kapitel 9.4.3.3) einen Zufluss von der Südburgenländischen Schwelle in das Oststeirische Becken und eine sich daraus ergebende Ost-West bis Nordost-Südwest gerichtete Grundwasserströmungsrichtung. Am Ostabhang der Südburgenländischen Schwelle herrscht zwischen Rechnitz und Güssing dagegen ein West-Ost bis Nordwest-Südost orientiertes Potenzialgefälle in das Pannonische Becken vor. Abgesehen von diesem Tiefgrundwasserabfluss zeigen die Potenziale den nahezu gesamten Abstrom des Modellraumes im Bereich einer Verbindungslinie Heiligenkreuz–Güssing an. An dieser Linie verlässt das Tiefgrundwasser das österreichische Staatsgebiet und damit auch den Modellraum. Für eine Erweiterung des

wasserwirtschaftlichen Betrachtungsraumes auf ungarisches Staatsgebiet ist dieser Bereich daher von vorrangiger Bedeutung.

Das Potenzialgefälle variiert im Untersuchungsgebiet zwischen 1‰ und max. etwa 20‰; im statistischen Mittel beträgt es etwa 6 ‰. Bei diesen Werten ist aber zu berücksichtigen, dass die Randbereiche des NANUTIWA-Gebietes meist ein hohes Grundwassergefälle aufweisen, welches vorrangig auf das ansteigende Geländere Relief zurückzuführen ist. Nimmt man z.B. eine vom westlichen an den östlichen Modellrand verlaufende 56 km lange Stromlinie, so ergibt sich bei einer Potenzialdifferenz von etwa 230 m ein durchschnittliches Gefälle von 4 ‰. Unter Vernachlässigung der Randbereiche errechnet sich für eine 32 km lange Stromlinie (von Gleisdorf nach Heiligenkreuz) ein durchschnittliches Gefälle von 2,8 ‰. Dieser Wert stellt für den Modellraum einen plausiblen Mittelwert dar. Die räumlichen Unterschiede der Potenzialverteilung haben meist sedimentologisch-lithologische Ursachen. Beispielsweise treten niedrige hydraulische Gradienten in Gebieten mit verbesserten Gebirgsdurchlässigkeiten auf (z.B. Ilzbachtal, Safenbachtal). In Abschnitten von Transmissivitätsänderungen bedingt durch die Zunahme bzw. Abnahme der Aquifernettmächtigkeiten (siehe Beilagen GET 17 bis GET 19) sowie an tektonischen Störungszonen, wie z.B. im Lafnitztal, treten ebenfalls starke Änderungen im Potenzialgefälle auf.

Bestehende Entnahmen fallen in diesem Potenziallinienplan bis auf eine Ausnahme nicht auf. Bei dieser Ausnahme handelt es sich um ein extremes Umbiegen der Potenziallinie im Bereich der Therme Loipersdorf. Hier könnte es durch die großen Absenkungen im Zuge der Entnahmen aus dem sarmatischen Thermalwasseraquifer zu einer Druckabsenkung der trinkwasserführenden Tiefengrundwasserleiter im Modellraum kommen (die Druckabsenkung in den hangenden Aquifere n beträgt etwa 10 m also rund 1 bar, die in den Thermalbohrungen Binderberg 1 und Lautenberg 1 angelegte Druckdifferenz rund 50 bar = 500m). Ein detaillierter Nachweis für diesen Zusammenhang müsste jedoch noch erbracht werden, würde jedoch für die Gesamtbetrachtung des aquatischen Gesamtsystems von großem Interesse sein.

9.4.5.2 Fließgeschwindigkeit

9.4.5.2.1 Filtergeschwindigkeit

Die Filtergeschwindigkeiten v_f lassen sich mit dem hydraulischen Gradienten (I) und den Gebirgsdurchlässigkeiten (k_f) nach DARCY ($v_f = k_f \cdot I$) berechnen. Dazu wurden für die Berechnungen neben den Extremwerten auch die Mittelwerte herangezogen. Die in Tabelle 13 dargestellte Matrix gibt daher die Filtergeschwindigkeiten für mehrere berechnete Kombinationen an.

Gebirgsdurchlässigkeit / Potenzialgefälle	1 ‰ (nieder)	6 ‰ (hoch)	3 ‰ (mittel)
$2 \cdot 10^{-6}$ m/s (nieder)	0,06 m/a	0,38 m/a	0,19 m/a
$3 \cdot 10^{-4}$ m/s (hoch)	9,46 m/a	56,77 m/a	28,38 m/a
$2 \cdot 10^{-5}$ m/s (mittel)	0,63 m/a	3,78 m/a	1,89 m/a

Tabelle 13: Filtergeschwindigkeiten der neogenen Aquifere des Modellraumes

Die Tabelle 13 zeigt, dass die Filtergeschwindigkeiten unter Berücksichtigung der Extremwerte zwischen 0,06 m/a und 56,77 m/a liegen können. Nach Einbeziehung der Mittelwerte errechnet sich eine für den Modellraum durchschnittliche Filtergeschwindigkeit von 1,89 m/a.

9.4.5.2.2 Abstandsgeschwindigkeit

Die Abstandsgeschwindigkeiten stellen den Quotienten aus Filtergeschwindigkeiten und Porosität des Gesteins dar. In Tabelle 14 werden Abstandsgeschwindigkeiten für drei verschiedene Porositäten berechnet, wobei eine Porosität von 10 % als regionaler Wert für den Modellraum unterstellt wird.

Filtergeschwindigkeit / Porosität	5 % (nieder)	15 % (hoch)	10 % (mittel)
0,06 m/a (nieder)	1,26 m/a	0,42 m/a	0,63 m/a
56,76 m/a (hoch)	1.135,29 m/a	378,43 m/a	567,65 m/a
1,89 m/a (mittel)	37,84 m/a	12,61 m/a	18,92 m/a

Tabelle 14: Abstandsgeschwindigkeiten der neogenen Aquifere des Modellraumes Meter pro Jahr

Je nach angenommenen Porositäten und Filtergeschwindigkeiten liegen die Abstandsgeschwindigkeiten im Modellraum zwischen 0,42 m/a und 1.135 m/a, wobei von ca. 20 m/a als regionalem Durchschnittswert auszugehen ist. Lokal können schlechtere Durchlässigkeiten und geringere Potenziale wie im Safen-, Ilzbach- und Rittscheintal zu Abstandsgeschwindigkeiten von 5 m/a führen.

9.4.5.3 Durchflussmengen

Zur Grobabschätzung des Grundwasserdurchflusses wurden im Modellgebiet vier Profile etwa parallel zu den Potenziallinien gelegt (siehe Abbildung 235). Das Profil 1 ist das dem Grundgebirge am Nächsten gelegene und verläuft von St. Marein bei Graz nach Gleisdorf, knickt dort um und streicht Richtung Hartberg und Bad Tatzmannsdorf. Die Länge von Profil 1 beträgt etwa 64 km. Das Profil 2 beginnt südlich des Raabtales, verläuft über Feldbach, Ebersdorf und Oberwart und weist eine Gesamtlänge von 84 km auf. Das zentrale Oststeirische Becken wird von Jennersdorf über Fürstenfeld nach Eisenhüttl vom Profil 3 geschnitten, welches dann entlang des Ostrandes der Südburgenländischen Schwelle weiter läuft. Das Profil 4 verläuft südlich von Güssing entlang der österreichisch-ungarischen Grenze und versucht den Grundwasserabstrom aus dem Untersuchungsgebiet im Südosten zu erfassen (Länge: 25,4 km).

Mit Hilfe der Verteilungen der Aquifernettomächtigkeiten (siehe Beilagen GET 17 bis GET 19), der Gebirgsdurchlässigkeitsbeiwerte (siehe Beilagen GET 21) und des Potenziallinienplanes (siehe Beilage GET 23) konnte nach dem Gesetz von DARCY entlang der vier Profillinien der Durchfluss für die Tiefenabschnitte von 100 m, 200 m und 350 m unter GOK berechnet werden. Zu diesem Zweck wurden die vier Profile zwischen den Knickpunkten in Hauptabschnitte, und diese wiederum in Teilabschnitte entsprechend der sich ändernden Mächtigkeiten oder Durchlässigkeiten, unterteilt. Für jeden dieser Teilabschnitte wurde der lokale Durchfluss für die drei Tiefenstufen ermittelt und für die Hauptabschnitte summiert. Da die Regionalisierung der Gebirgsdurchlässigkeiten in weiten Bereichen nur einen Näherungswert darstellt (siehe Kapitel 9.4.4), wurden die in Frage kommenden höchsten und niedrigsten Durchlässigkeiten (k_{rmax} und k_{rmin}) herangezogen. Daraus resultieren ein Mindest- und Maximaldurchfluss (Q_{min} und Q_{max}), die gemittelt (Q_{mittel}) wurden (Berechnungsgrundlage siehe Tabelle 19 bis Tabelle 21). Für die weiteren Betrachtungen wird Q_{mittel} herangezogen.

In Tabelle 15 bis Tabelle 17 werden die Durchflussmengen für die einzelnen Profile und Tiefenintervalle zusammenfassend dargestellt. Dabei zeigt sich, dass die berechneten Minimal- und Maximalwerte große Divergenzen aufweisen können. Z.B. kann in den Profilen 1 und 2 der errechnete Maximaldurchfluss bis um das siebenfache über dem Mindestdurchfluss liegen. Im Profil 3 sind die Durchlässigkeitsverteilungen statistisch besser abgesichert und deshalb liegt der Maximaldurchfluss nur um einen Faktor 2 über dem des Mindestdurchflusses.

Tiefenabschnitt 0-100 m unter GOK				
Profil Nr.	Hauptabschnitt	Q _{min}	Q _{max}	Q _{mittel}
		[l/s]	[l/s]	[l/s]
1	1.1	33	50	42
	1.2	69	411	240
	1.3	19	343	181
Profil 1 gesamt		121	805	463
2	2.1	53	106	80
	2.2	10	182	96
	2.3	49	322	186
	2.4	15	30	22
Profil 2 gesamt		127	640	383
3	3.1	18	36	27
	3.2	42	104	73
	3.3	17	28	22
	3.4	24	49	37
	3.5	4	8	6
Profil 3 gesamt		106	225	165
4	4.1	16	32	24
	4.2	17	33	25
Profil 4 gesamt		33	65	49

Tabelle 15: Berechnete Durchflussmengen für den Tiefenabschnitt 0-100 unter GOK

Tiefenabschnitt 100-200 m unter GOK				
Profil Nr.	Hauptabschnitt	Q _{min}	Q _{max}	Q _{mittel}
		[l/s]	[l/s]	[l/s]
1	1.1	29	43	36
	1.2	68	452	260
	1.3	15	269	142
Profil 1 gesamt		112	764	438
2	2.1	33	66	50
	2.2	15	301	158
	2.3	50	331	190
	2.4	4	9	7
Profil 2 gesamt		102	707	404
3	3.1	27	54	41
	3.2	43	106	74
	3.3	14	23	18
	3.4	4	9	7
	3.5	1	2	2
Profil 3 gesamt		90	194	142
4	4.1	6	12	9
	4.2	9	19	14
Profil 4 gesamt		16	31	23

Tabelle 16: Berechnete Durchflussmengen für den Tiefenabschnitt 100-200 unter GOK

Tiefenabschnitt 200-350 m unter GOK				
Profil Nr.	Hauptabschnitt	Q _{min}	Q _{max}	Q _{mittel}
		[l/s]	[l/s]	[l/s]
1	1.1	64	96	80
	1.2	36	125	80
	1.3	9	174	92
Profil 1 gesamt		109	395	252
2	2.1	119	238	179
	2.2	16	256	136
	2.3	68	442	255
	2.4	27	54	40
Profil 2 gesamt		229	990	610
3	3.1	37	74	55
	3.2	67	168	117
	3.3	23	37	30
	3.4	4	9	7
	3.5	1	2	2
Profil 3 gesamt		133	289	211
4	4.1	22	45	33
	4.2	5	10	8
Profil 4 gesamt		27	55	41

Tabelle 17: Berechnete Durchflussmengen für den Tiefenabschnitt 200-350 unter GOK

Die berechneten Werte zeigen oft eine Zunahme der Durchflussmengen mit der Tiefe an. In einzelnen Abschnitten nimmt die Durchflussmenge mit der Tiefe nicht zu, da hier Transmissivitätsreduktionen bedingt durch geringe Nettomächtigkeiten oder schlechtere Gebirgsdurchlässigkeiten auftreten.

Der entlang der Profillinien und Tiefenintervalle gerechnete mittlere Durchfluss ist in Abbildung 235 visualisiert. In dieser Darstellung wurden auch die ermittelten Entnahmemengen (siehe Kapitel 12) einbezogen. Diese weichen vom letztgültigen Stand der Projektdatenbank PRODATA etwas ab, was für die generalisierten Aussagen dieser Berechnungen jedoch von untergeordneter Bedeutung ist.

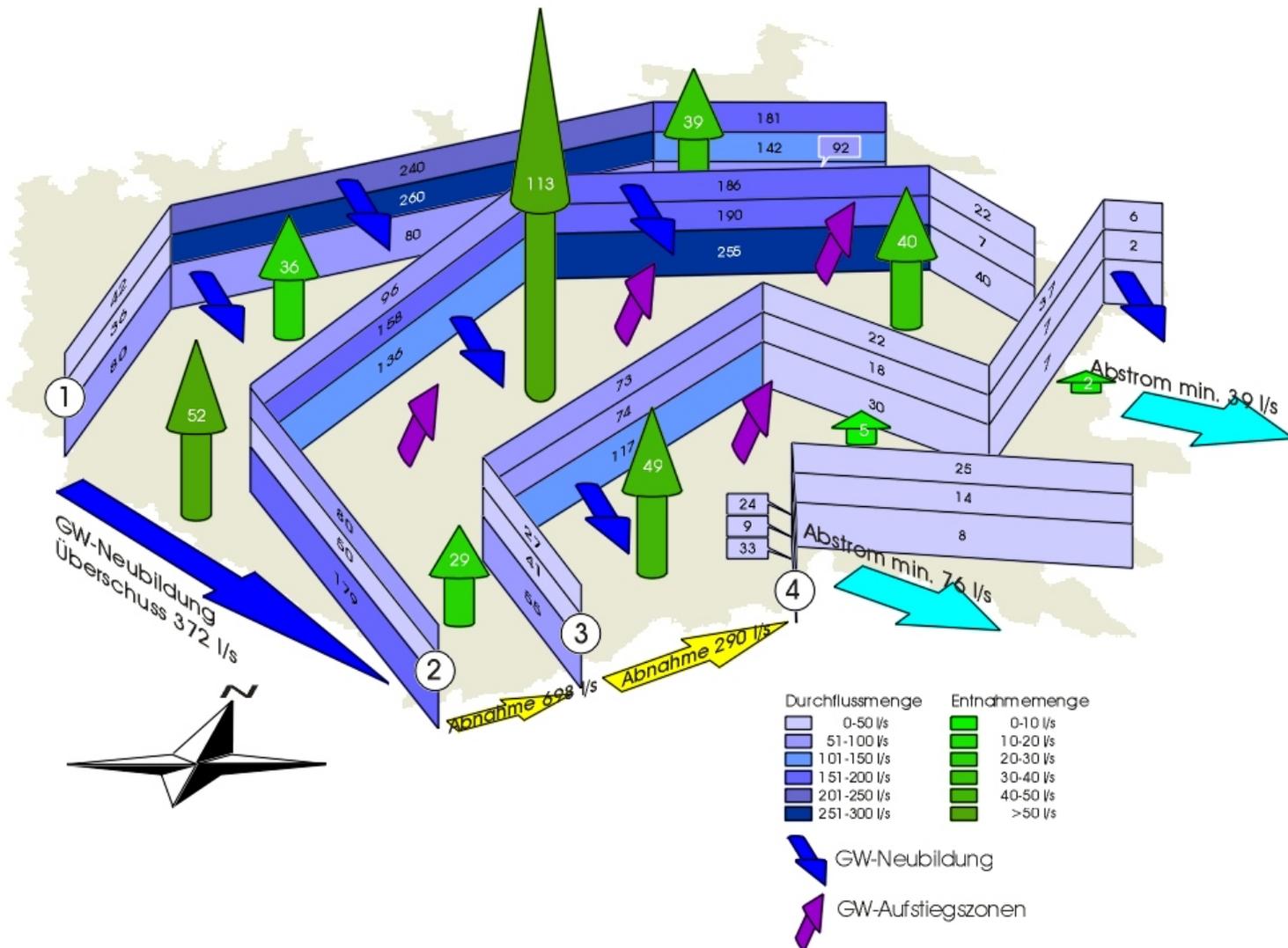


Abbildung 235: Grafische Darstellung des Grundwasserdurchflusses im Modellgebiet

Das Profil 1 liegt nahe dem Randgebirge und der westlichen Modellgrenze, welche durch die Wasserscheide zum Murtal gebildet wird. Die aus den Potenzialverhältnissen und den Durchlässigkeiten ermittelte Durchflussmenge beträgt 1.153 l/s (siehe Tabelle 18), im östlich anschließenden Profil 2 beträgt sie 1.398 l/s. Berücksichtigt man die im Zwischenbereich vorliegenden Wasserentnahmen (kumulativ 127 l/s), so ergibt dies einen Überschuss von 372 l/s. Erklärbar ist der Zuwachs durch Zuflüsse aus dem im Südwesten gelegenen Einzugsgebiet, welches für das Profil 1 nicht wirksam ist und durch Grundwasserneubildung im Modellgebiet zwischen den Profilen 1 und 2, welche über die hier obertage austreichenden permeablen Horizonte erklärt werden kann (siehe Tabelle 18).

Zwischen Profil 2 und 3 tritt unter Berücksichtigung der Entnahmemengen eine Abnahme des Durchflusses von 698 l/s auf (518 l/s im Profil 3 gegenüber 1.398 l/s im Profil 2, Entnahmen 182 l/s), welche durch Exfiltrationen in die Vorfluter und durch Abströmung in tiefere Horizonte verursacht wird.

Eine weitere deutliche Reduktion der Durchflussmenge tritt zum Profil 4 auf, dessen Durchflussmenge nur mehr 113 l/s beträgt. Dabei handelt es sich gleichzeitig um jene Menge, die in das grundwasserstromabwärts gelegene Pannonische Becken strömt. Die Abnahme der Abstrommenge beträgt hier 290 l/s. Weiters fließen östlich von Profil 4 etwa 59 l/s im Osten der Südburgenländischen Schwelle in das Pannonische Becken weiter. Demnach verlassen insgesamt im Durchschnitt etwa 172 l/s den Modellraum in Richtung Ungarn. Der Minimalwert dieser Abflussmenge beträgt etwa 76+39=115 l/s (siehe Abbildung 235). Tabelle 18 fasst die mittleren Durchflusswerte der Profile und die resultierenden Bilanzwerte zusammen.

Die gesamte Betrachtungsweise innerhalb dieses Kapitels stellt eine generalisierte und vereinfachende Bilanzierung der unterirdischen Grundwasserfließmengen dar, vernachlässigt jedoch kleinräumige Zirkulationssysteme und die intensive Wechselwirkung zwischen dem oberflächennahen und dem tiefliegenden aquatischen System. Für weiterführende Interpretationen und wasserwirtschaftliche Überlegungen ist diese Tatsache in jedem Fall zu berücksichtigen und detailliert zu untersuchen.

	Durchfluss [l/s]	Entnahmemengen [l/s]	Abfluss Richtung Osten [l/s]	Überschuss, GW-Neubildung [l/s]	Abnahme [l/s]
Profil 1	1153	127		372	
Profil 2	1398	182			698
Profil 3	518	56	59		290
Profil 4	113		113		

Tabelle 18: Zusammenfassung der für das Untersuchungsgebiet berechneten Durchflussmengen in l/s

9.4.5.4 Spezifische Durchflussmengen

Dass die beobachtete Reduktion der Durchflussmenge nicht allein auf die Querschnittsverengung zurückzuführen ist, zeigen die Vergleiche der spezifischen Durchflussmengen (bezogen auf 1 km

Durchflussbreite, siehe Tabelle 19 bis Tabelle 21). Die Tabellen der spezifischen Durchflussmengen fassen jeweils die gesamten Tiefenintervalle von GOK bis 100, 200 bzw. 350 m zusammen, was bei der Verwendung der Tabellen zu berücksichtigen ist. In diesen Tabellen sind auch die Berechnungsgrundlagen (Mächtigkeiten, k_f -Werte, Gefälle) für die Ermittlung der Durchflussmengen in Tabelle 15 bis Tabelle 17 zusammengefasst.

Diese spezifischen Durchflussmengen nehmen, bedingt durch das Verflachen des Potenzialgefälles Richtung Osten, ausgehend von Profil 1 in Richtung Profil 4 deutlich ab (siehe Tabelle 21).

Tiefenabschnitt 0-100 m unter GOK										
Profil Nr.	Hauptabschnitt	Länge	Mächtigkeit	Gefälle	Fläche	$k_{f_{min}}$	$k_{f_{max}}$	$Q_{min} / \text{km Profillänge}$	$Q_{max} / \text{km Profillänge}$	$Q_{mittel} / \text{km Profillänge}$
		[m]	[m]	[\cdot]	[m^2]	[m/s^2]	[m/s^2]	[$\text{l/s} / \text{km}$]	[$\text{l/s} / \text{km}$]	[$\text{l/s} / \text{km}$]
1	1.1	15375	14	0,010	214.750	0,000014	0,000021	2,2	3,3	2,7
	1.2	33375	15	0,008	509.250	0,000021	0,000105	2,1	12,3	7,2
	1.3	16000	14	0,008	277.000	0,000007	0,000156	1,2	21,4	11,3
Profil 1 (gesamt bzw. Mittelwert)		64750	15	0,008	1.001.000	0,000016	0,000106	1,8	12,3	7,1
2	2.1	24000	20	0,007	450.375	0,000020	0,000040	2,2	4,4	3,3
	2.2	24625	15	0,003	369.375	0,000007	0,000111	0,4	7,4	3,9
	2.3	26375	17	0,005	469.875	0,000023	0,000146	1,9	12,2	7,0
	2.4	8875	14	0,005	42.500	0,000020	0,000040	1,7	3,3	2,5
Profil 2 (gesamt bzw. Mittelwert)		83875	16	0,005	1.332.125	0,000018	0,000081	1,5	6,8	4,2
3	3.1	11250	17	0,005	208.750	0,000020	0,000040	1,6	3,2	2,4
	3.2	22250	15	0,004	351.875	0,000034	0,000077	1,9	4,7	3,3
	3.3	12125	11	0,003	149.500	0,000032	0,000051	1,4	2,3	1,8
	3.4	16625	7	0,013	107.875	0,000020	0,000040	1,5	2,9	2,2
	3.5	2600	4	0,020	10.400	0,000020	0,000040	1,6	3,2	2,4
Profil 3 (gesamt bzw. Mittelwert)		64850	13	0,006	828.400	0,000026	0,000051	1,6	3,3	2,4
4	4.1	8250	18	0,005	148.500	0,000020	0,000040	1,9	3,9	2,9
	4.2	17250	16	0,003	276.000	0,000020	0,000040	1,0	4,0	3,0
Profil 4 (gesamt bzw. Mittelwert)		25500	17	0,004	424.500	0,000020	0,000040	1,5	4,0	3,0

Tabelle 19: Spezifischen Durchflussmengen für den Tiefenabschnitt 0-100m

Tiefenabschnitt 0-200 m unter GOK										
Profil Nr.	Hauptabschnitt	Länge	Mächtigkeit	Gefälle	Fläche	$k_{f_{min}}$	$k_{f_{max}}$	$Q_{min} / \text{km Profillänge}$	$Q_{max} / \text{km Profillänge}$	$Q_{mittel} / \text{km Profillänge}$
		[m]	[m]	[\cdot]	[m^2]	[m/s^2]	[m/s^2]	[$\text{l/s} / \text{km}$]	[$\text{l/s} / \text{km}$]	[$\text{l/s} / \text{km}$]
1	1.1	15375	28	0,009825	408.625	0,000014	0,000021	4,0	6,1	5,1
	1.2	33375	29	0,00779538	931.250	0,000021	0,000105	4,1	25,9	15,0
	1.3	16000	26	0,00834124	490.500	0,000007	0,000156	2,1	38,3	20,2
Profil 1 (gesamt bzw. Mittelwert)		64750	28	0,00865387	1.830.375	0,000016	0,000106	3,4	23,4	13,4
2	2.1	24000	31	0,00666667	775.500	0,000020	0,000040	3,6	7,2	5,4
	2.2	24625	35	0,00323333	870.000	0,000007	0,000111	1,0	19,6	10,3
	2.3	26375	35	0,00479365	920.000	0,000023	0,000146	3,7	24,8	14,2
	2.4	8875	19	0,00529524	60.000	0,000020	0,000040	2,2	4,3	3,3
Profil 2 (gesamt bzw. Mittelwert)		83875	29	0,00499722	2.625.500	0,000018	0,000081	2,6	14,0	8,3
3	3.1	11250	43	0,005	537.750	0,000020	0,000040	4,0	8,0	6,0
	3.2	22250	30	0,004	708.750	0,000034	0,000077	3,8	9,4	6,6
	3.3	12125	19	0,003	271.375	0,000032	0,000051	2,6	4,1	3,4
	3.4	16625	8	0,013	124.500	0,000020	0,000040	1,7	3,5	2,6
	3.5	2600	5	0,020	13.000	0,000020	0,000040	2,0	4,0	3,0
Profil 3 (gesamt bzw. Mittelwert)		64850	25	0,006	1.655.375	0,000026	0,000051	2,8	5,8	4,3
4	4.1	8250	25	0,005	206.250	0,000020	0,000040	2,7	5,4	4,1
	4.2	17250	25	0,003	431.250	0,000020	0,000040	1,5	6,3	4,7
Profil 4 (gesamt bzw. Mittelwert)		25500	25	0,004	637.500	0,000020	0,000040	2,1	5,8	4,4

Tabelle 20: Spezifischen Durchflussmengen für den Tiefenabschnitt 100-200m

Tiefenabschnitt 0-350 m unter GOK										
Profil Nr.	Hauptabschnitt	Länge [m]	Mächtigkeit [m]	Gefälle [.]	Fläche [m ²]	K _{fmin} [m/s ²]	K _{fmax} [m/s ²]	Q _{min} / km Profillänge [(l/s) / km]	Q _{max} / km Profillänge [(l/s) / km]	Q _{mittel} / km Profillänge [(l/s) / km]
1	1.1	15375	56	0,010	830.000	0,000014	0,000021	8,2	12,3	10,3
	1.2	33375	34	0,008	1.031.375	0,000021	0,000105	5,2	29,6	17,4
	1.3	16000	32	0,008	629.875	0,000007	0,000156	2,7	49,1	25,9
Profil 1 (gesamt bzw. Mittelwert)		64750	37	0,009	2.491.250	0,000016	0,000106	5,4	30,4	17,9
2	2.1	24000	76	0,007	1.749.000	0,000020	0,000040	8,6	17,1	12,8
	2.2	24625	62	0,003	1.500.625	0,000007	0,000111	1,6	30,0	15,8
	2.3	26375	62	0,005	1.585.625	0,000023	0,000146	6,3	41,5	23,9
	2.4	8875	39	0,005	116.250	0,000020	0,000040	5,2	10,4	7,8
Profil 2 (gesamt bzw. Mittelwert)		83875	58	0,005	4.951.500	0,000018	0,000081	5,4	24,8	15,1
3	3.1	11250	80	0,005	960.750	0,000020	0,000040	7,3	14,6	10,9
	3.2	22250	59	0,004	1.282.875	0,000034	0,000077	6,8	17,0	11,9
	3.3	12125	30	0,003	467.625	0,000032	0,000051	4,5	7,1	5,8
	3.4	16625	9	0,013	141.125	0,000020	0,000040	2,0	4,0	3,0
	3.5	2600	6	0,020	15.600	0,000020	0,000040	2,4	4,8	3,6
Profil 3 (gesamt bzw. Mittelwert)		64850	46	0,009	2.867.975	0,000026	0,000051	4,6	9,5	7,1
4	4.1	8250	50	0,0054	412.500	0,00002	0,00004	5,4	10,8	8,1
	4.2	17250	30	0,0030	517.500	0,00002	0,00004	3,8	7,5	5,6
Profil 4 (gesamt bzw. Mittelwert)		25500	40	0,004	930.000	0,000020	0,000040	4,6	9,2	6,9

Tabelle 21: Spezifischen Durchflussmengen für den Tiefenabschnitt 200-350m

9.4.5.5 Hydrogeologisches Detailmodell "Mittleres Feistritztal"

Dieser Berichtsabschnitt bearbeitet die hydrogeologischen Grundlagen und Rahmenbedingungen für die Erstellung und Berechnung eines numerischen Strömungsmodells (siehe Kapitel 10.5.1). Der Projektpartner SWW führte bereits in den letzten Jahrzehnten hydrologische Untersuchungen im Feistritz- und im Safental durch, wobei auch zwei einfache numerische Modelle gerechnet wurden.

Das Detail-Modellgebiet ist durch äußerst komplexe geologischen und hydrogeologischen Strukturen charakterisiert.

Das Modellgebiet (siehe Tabelle 22) umfasst das Feistritztal im Abschnitt St. Johann bei Herberstein bis Hainersdorf. Das rechteckig begrenzte Gebiet verläuft etwa parallel zum Feistritztal (Nordwest-Südost). Die Länge des Ausschnittes beträgt 16 km, die Breite 3,5 km. Das Bezugsniveau (Oberkante Detailausschnitt) wurde mit +300 m ü.A. festgelegt, die Unterkante des Detailgebietes mit +50 m ü.A..

KOORDINATEN DER MODELLGEBIET-ECKPUNKTE		
Koordinaten (BMN Österreich)	Rechtswert Y	Hochwert X
Nordwest-Ecke (linksufrig der Feistritz):	711.690	231.180
Nordwest-Ecke (rechtusufrig der Feistritz):	709.091	228.838
Südost-Ecke (linksufrig der Feistritz):	722.404	219.298
Südost-Ecke (rechtusufrig der Feistritz):	719.805	216.955

Tabelle 22: Detailmodell "Mittleres Feistritztal" - Koordinaten der Modellgebiet-Eckpunkte

Im ersten Arbeitsschritt wurde der hydrogeologische Profilschnitt F (siehe Beilage GET 8) im Abschnitt des Detailmodells mit zusätzlichen Informationen ergänzt und in seiner vertikalen Auflösung (z.B. Schichtmächtigkeiten etc.) verbessert. Vor allem das Auftreten von zahlreichen sprödetektonischen

Störungen in der Nähe zum Grundgebirge mit unbekanntem Sprunghöhen erschweren die Modellentwicklung ebenso wie die geringe Aufschlussedichte.

In diesem hydrogeologischen Profilschnitt (siehe Beilage GET 24) wurden innerhalb der neogenen Sedimente drei sogenannte "Grundwasserleiter-Gruppen" vermutlich unterschiedlicher Druckniveaus diskriminiert. In einer Grundwasserleiter-Gruppe wurden jene Grundwasserhorizonte zusammengefasst, die aufgrund ihrer lithostratigraphischen und hydrogeologischen Charakteristika Ähnlichkeiten aufweisen. Die einzelnen Gruppen bestehen aus jeweils ein bis vier Grundwasserhorizonten, wobei die Anzahl der Horizonte einer Gruppe längs des Profils, bedingt durch geologische Störungen bzw. durch das Auskeilen von Horizonten, variieren kann.

In Beilage GET 24 wurden die vorwiegend aus neogenen Sanden und Kiesen bestehenden Horizonte und ihre Gruppenzugehörigkeit dargestellt. Zusätzlich sind im Profil sämtliche bekannten Transmissivitäten der Grundwasserleiter sowie die Druckspiegel eingetragen. Aufgrund dieser Daten wird für die liegenden Horizonte (Grundwasserleiter-Gruppe 3) ein gegenüber dem Hangenden (Grundwasserleiter-Gruppe 2) um ca. 2 bar niedrigeres Drucksystem angenommen. Zwischen der Gruppe 2 und der Gruppe 1 ist der Druckunterschied nicht so groß, liegt unter 1 bar und ist aufgrund der Modellauflösung zu vernachlässigen.

Im Zuge der geologischen Modellierung war eine Vereinfachung der ohnedies relativ flach einfallenden Horizonte auf eine horizontale Lagerung erforderlich.

Zur Ermittlung der Mächtigkeiten der Grundwasserleiter-Gruppen wurden dem Profil die Mächtigkeiten und die Seehöhen der einzelnen Horizonte im Raster von 500 m - unter besonderer Berücksichtigung der geophysikalischen Bohrlochmessungen – entnommen, addiert und gemittelt. Bei starken Änderungen in den Mächtigkeiten oder in der Anzahl der Einzelhorizonte erfolgte eine abschnittsweise Gewichtung entsprechend der lateralen Ausdehnung. Daraus resultieren die in Beilage GET24 angeführten Kenndaten (Top, Basis, Mächtigkeit) der drei Grundwasserleiter-Gruppen.

Abgesehen von den drei Grundwasserleiter-Gruppen wurden, entsprechend den im Profil auftretenden geologisch-lithologischen Verhältnissen, drei weitere Modell-Einheiten unterschieden, sodass für die Modellierung folgende sechs hydrogeologische Einheiten herangezogen wurden (siehe Tabelle 23).

MODELL-EINHEITEN

	neogene Sande und Kiese; Grundwasserleiter-Gruppe 1
	neogene Sande und Kiese; Grundwasserleiter-Gruppe 2
	neogene Sande und Kiese; Grundwasserleiter-Gruppe 3
	neogene Schluffe, Tone und Feinsande (minder durchlässig)
	Konglomerate und Brekzien, matrixgestützt (Kluftgrundwasserleiter möglich)
	metamorphes Grundgebirge (Kluftgrundwasserleiter möglich)

Tabelle 23: Detailmodell "Mittleres Feistritztal" – Hydrogeologische Einheiten

In weiterer Folge wurde ein Modell mit sieben horizontalen Layern erstellt. Innerhalb der einzelnen Layer wurde auch lateral zwischen den verschiedenen hydrogeologischen Modelleinheiten unterschieden (Raster: 250 m), sodass die einzelnen Lagen jeweils einen unterschiedlichen Grundriss besitzen, in dem die dreidimensionale Verbreitung der geologischen Einheiten berücksichtigt wurde (siehe Beilage GET 24). Dabei ist im Modellgebiet vor allem das im Nordwesten zutage tretende metamorphe Grundgebirge maßgeblich.

Die vertikalen Abgrenzungen der Layer sind in untenstehender Tabelle 24 zusammengefasst. Die Nummerierung der Layer erfolgt vom Liegenden ins Hangende.

Modellage	Basis m.ü.A.	Top m ü.A.	Mächtigkeit m
Layer 1	50,0	133,3	83,3
Layer 2	133,3	165,8	32,5
Layer 3	165,8	240,0	74,2
Layer 4	240,0	251,9	11,9
Layer 5	251,9	280,8	28,9
Layer 6	280,8	283,2	2,4
Layer 7	283,2	300,0	16,8

Tabelle 24: Detailmodell "Mittleres Feistritztal" – vertikale Abgrenzung der Layer

Die Grundrisse der sieben Modell-Layer sind in Beilage GET 24 dargestellt. Dabei entsprechen die unterschiedlich eingefärbten Zellen den oben angeführten geologisch-lithologischen Einheiten, die bei der Modellierung durch entsprechende Transmissivitätswerte bestimmt werden. Den neogenen Sanden und Kiesen werden aufgrund der hydraulischen Tests Transmissivitäten zwischen $1 \cdot 10^{-4}$ m²/s und $1 \cdot 10^{-3}$ m²/s zugewiesen. Schluffen und Tonen des Neogen sowie schluffig-tonig dominierten Sanden wurden Transmissivitätswerte von $1 \cdot 10^{-7}$ m²/s bis $1 \cdot 10^{-5}$ m²/s zugeordnet; den konglomeratischen und brekziösen Basisentwicklungen sowie den metamorphen Festgesteinen des Beckenuntergrundes Werte zwischen $1 \cdot 10^{-6}$ m²/s bis $1 \cdot 10^{-4}$ m²/s.

Wie oben erwähnt, zeichnet sich dieses Detailgebiet gegenüber anderen durch seinen äußerst komplexen und komplizierten geologisch-hydrogeologischen Aufbau aus. Bedingt durch Beckenrandstörungen treten Sprunghöhen in der Größenordnung von mindestens 150 – 200 m auf, die zu Abschiebungen der neogenen Sedimentblöcke führten. Dadurch keilen in der Tiefe wasserführende Schichten gegen das metamorphe Grundgebirge oder Basiskonglomerate bzw. Brekzien aus, ohne an der Oberfläche auszubeißen. Dies hat zur Folge, dass die Grundwasserneubildung in diesen Abschnitten, wenn überhaupt vorhanden, auch über das Grundgebirge erfolgen kann. Weiters ist anzunehmen, dass wasserführende Schichten an Störungen abgeschnitten werden, was zu einer erhöhten Komplexität bei der mathematischen Modellierung führen wird.

Die Umsetzung dieses hydrogeologischen Modelles in einem hydraulischen Strömungsmodell erfolgt in Kapitel 10.5.1.

9.4.6 Informationsdefizite und Modellprüfung

Trotz der zahlreichen Untergundaufschlüsse im Untersuchungsgebiet sind geowissenschaftliche Informationsdefizite festzustellen. Dies beginnt damit, dass die meisten Bohrungen geologisch nicht fachgerecht aufgenommen werden. In den meisten Fällen liegen nur Profile der ausführenden Bohrfirmen vor. Stratigrafische Bearbeitungen des Bohrkleins unterblieben und unterbleiben ebenfalls in den meisten Fällen. Oft werden auch keine geophysikalischen Bohrlochmessungen durchgeführt und wenn diese Messungen doch erfolgten, fehlt meist eine geologisch-hydrogeologische Auswertung und Einbindung der Daten. Aus diesen Gründen liegen für die meisten Bohrungen keine Completionlogs vor. Ausnahmen stellen die Tiefbohrungen der KW-Industrie sowie die Thermalwassererschließungen dar.

Durch die fehlenden geologischen Aufnahmen und Untersuchungen gehen wichtige Informationen für immer verloren, deren Akquisition nur einen geringen zusätzlichen finanziellen und personellen Aufwand in Relation zu den Bohr- und Ausbaurkosten der Brunnen betragen hätte. Diese Vorgangsweise zeichnet sich oft bereits bei der Planung von Grundwassererschließungen ab, die

dann ohne lokale hydrogeologische Modellvorstellung niedergebracht werden und deren Ergebnisse dadurch oft auch keiner geologischen Plausibilitätsüberprüfung zugeführt werden können.

Ähnlich verhält es sich mit geohydraulischen Tests bei Neuerschließungen. Pumpversuche und Aufspiegelungen werden oft zu kurz durchgeführt, nur von den Bohrfirmen dokumentiert und nicht hydrogeologisch ausgewertet. Dadurch werden Brunneneffekte oft nicht erkannt und die berechneten Gebirgsdurchlässigkeiten beschreiben daher oft den brunnennahen Bereich und nicht den Aquifer. Ebenso werden geologisch bedingte hydraulische Barrieren, wie Störungen und laterale Fazieswechsel, nur in den seltensten Fällen erkannt.

Auch mehrmonatige Pumpversuche können in manchen Fällen zu kurz sein, um hydraulische Zusammenhänge mit anderen Brunnen oder lithologisch oder tektonisch bedingte Grenzen der Aquifere zu erkennen. Deshalb kommt den Monitoringdaten der Grundwasserentnahmen eine große Bedeutung zu. Diese müssten von den Betreibern nicht nur dokumentiert, sondern auch hydrogeologisch ausgewertet werden, was aber oft nicht erfolgt. Ein zusammenführendes Monitoring- und Auswerternetzwerk wäre diesbezüglich sehr wünschenswert und zielführend.

Generell liegen bis in eine Tiefe von 100 m unter Gelände eine ausreichende Anzahl an Aufschlüssen zur Entwicklung des hydrogeologischen Modells vor. Ab Tiefen von 100 m ist die Aufschlussdichte sehr gering, woraus sich relativ große geologische und hydrogeologische Informationsdefizite und Unsicherheiten ableiten. Dies trifft vor allem auf die Randbereiche des Untersuchungsgebietes zu. Die Anzahl an Durchlässigkeitsbeiwerten und Transmissivitäten ist für die Größe des Untersuchungsgebietes sehr gering und eine vertikale Differenzierung der Durchlässigkeiten daher nicht möglich.

Aufgrund dieser angeführten Informationsdefizite ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt und Kenntnisstand eine Verfeinerung des hydrogeologischen Modells und eine weitere Differenzierung bzw. Aufgliederung der hydrogeologischen Einheiten nicht zielführend. Dies wäre lediglich für Detailmodelle, bei denen die Informationsdichte entsprechend hoch ist, anzuraten.

Informationsdefizite an der Unterkante des hydrogeologischen Modells wirken sich naturgemäß auch in der Grundwasserbilanz aus. Diese Situation wäre durch ein Tieferlegen der Modellbasis und die damit verbundene Einbeziehung der liegenden, thermalwasserführenden Aquifere, zu verbessern.

Eine erste Prüfung des hydrogeologischen Arbeitsmodells könnte durch das Einbeziehen der Ergebnisse neuer Bohrungen und geohydraulischer Tests erfolgen, was u.a. Gegenstand einer Modellpflege und Modellwartung wäre.

9.4.7 Prognosen und Modellpflege

In weiten Teilen des Untersuchungsgebietes sind auch in Tiefen > 200 m unter Gelände wasserführende Schichten mit guten Durchlässigkeiten in ausreichender Mächtigkeit vorhanden. Mit Hilfe des hydrogeologischen Modells können zukünftige Standorte für Grundwassererschließungen optimiert und die dazu notwendigen Bohrungen einer verbesserten geologisch-technischen Planung unterzogen werden. Dadurch sind verbesserte Prognosen bezüglich der Bohrtiefen, Mächtigkeiten und Durchlässigkeiten der Aquifere bei der Erschließung von Trinkwasser aus Tiefengrundwasserleitern möglich.

Es muss hier ganz klar festgestellt werden, dass das hydrogeologische Modell nur dann sinnvoll zu betreiben ist, wenn es laufend oder in regelmäßigen Abständen gepflegt wird. "Pflege" bedeutet, dass die dem Modell zur Verfügung stehenden Daten einem Aktualisierungsdienst unterliegen. Konkret sollen in regelmäßigen Abständen geologische, hydrogeologische, hydraulische, hydrochemische und betriebliche Daten und Informationen einer Plausibilitätsprüfung unterzogen und in das Modell eingearbeitet werden. Die geowissenschaftlichen Daten müssen dabei entsprechend aufbereitet sein (Geophysik in digitaler Form, Completionlogs etc.) und in die Projektdatenbank PRODATA integriert werden.

9.4.8 Zusammenfassung des hydrogeologischen Modells und Empfehlungen

Beim hydrogeologischen Arbeitsmodell handelt es sich um eine zusammenfassende Ergebnisdarstellung, welche, wie dies bei Modellen üblich ist, die komplexen Verhältnisse in vereinfachter und abstrahierter Form präsentiert. Der Modellraum entspricht dabei der Ausdehnung des Sedimentbereiches des NANUTIWA-Gebietes, also dem eigentlichen Projektgebiet (siehe Kapitel 3), wobei eine Tiefe von ca. 350 m unter Gelände als Modellbasis angenommen werden.

Die Grundlage des hydrogeologischen Arbeitsmodells bildete das geologisch-tektonische Arbeitsmodell mit seinen 14 Profilschnitten. Im Zuge der Bearbeitung wurden in diese Schnitte sämtliche hydrogeologische Informationen aus den vorliegenden Projektunterlagen und Datenbanken, wie Bohrtiefen, Profile, Ausbauangaben, Geophysik (Bohrloch, Seismik) unter Einbeziehung der Lineamente und Störungen, eingetragen. Im nächsten Schritt wurden wasserführende Horizonte und lithologische Marker korreliert.

Neben der Visualisierung der hydrogeologischen Modellvorstellungen mit Hilfe der Schnitte erfolgte durch die netzartige Anordnung der Schnitte eine Regionalisierung einzelner Leithorizonte, die auch - soweit es bekannt war - das Schichtefallen und die sedimentären und tektonischen Strukturen berücksichtigte.

Im hydrogeologischen Arbeitsmodell wurden die wasserführenden Schichten zu einem Aquifersystem zusammengefasst. Dies begründet sich durch das Fehlen regional zusammenhängender, mächtiger Grundwasserstauer, die eine hydraulische Trennung von grundwasserführenden Horizonten bewirken, wie dies in anderen Sedimentationsräumen der Fall ist. Es dominieren vielmehr Wechsellagerungen von fein- und grobklastischen Sedimenten mit allen Übergängen an Feinanteilgehalten. Weiters können Versätze an Störungszonen zu einem hydraulischen Kontakt unterschiedlicher lithostratigraphischer Einheiten führen.

Demnach wurden die Aquifernettomächtigkeiten nur für ein Gesamtsystem an definierten Knotenpunkten für Tiefensektionen von 100 m, 200 m und 350 m unter GOK ausgewertet. Dabei wurden als wasserführende Schichten nur Kiese und Sande ohne oder nur mit einem geringen feinklastischen Anteil herangezogen. Anhand der Aquifernettomächtigkeiten wurden Isopachenkarten generiert, wobei für die Tiefensektion bis 350 m unter Gelände von Nettomächtigkeiten mit maximal 70 m bis 105 m im Bereich der Friedberger Bucht und im Pannonischen Becken auszugehen ist. Geringe Nettomächtigkeiten treten naturgemäß auf den tektonischen Hochzonen und mit 40-50 m z.B. im Safental und unteren Rittscheintal auf.

Die aus den hydraulischen Tests ermittelten Transmissivitäten bewegen sich in der Regel zwischen $1 \cdot 10^{-4}$ m²/s und $1 \cdot 10^{-3}$ m²/s. Die errechneten Gebirgsdurchlässigkeiten liegen zwischen $2 \cdot 10^{-6}$ m/s und $3 \cdot 10^{-4}$ m/s. Für den Modellraum kann anhand der Daten ein durchschnittlicher k_f -Wert von $2 \cdot 10^{-5}$ m/s angenommen werden.

Mit Hilfe der in der PRODATA dokumentierten Ruhedruckspiegel- und Schließdruckmessungen wurde ein Druckspiegelplan mit einem Isolinienabstand von 10 m unter der Prämisse generiert, dass das Gesamtsystem im Wesentlichen als eine hydrografische Einheit betrachtet werden kann. Dabei waren nur wenige Daten nicht plausibel. Die Potentiale folgen im Wesentlichen der Geometrie der Aquifere; die orografische Wasserscheiden werden auch durch den Isolinienplan nachgezeichnet. Das Potentialgefälle variiert im Untersuchungsgebiet stark, liegt zwischen 1 und 20 ‰, wobei die Randbereiche des Untersuchungsraumes ein hohes Gefälle aufweisen, welches das statistische Mittel verfälscht. Ohne die statistischen Ausreißer stellt ein Gefälle von 2,8 ‰ einen plausiblen Durchschnittswert dar.

Für die Filtergeschwindigkeiten wurden Werte zwischen 0,06 – 56,77 m/a berechnet, der Mittelwert liegt bei 1,89 m/a. Bei einer angeschätzten durchschnittlichen Porosität resultiert daraus eine Abstandsgeschwindigkeit von 20 m/a; bei einem angenommenen geringen Potentialgefälle ergeben sich 5 m/a.

Anhand der gemittelten Kennwerte erfolgte eine Berechnung der Durchflussmengen im Untersuchungsgebiet entlang von vier Profilen normal zu den Strömungslinien bis in eine Tiefe von 350 m unter Gelände. Beim Profil 1 beträgt der Durchfluss rund 1.150 l/s; die Entnahme in diesem

Gebiet nach PRODATA rund 130 l/s. Im Profil 2 fließen rund 1.400 l/s durch den Aquifer. Unter Berücksichtigung der Entnahmen ergibt sich ein Überschuss von rund 370 l/s gegenüber Profil 1. Zwischen Profil 2 und 3 kommt es u.a. durch die Aquifergeometrie zu einer Verringerung des Durchflusses auf rund 520 l/s. Unter Berücksichtigung von Entnahmen im Ausmaß von ca. 180 l/s fehlen rund 700 l/s gegenüber Profil 2, die entweder an tiefer gelegene Aquifere oder in Dischargezonen an Oberflächenwässer abgegeben werden. Ein ähnliches Bild zeichnet sich zwischen den Profilen 3 und 4 ab. Hier wird der Aquiferquerschnitt durch die Südburgenländische Schwelle nochmals verringert, was einen Durchfluss von nur mehr ca. 110 l/s bedingt. Unter Berücksichtigung einer Entnahme von ca. 55 l/s und eines Abflusses von ca. 60 l/s aus dem Modellgebiet, fehlen hier rund 290 l/s gegenüber dem Profil 3. Insgesamt verlassen rund 170 l/s den Modellraum Richtung Ungarn.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass in Richtung des Grundwasserabflusses eine starke Reduktion des Abflussquerschnittes festzustellen ist. Die gleichzeitig eintretende Verflachung des Grundwassergefälles zeigt an, dass die von den Einzugsgebieten abströmenden Mengen zum Großteil nicht über den Grundwasserleiter abtransportiert werden, sondern in die Vorfluter übertreten. Ein, aufgrund der lithologischen Rahmenbedingungen, geringerer Teil wird tiefere Horizonte anreichern, die in der dargestellten Bilanzierung nicht berücksichtigt werden konnten. Wasserführende Einheiten die älter als Obersarmat sind, treten im Untersuchungsgebiet obertägig nahezu nicht auf und können daher nur durch hangende Aquifere alimentiert werden.

Aus Sicht des hydrogeologischen Arbeitsmodells stellt der gesamte Modellraum ein potentielles Einzugsgebiet für die Tiefengrundwasserleiter dar. Dies begründet sich darin, dass wasserführende Schichten aufgrund der Lagerungsverhältnisse im NANUTIWA-Gebiet immer wieder mit der Geländeoberfläche bzw. der quartären Bedeckung verschneiden und hier durch Niederschläge, seichtliegende Grundwässer und Oberflächenwässer die Grundwasserneubildung erfolgt. An den nördlichen und östlichen Modellrändern stoßen wasserführende Schichten an tektonischen Störungen, wie das Detailmodell "Mittleres Feistritztal" zeigt, direkt an das Grundgebirge und die Konglomerate bzw. Brekzien der neogenen Basisentwicklungen an. Da diese Festgesteine auch stark geklüftete Bereiche aufweisen können, ist eine Alimentation der neogenen Aquifere durch lateral angrenzende Kluffgrundwasserleiter sehr wahrscheinlich. In diesen Fällen befindet sich das Einzugsgebiet außerhalb des Modellraumes im Bilanzraum.

Die dargestellte Bilanzierung der Durchflussmengen an vier Profilen im NANUTIWA-Gebiet führt zum Schluss, dass im Modellraum ein Discharge in hangende Grundwasserstockwerke sowie in die Vorflut erfolgen muss. Grundsätzlich gibt es nur wenige sichtbare Manifestationen von natürlichen Tiefengrundwasserexfiltrationen im Untersuchungsgebiet. Wie die Bilanzierung zeigt, müssen Entlastungszonen zwischen den Profilen 2 und 3 sowie zwischen den Profilen 3 und 4 gesucht werden. Hinweise liefern im Raum Heiligenkreuz, Rauchwart und Heugraben erhöhte elektrische Leitfähigkeitswerte, die nicht unmittelbar auf den Einfluss von CO₂-Gasen zurückzuführen sind.

Weiters konnte in älteren Untersuchungen anhand von stabilen Isotopen eine Entlastungszone bei Übersbach postuliert werden.

Weitere Hinweise auf Dischargezonen liefern Abschnitte, in denen das Potenzialgefälle stark verflacht und auf Werte unter 1 ‰ absinkt (siehe Beilage GET 23). Mögliche Entlastungszonen befinden sich demnach z.B. im Safental zwischen Sebersdorf und Blumau, im Ilzbachtal bei Ilz, im Rittscheintal zwischen Söchau und Übersbach, im Lafnitztal zwischen Eitendorf und Heiligenkreuz und im Raabtal bei Jennersdorf.

Grundsätzlich wird die regelmäßige Pflege der Projektdatenbanken und des hydrogeologischen Modells empfohlen. Dabei wäre es sinnvoll sämtliche neuen Ergebnisse aus der Tiefengrundwasserprospektion sowie aus der Erschließung in das Modell zu übernehmen und damit dessen Plausibilität zu überprüfen und zu verbessern. Dabei sollten die Daten einer fachgerechten geologischen und hydrogeologischen Auswertung und Interpretation unterzogen werden. Neuerschließungen sollten dabei ausschließlich unter Einbeziehung des aktuellen Modells erfolgen.

Eine Verbesserung des hydrogeologischen Modells und der durchgeführten Korrelationen wäre durch eine dreidimensionale Bearbeitung und Darstellung des hydrogeologischen Modells mit einer geeigneten Software anzustreben. Dabei wäre es auch sinnvoll die Modellbasis tiefer zu legen und auch nicht-trinkwasserführende Tiefengrundwasserkörper, wie z.B. Thermalwasseraquifere, in das Modell einzubeziehen.

Eine weitere Modellprüfung durch ein einfaches mathematisches Modell wird empfohlen. Das numerische Modell kann dann auch für eine zukünftige Grundwasserbewirtschaftung herangezogen werden. Auch dieses Modell sollte wie das hydrogeologische Modell einem Aktualisierungsdienst unterliegen und den Entscheidungsträgern als Unterstützung dienen.

10 Grundwasserneubildung und Einzugsgebiete

Im diesem Kapitel werden die Möglichkeiten der Grundwasserneubildung systematisch untersucht. Neben der Definition der dominierenden Mechanismen wird auch versucht diese zu quantifizieren.

Grundsätzlich können die Tiefengrundwässer ausgehend vom Niederschlagsgeschehen entlang verschiedener Wasserpfade und geprägt durch die verschiedenen Komponenten des aquatischen Systems erfolgen. Diese sind von unterschiedlicher wasserwirtschaftlicher Relevanz und werden in den folgenden Kapiteln beschrieben.

10.1 Mechanismen der Grundwasserneubildung und deren Bedeutung

10.1.1 Einfluss seichterliegender Komponenten des aquatischen Systems

10.1.1.1 Analysen von Ganglinien

Die Analyse der Ganglinien der Abflussmesspegel und der seichten und tiefen Grundwasserpegel stellt eine zentrale Rolle im Rahmen der Analyse der hydraulischen Kommunikation zwischen den seichten Komponenten des aquatischen Systems und den Tiefengrundwässern dar. Die maßgeblichen seichten Komponenten sind seichte Grundwasserkörper, Flüsse und Bäche sowie das Niederschlagsgeschehen.

Die Fragen um Schutz und Nachhaltigkeit der Tiefengrundwässer hängen im wesentlichen mit der Analyse dieser Neubildungsmechanismen zusammen. Die Analyse der Neubildung der Tiefengrundwässer erfordert eine Trennung der Neubildungswirksamkeiten der verschiedenen Komponenten des seichten aquatischen Systems. Grundsätzlich beinhalten die seichten Grundwasserkörper, die Oberflächengewässer und die Niederschläge ein Potenzial für die Neubildung der Tiefengrundwässer.

In den folgenden Kapiteln wird versucht den Einfluss dieser Komponenten anhand von detaillierten Ganglinienanalysen, hydrogeologischen Bewertungen usw. zu analysieren und deren Bedeutung zu bewerten.

Datenbasis der folgenden Analysen sind die in Kapitel 10.2 zusammengefassten hydrografischen Basisdaten. Die Analyse der Zusammenhänge der seichten Systeme mit den Tiefengrundwässern bezieht sich aufgrund der vorliegenden Datenbasis vorrangig auf den steirischen Teil des Untersuchungsgebietes, da hier entsprechende Zeitreihen der Lage des Grundwasserspiegels bzw. des Druckspiegels von Sonden, die keiner Entnahme unterliegen, vorliegen. Die grundlegenden Aussagen sind jedoch auf den verbleibenden Bereich des NANUTIWA-Gebietes übertragbar.

10.1.1.2 Verlauf der Ganglinien

Maßgeblich für die Ganglinienanalyse ist deren Form und das zeitliche Verhalten der Ganglinien sowie der Vergleich zwischen den Ganglinien der verschiedenen Komponenten des aquatischen Systems.

Aus ersten qualitativen Gegenüberstellungen der Ganglinien der verschiedenen Parameter erwiesen sich für die Analyse der hydraulischen Zusammenhänge ausschließlich Tageswerte als zielführend.

Aus diesem Grund werden in den folgenden Kapiteln die Tagessummen der Niederschläge, Tagesmittelwerte der Abflüsse und Tagesmittel und/oder Tagesmomentanwerte von Grundwasserständen herangezogen.

Die Ganglinienanalyse erfolgt mit Hilfe eines qualitativen Vergleiches der Ganglinien (Spitzenwerte, Trend, generelles Erscheinungsbild). Im Rahmen der zeitlichen Analyse der Ganglinienextreme wird die Auswirkung von niederschlagsreichen Zeiten und Trockenzeiten untersucht.

In den folgenden Kapiteln werden einige flussbereichsspezifische Detailauswertungen dargestellt, die beispielhaft auf andere Bereiche übertragen werden können. Erste diesbezügliche Analysen erfolgten auch in Kapitel 9.2.

10.1.1.2.1 Detailauswertung Feistritztal

Der Aquifer im Bereich des mittleren und unteren Feistritztales ist aufgrund einiger Vorstudien und der Existenz eines gut ausgebauten Pegelnetzes gut beschreibbar (siehe Abbildung 236 und Abbildung 237).

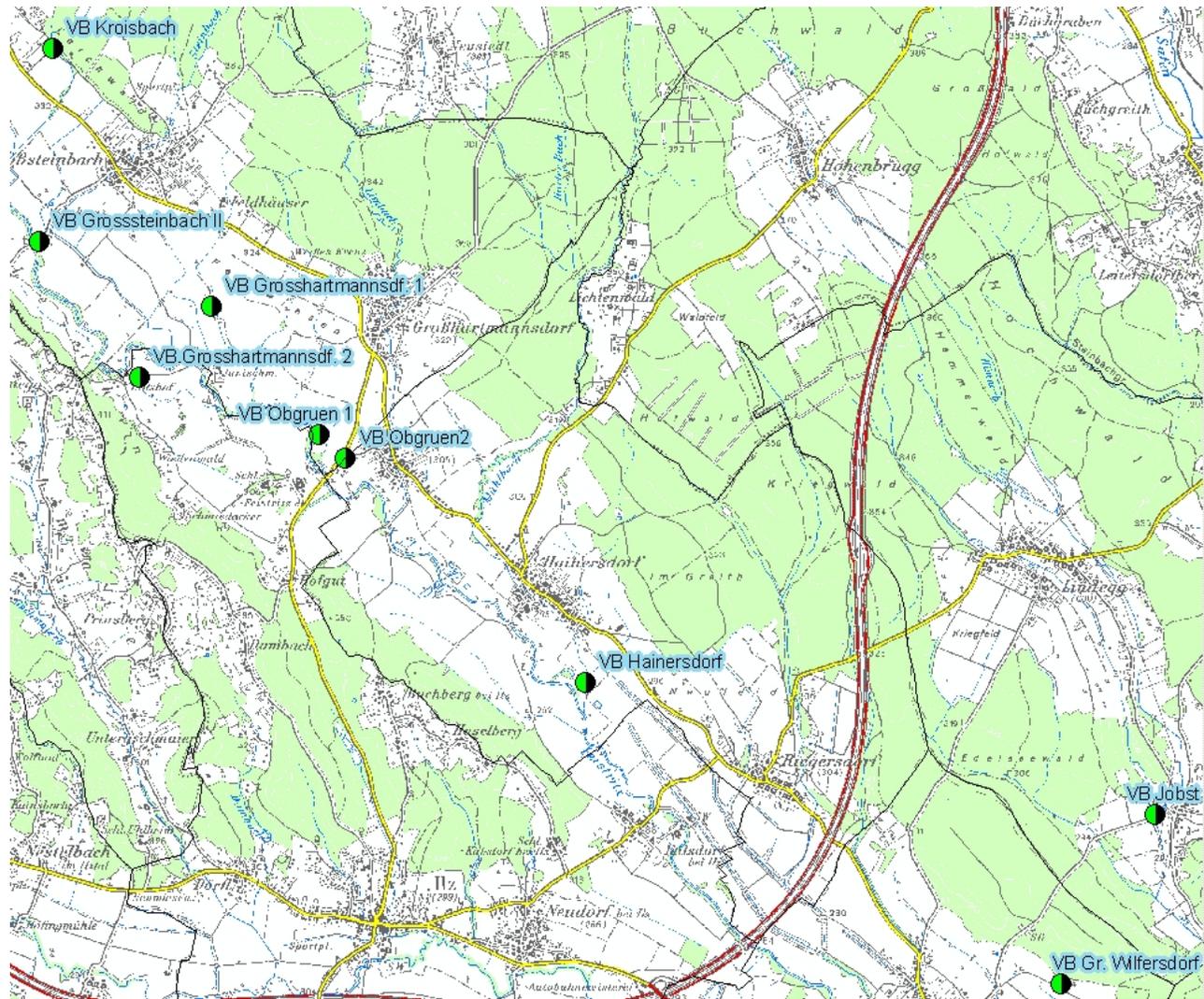


Abbildung 236: Lageplan der beschriebenen Messstellen im Feistritzal

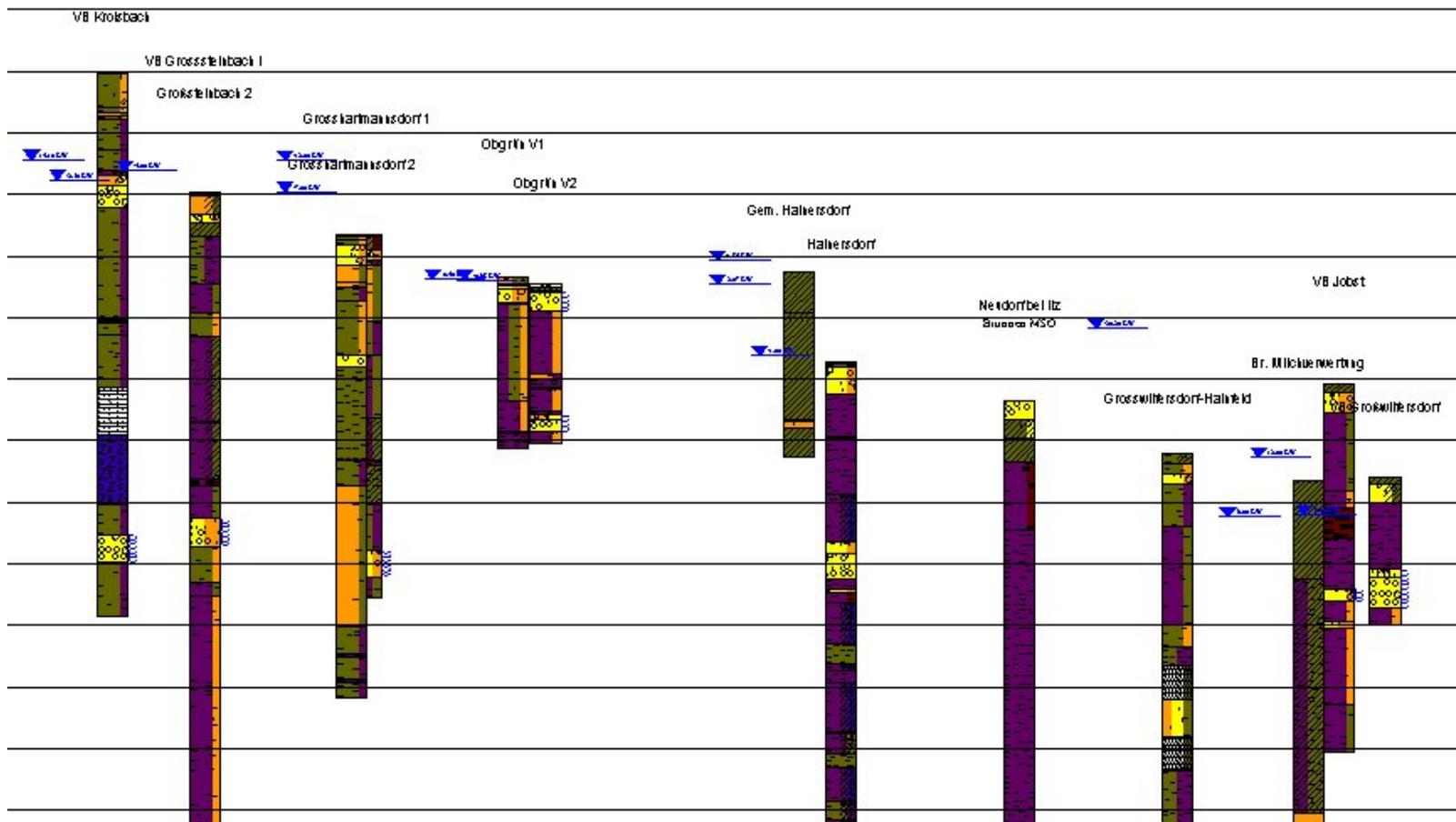


Abbildung 237: Hydrogeologischer Detailschnitt Feistritztal

Offensichtlich besteht ein Zusammenhang zwischen dem Pegelstand der Feistritz und den meisten Tiefengrundwassermessstellen im Bereich zwischen Kroisbach und Großwilfersdorf (siehe Abbildung 238). Um den textlichen Bezug herstellen zu können wurden in Abbildung 238 einzelne Ereignisse nummeriert. Ein Zusammenhang ist auch mit dem GW-Pegel Großwilfersdorf (seichtliegendes, freies Grundwasser) zu erkennen, aufgrund der vergleichsweise geringen Messwertanzahl jedoch nicht in gleicher Auflösung nachvollziehbar. Die Ganglinien der VB Kroisbach bildet kurzfristige Spitzen kaum ab, der längerfristige Trend ist jedoch erkennbar.

Beispielsweise wirkt die Abflussspitze (6) der Feistritz unmittelbar auch auf alle Beobachtungspegel dieses Raumes. Weiters ist erkennbar, daß diese Abflussspitze im Oktober 1993 eine längere Phase des Grundwasseranstieges einleitet.

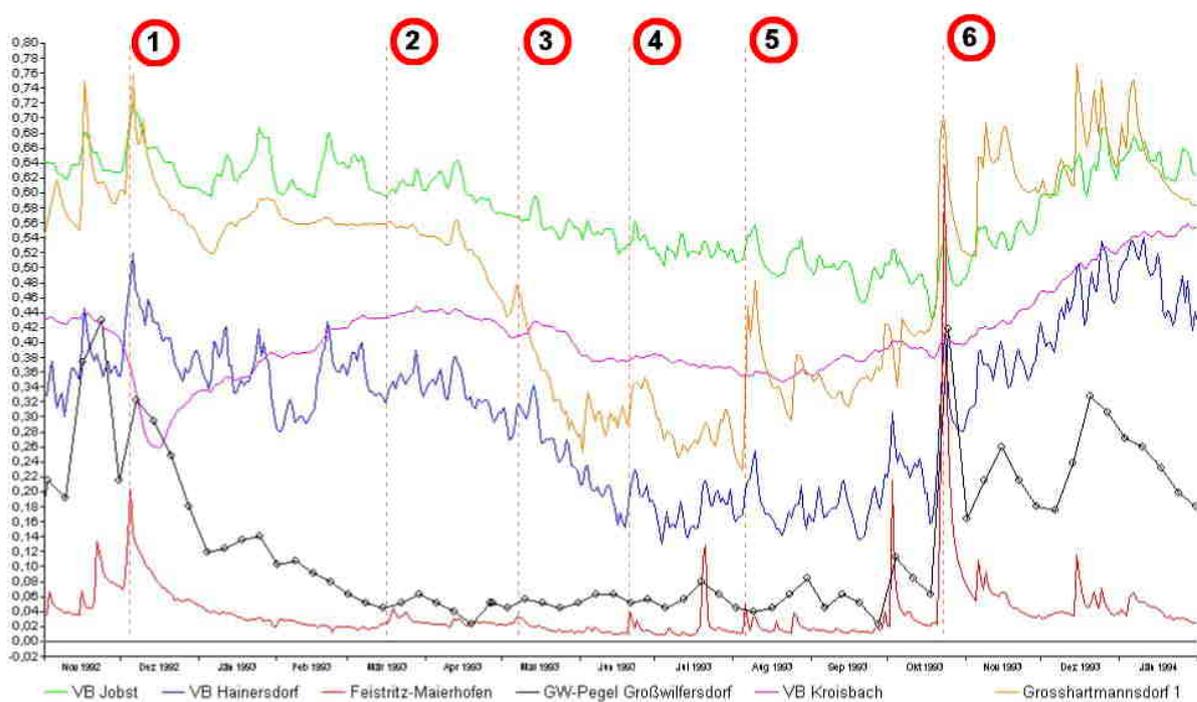


Abbildung 238: Vergleich der Pegelwerte im Feistritztal (November 1992 bis Jänner 1994)

Sehr auffällig ist weiters die weitgehende Übereinstimmung der Pegelganglinien der VB Jobst und VB Hainersdorf (siehe Abbildung 239 und Abbildung 240). Der Detailvergleich dieser beiden Ganglinien (Abbildung 240) zeigt ein nahezu identes Verhalten obwohl die beiden Pegel etwa 6 km voneinander entfernt sind. Eine Gegenüberstellung längerfristiger Zeitreihen (Abbildung 239) zeigt ebenfalls eine weitgehende Vergleichbarkeit. Einzelne Unterschiede (z.B. zwischen Punkt 3 und 4 – VB Jobst sinkt – VB Hainersdorf steigt leicht) müssten im Detail geklärt werden, da die Ursachen unterschiedlicher Natur sein können.

Die absolute Seehöhe des Wasserspiegels liegt bei der Bohrung Jobst in einer Seehöhe von etwa 277 m, die der Bohrung Hainersdorf bei etwa 293 m. Die Bohrung Jobst liegt relativ weit von der

Feistritz entfernt und zeigt dennoch nahezu keine zeitliche Verzögerung der Ganglinie. Dies bestätigt den intensiven hydraulischen Zusammenhang in diesem Bereich.

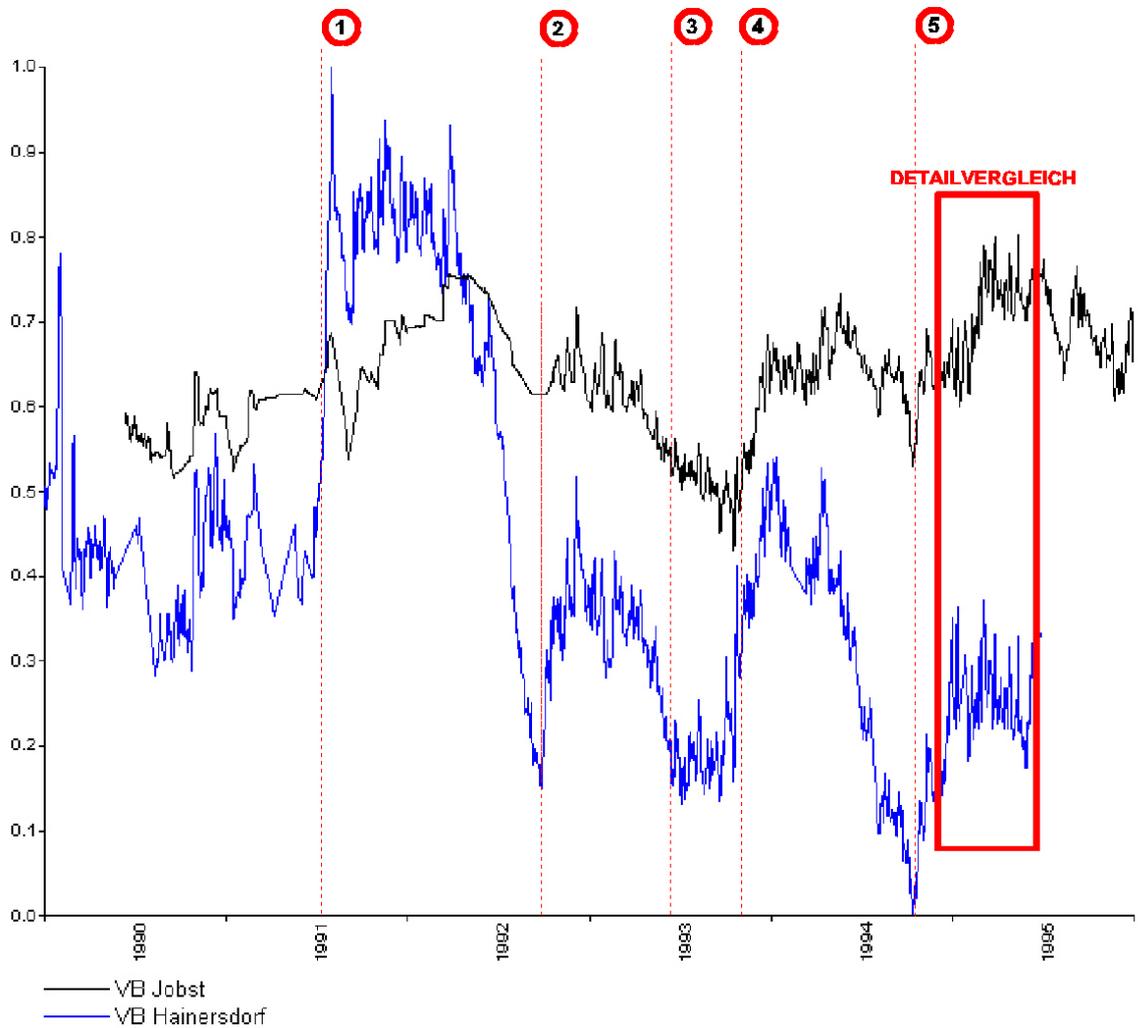


Abbildung 239: Vergleich der Ganglinien VB Jobst – VB Hainersdorf

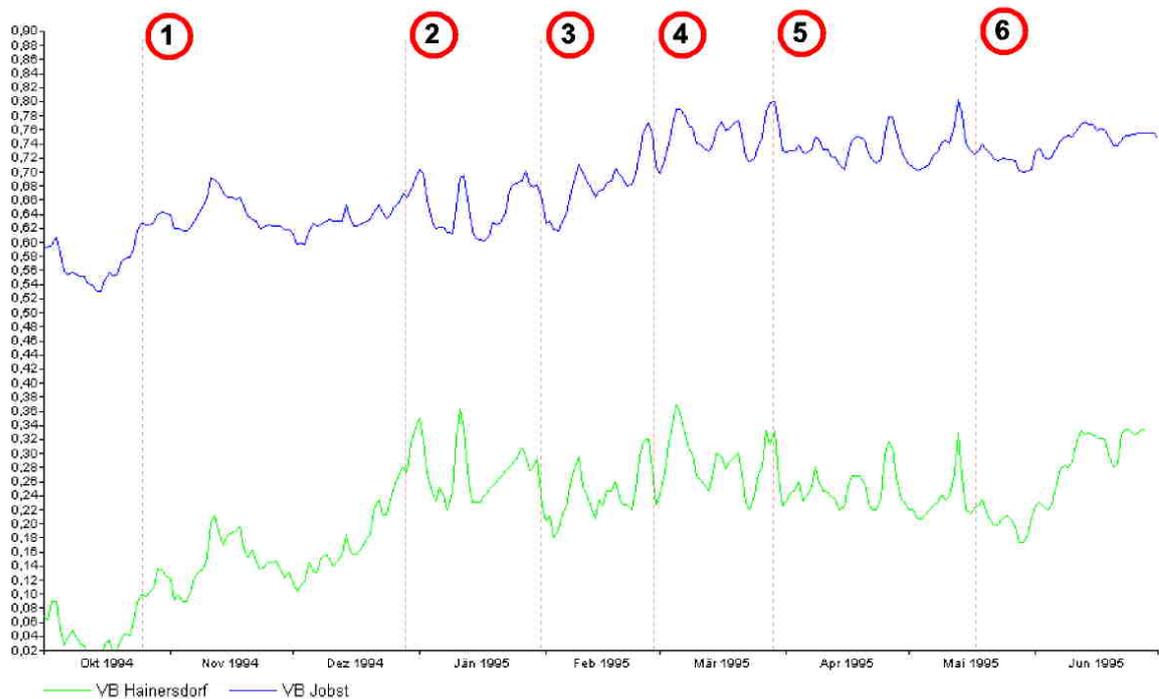


Abbildung 240: Detailvergleich – Ganglinien VB Jobst – VB Hainersdorf

Ein Beispiel aus dem Bereich des Feistritztales bei Hirnsdorf ist in Abbildung 241 dargestellt. Auch hier zeigen sich die Abflussspitzen der Feistritz direkt im Tiefengrundwasserpegel VB Hirnsdorf 1.

Einzelne Abflussspitzen korrelieren nicht mit der Ganglinie des Pegels VB Hirnsdorf 1. Z.B. ist der Anstieg des Wasserspiegels beim Pegel VB Hirnsdorf 1 im Dezember 1995 und Jänner 1996 nicht mit einem Anstieg des Wasserstandes der Feistritz begründbar; da die Feistritz erst im ersten Jännerquartal einen Anstieg aufweist. Niederschlagsinfiltration oder Entnahmeänderungen an benachbarten Versorgungsbrunnen könnten diesen Anstieg bedingen.

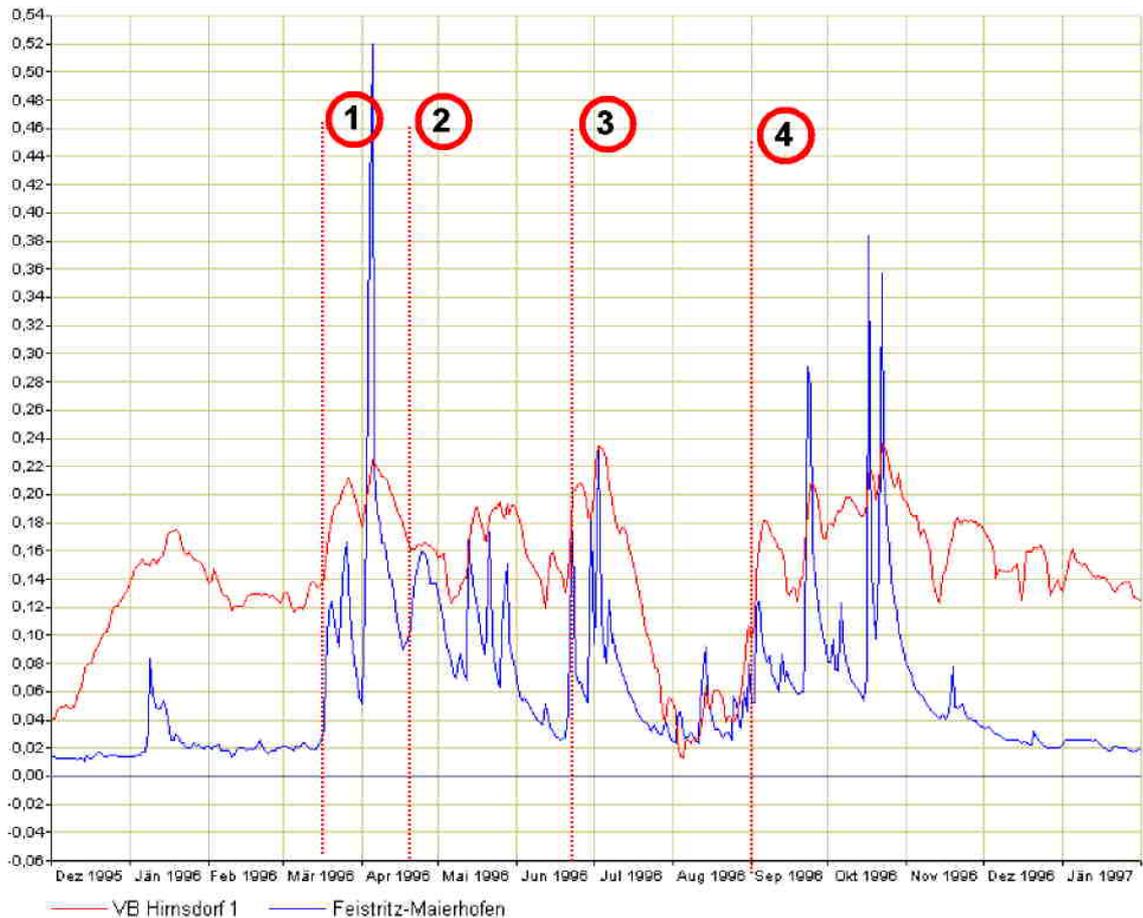


Abbildung 241: Pegelstand der Feistritz im Vergleich zur VB Hirnsdorf 1

10.1.1.2.2 Detailauswertung Rittscheintal

Im Bereich des Rittscheintales steht die Ganglinie des Tiefengrundwasserpegels Markt Hartmannsdorf 1 für vergleichende Zwecke zur Verfügung. Die Ganglinie (siehe Abbildung 242) scheint auf den ersten Blick nicht mit den Abflussspitzen der Rittschein zu korrelieren. Bei genauer Betrachtung ist jedoch erkennbar, dass jede Abflussspitze der Rittschein einen Anstieg des Wasserspiegels im Pegel Markt Hartmannsdorf 1 verursacht (siehe z.B. Spitzen 1-6). Umgekehrt korreliert aber nicht jede Spitze der Ganglinie des Pegels Markt Hartmannsdorf 1 mit den Abflussspitzen der Rittschein. Die genauen Gründe hierfür wären noch zu analysieren, könnten aber z.B. in einer Überlagerung mit dem Fördergeschehen an benachbarten Brunnen zu suchen sein.

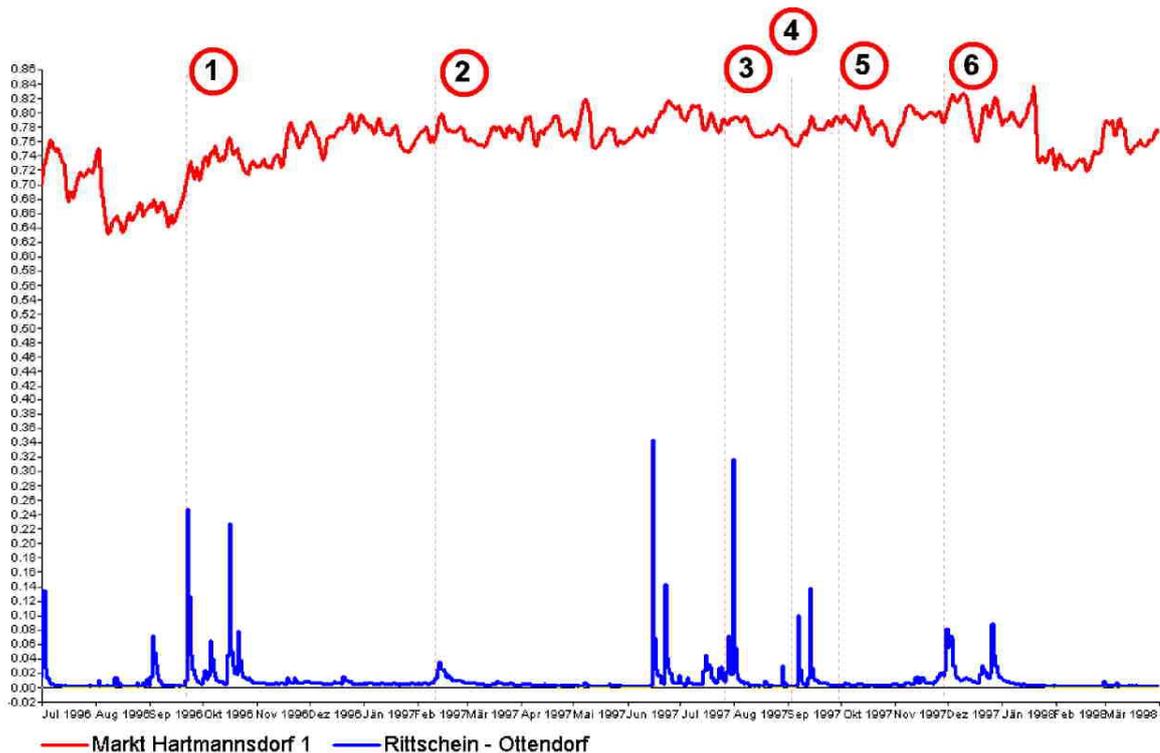


Abbildung 242: Vergleich Rittschein – Pegel Markt Hartmannsdorf 1

10.1.1.2.3 Detailauswertung Lafnitztal

Im Bereich des Lafnitztales sind auf steirischer Seite die Pegel VB Neudau 1 und VB Neudau 2 mit einer automatischen Datenaufzeichnung ausgestattet. Die Ganglinien der beiden Pegel weisen einen nahezu identen Verlauf auf, obwohl die beiden Pegel in unterschiedlicher Tiefe verfiltert sind. Im Vergleich zur Lafnitz weisen die beiden Pegel einen z.T. etwas verzögerten Verlauf auf (siehe Abbildung 243 und Abbildung 244). Im Detailvergleich 1 (siehe Abbildung 244) zeigt sich, dass Sommerniederschlagsereignisse z.T. eine untergeordnete Bedeutung für die Grundwasserneubildung haben (siehe z.B. Punkt 3 und 4). Dies hängt mit den klimatischen Rahmenbedingungen und dem Sättigungszustand der Böden zusammen. Detailvergleich 2 (siehe Abbildung 245) zeigt in den Punkten 1-5 (Niederschlagsereignisse ohne ausgeprägte Abflussspitzen), dass Niederschläge im Herbst-Winter-Halbjahr jedoch zu einer Grundwasserneubildung der Tiefgrundwässer beitragen. Aufgrund der Tatsache, dass Abflussspitzen und Niederschlagsereignisse meist zusammenhängen, ist die quantitative Trennung der Bedeutung für die Grundwasserneubildung der Tiefgrundwässer schwer abschätzbar.

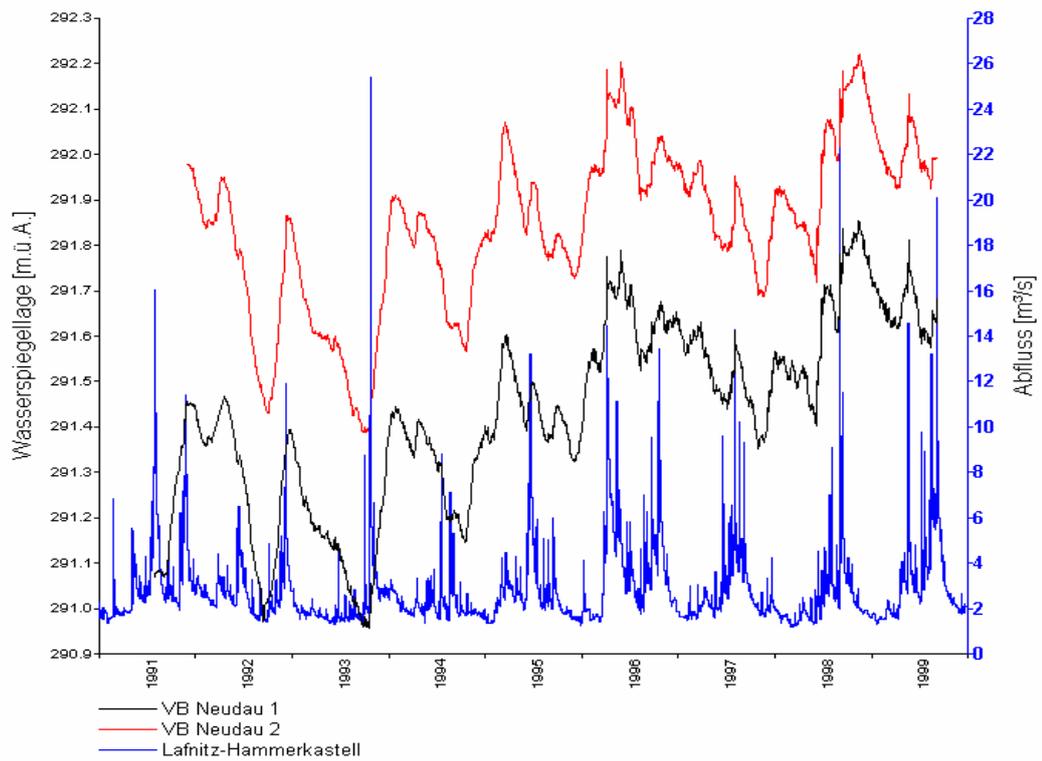


Abbildung 243: Vergleich - Lafnitz – Pegel VB Neudau 1 und VB Neudau 2

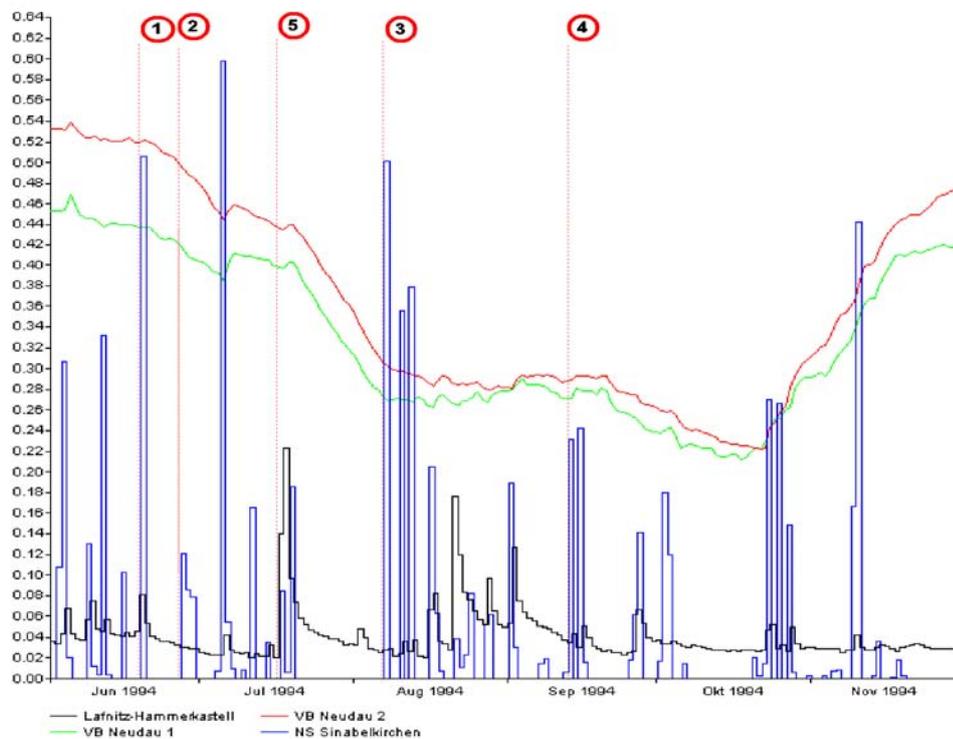


Abbildung 244: Detailvergleich 1 – Lafnitztal bei Neudau

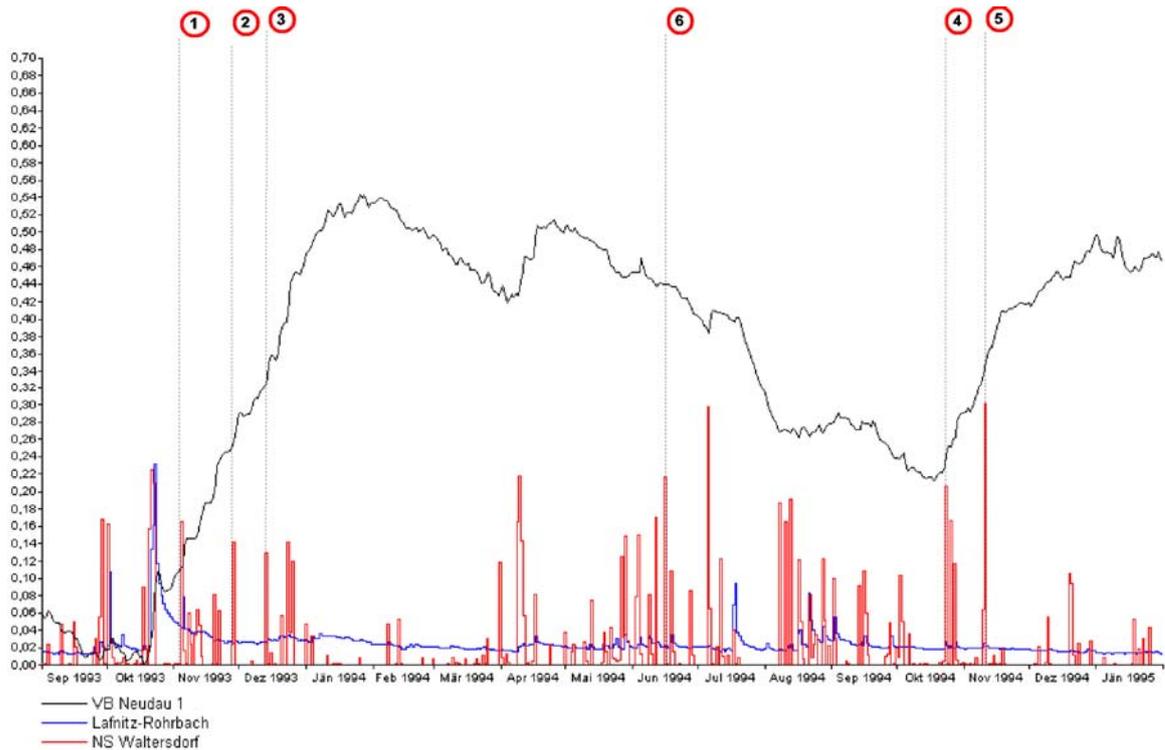


Abbildung 245: Detailvergleich 2 – Lafnitztal bei Neudau (September 1993 bis Jänner 1995)

10.1.1.2.4 Detailauswertung Safental

Im Bereich des Safentales zeigt sich eine Korrelation zwischen den herbstlichen Hochwasserereignissen der Pöllauer Safen (Safenbach) und dem Pegelgang des Pegels VB Buch-Geiseldorf (siehe Abbildung 246). Am Beispiel des Jahres 1993 (siehe Abbildung 247) ist erkennbar, dass das Abflussgeschehen Herbst-Winter 1992 des Safenbaches markante Anstiege des Tiefengrundwasserspiegels hervorruft. Der anschließende, träge Rückgang des Wasserspiegels in der Trockenzeit im Jahr 1993 zeigt, dass Abflussspitzen in manchen Bereichen zu einer nachhaltigen Auffüllung des Tiefenaquifers führen können, wie dies auch in seichten Grundwasserkörpern aus Grundwassersimulationen bekannt ist. Dies kann z.B. durch eine nachhaltige Reduktion der Kolmatierung der Flusssohle oder durch Infiltration im Böschungsbereich der Flüsse erfolgen. Weiters kann es im Bereich der Ausuferungszonen zu einer vermehrten Regeneration der Tiefenaquifere kommen. Die Nachhaltigkeit dieser Anhebung des Grundwasserspiegels hängt vor allem mit den k_f -Werten zusammen. Geringe k_f -Werte begünstigen einen länger anhaltenden Auffüllungseffekt.

Der Grundwasseranstieg im Herbst 1993 resultiert aus einer Kombination des Niederschlagsgeschehens und des Abflußgeschehens. Der Anstieg erfolgt offensichtlich während der gesamten Feuchtperiode, wodurch der Grundwasserhochstand in diesem Beispiel erst verzögert im Jänner 1994 erreicht wird.

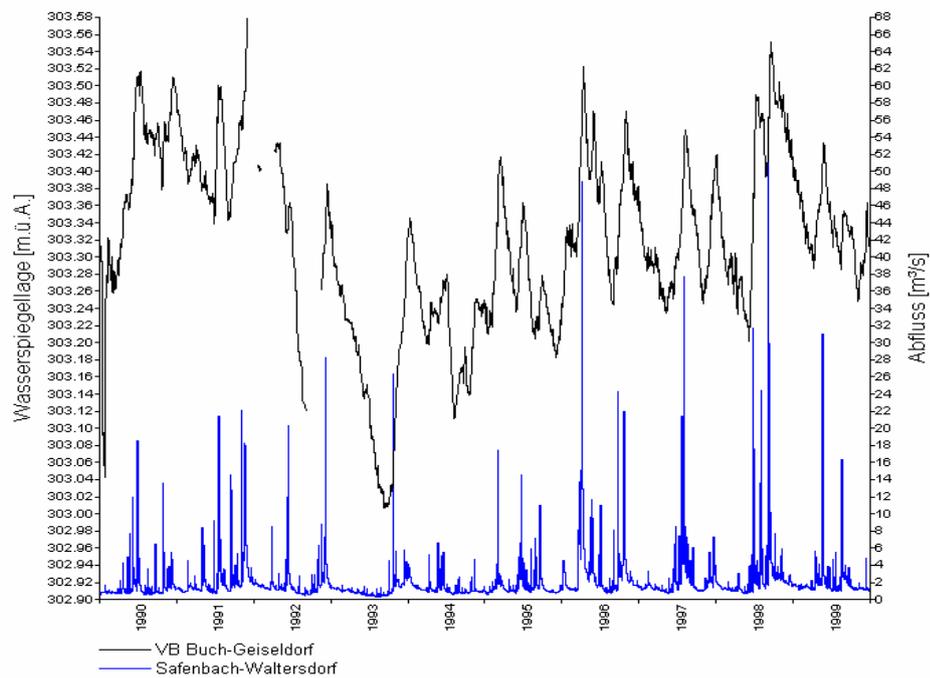


Abbildung 246: Vergleich des Abflusspegels Waltersdorf mit dem Tiefengrundwasserpegel VB Buch-Geiseldorf 1990-1999

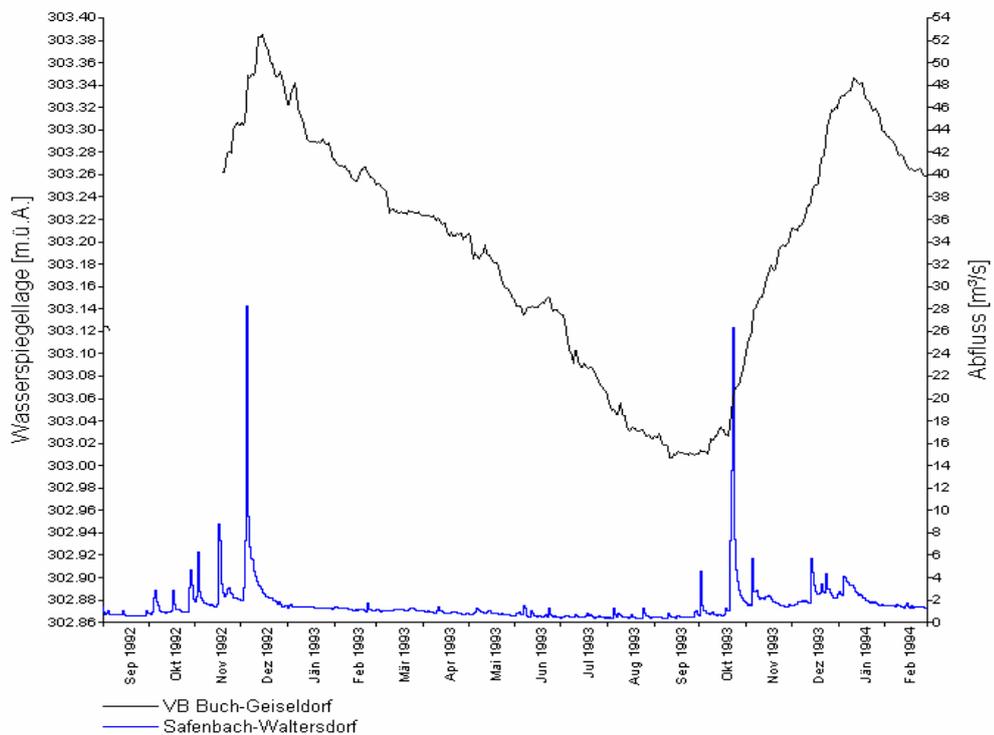


Abbildung 247: Vergleich des Abflusspegels Waltersdorf mit dem Tiefengrundwasserpegel VB Buch-Geiseldorf Trockenperiode 1993

10.1.2 Quantitative Bedeutung der seichtliegenden Grundwasserkörper

Die flächengrößten seichtliegenden Porengrundwassergebiete des NANUTIWA-Gebietes sind das Raabtal (Porengrundwasserfeld von 114 km²; kleiner Teil im Burgenland), das Feistritztal (56 km²) das Lafnitztal (155 km²; Großteil Burgenland), das Ilztal (25 km²), das Safental (33 km²), das Pinkatal (80 km²) und das Stremtal (50 km²).

In den Einzugsgebieten der Täler der Oststeiermark gab es in den Kaltzeiten so gut wie keine Vergletscherungen. Die deshalb geringere Transportkraft der Flüsse führte dazu, dass die quartären Ablagerungen in den Tälern vergleichsweise geringmächtig ausgebildet sind und einen erhöhten Anteil an Feinklastika (Schluff, Ton, Sand) aufweisen.

Der hohe Feinanteil in den Sedimenten bedingt ein geringes nutzbares Porenvolumen und geringe Durchlässigkeiten. In Zusammenhang mit den meist geringen Mächtigkeiten dieser seichtliegenden Sedimente ergibt sich eine sehr geringe Ergiebigkeit der seichtliegenden Grundwasserkörper.

10.1.2.1 Verteilung der seichtliegenden Grundwasserkörper

Die seichtliegenden Grundwasserkörper liegen vorrangig in Form von Begleitgrundwasserkörpern der Hauptflüsse vor. Die bekannten Mächtigkeiten und Ergiebigkeiten sind in den folgenden Kapiteln flußweise erarbeitet und zusammengefasst.

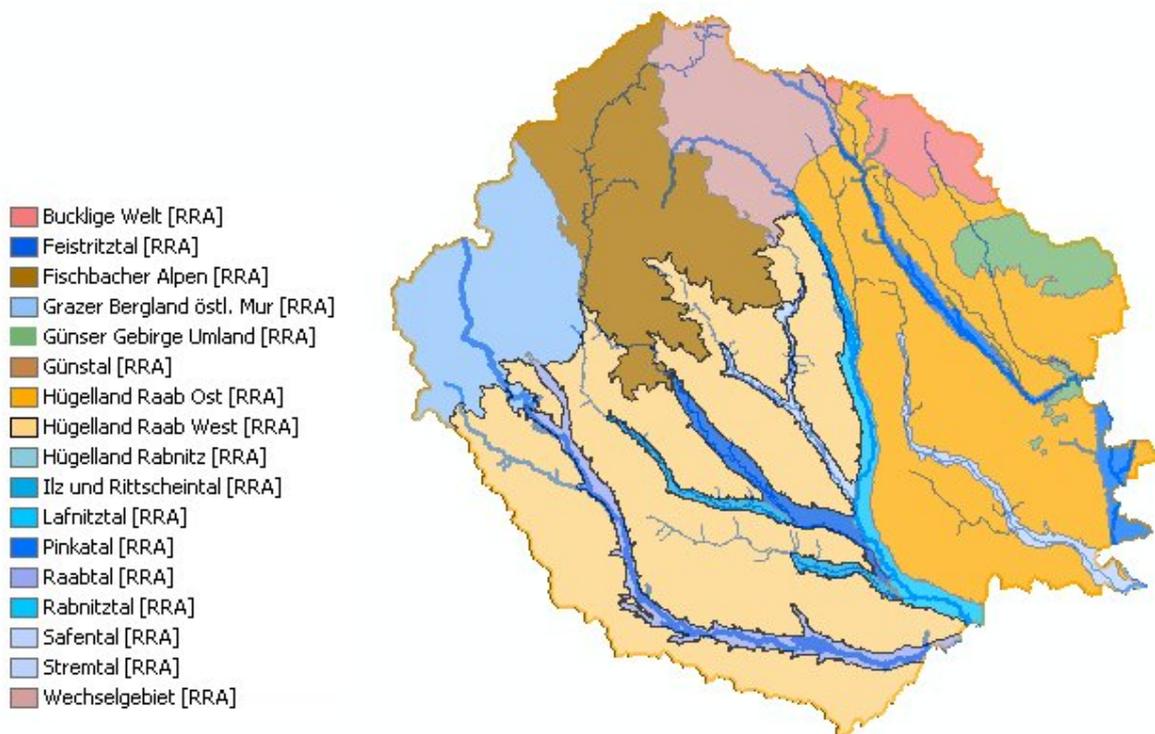


Abbildung 248: Seichtliegende Grundwasserkörper (Basis: BMLFUW, 2002)

Die Lage und die laterale Ausdehnung der seichtliegenden Grundwasserkörper wurde im Rahmen der Umsetzung der EU-WRRL (BMLFUW, 2002) (siehe Abbildung 248) festgelegt. Neben diesen Grundwasserkörpern existieren auch entlang der untergeordneten Flüsse Grundwasserkörper, deren Bedeutung jedoch sehr gering bis vernachlässigbar ist.

10.1.2.2 Beurteilungsmethodik der seichten Grundwasserkörper

Nachstehend werden die Tallandschaften im Bereich der Hauptflüsse des NANUTIWA-Gebietes, sofern flurnahe Aquifere im Sinne von alluvionalen Sedimentfüllungen bekannt sind, behandelt. Als Beurteilungsgrundlage dienen ausgewählte Talquerschnitte, in welchen die Untergrundverhältnisse anhand von Bohraufschlüssen oder aber in einigen Fällen aufgrund geoelektrischer Untersuchungen erkundet sind.

Für die einzelnen Talquerschnitte wurden folgende Parameter ausgearbeitet:

- **Grundsätzlicher Kornaufbau** (in Kurzform gemäß ÖNORM B 4401)
- **Mächtigkeit** des flurnahen Aquifers, angegeben in einer „von-bis“-Bandbreite
- **Flurabstand des Grundwassers:** Mehrheitlich ebenfalls in Form einer Bandbreite angegeben
- **Durchsatzbreite des Aquifers:** Im allgemeinen bezogen auf die laterale Ausdehnung der alluvialen Sedimentfüllung quer zur Grundwasserströmungsrichtung. Hier wurde eine Bandbreite der lateralen Ausdehnung angegeben, da die Betrachtung rund 1 – 2 km oberhalb und unterhalb des Talquerschnittes miteinbezogen und somit engräumigere Wechsel in der Durchsatzbreite berücksichtigt wurden.
- **Hydraulisches Gefälle:** Da nur in einigen Fällen Grundwassergleichenpläne zum Abgreifen des hydraulischen Gefälles zur Verfügung stehen, wurde das hydraulische Gefälle häufiger aus der Talneigung abgeleitet und naheliegenderweise mit den Flurabständen in den Messstellen bzw. Grundwasseraufschlüssen überprüft. Dieses Vorgehen erscheint deswegen zulässig, da in vielen Fällen die Flurabstände der seicht liegenden Aquifere in den betrachteten Talniederungen über weitere Strecken sehr ähnlich sind und daher die damit verbundenen Fehler vernachlässigbar werden. Häufig liegt der mögliche Fehler dieser Betrachtung unter den natürlichen Grundwasserschwankungsbreiten, insbesondere in flussnahen Bereichen.
- **Durchlässigkeitsbeiwerte:** Die Durchlässigkeitsbeiwerte basieren – sofern verfügbar – auf Pumpversuchen bzw. Kurzpumpversuchen bei Grundwasseraufschlüssen, ausgebauten Grundwassersonden und Versorgungsbrunnen. Konnten keine Pumpversuche recherchiert

werden, wurde der Durchlässigkeitsbeiwert des flurnahen Aquifers abgeschätzt (gesonderte Spalte). Stünden mehrere Pumpversuche zur Verfügung, ist eine Bandbreite (von – bis) angegeben.

- **Grundwasserdurchsatz:** Der Grundwasserdurchsatz wurde aufgrund der obigen Kennparameter nach der Beziehung von DARCY berechnet, wobei einerseits ein durchschnittlicher Grundwasserdurchsatz und andererseits eine Abweichung von diesem Durchschnittswert nach oben und unten (ebenfalls in l/s) angegeben ist.

Die tabellarische Zusammenschau (siehe Tabelle 29) der Grundwasserdurchsätze für die einzelnen Talabschnitte zeigt teilweise größere Unterschiede zwischen den Profilen. Diese Unterschiede sind dadurch erklärbar, dass bei dieser Betrachtung die Kommunikation zwischen Talgrundwasserkörper und Oberflächenwasser im Sinne effluenter und/oder influenter Verhältnisse mangels spezieller Detailuntersuchungen nicht berücksichtigt werden konnte. Weiters ist zu unterstreichen, dass das im Normalfall erhöhte Grundwasserdargebot in der Uferfiltratzone ebenfalls unberücksichtigt bleibt. Tabelle 29 und die GIS-Umsetzung dieser Tabelle (siehe Abbildung 253) beinhalten daher zwar nur Größenordnungen der Abstrommengen, bieten für eine großmaßstäbliche wasserwirtschaftliche Betrachtung jedoch eine hinreichende Genauigkeit.

Wenn daher in Einzelfällen Grundwasserversorgungen (im allgemeinen Nutzwasser-Gewinnungsanlagen) oder aber Einzelpumpversuche an Brunnen oder Sonden im Nahbereich der Flussläufe ein höheres Grundwasserdargebot als für die betrachteten Abschnitte ausgewiesen, zeigen, ist dies im wesentlichen durch das grundsätzlich erhöhte Dargebot in oder aus der Uferfiltratzone zu erklären.

Aufgrund der vergleichsweise geringen Transportweiten der Erosionsprodukte ist, abgesehen von der Verzahnung einzelner Sedimentlinsen, für alle seichtliegenden Grundwasserkörper im NANUTIWA-Gebiet eine mäßige bis schlechte Sortierung (Kornverteilung) im Bereich der Sand- und Kiesfraktion typisch. Das die flurnahen Aquifere unterlagernde Tertiär weist meist geringere Durchlässigkeiten und daher grundwasserstauende Funktion auf und ist im wesentlichen aus feinsandigen Schluffen und Tonen aufgebaut. Eine diesbezügliche Ausnahme stellen das Pinka- und Tauchenbachtal im Raum Kotezicken–Woppendorf–Hannersdorf vor dem Pinkadurchbruch dar, wo in Teilbereichen der seichtliegende Aquifer nicht von tertiären Feinsedimenten sondern von Serpentin und Grünschiefer der Rechnitzer Einheit (Penninikum) sowie von Dolomiten des Oberostalpins unterlagert wird. Diese kristallinen Gesteinskomplexe bedingen in diesem Bereich einerseits durch ihr Trennflächengefüge sowie andererseits durch die tektonische Beanspruchung im Nahbereich der Deckengrenze eine mögliche Aussickerung von Grundwasser aus dem flurnahen Talgrundwasserkörper in tiefere Zonen. Insbesondere der Dolomit weist durch seine tektonische Beanspruchung und Zerlegung ein höheres Wasserwegigkeitspotenzial auf.

10.1.2.3 Begleitende Grundwasserkörper entlang der Hauptflüsse

10.1.2.3.1 Raabtal

Die Niederung des Raabtales erstreckt sich im NANUTIWA-Gebiet fast ausschließlich auf den steirischen Anteil des Projektgebietes. Weiter östlich, etwa ab Weichselbaum liegen nur Teile der Raabniederung auf österreichischen Staatsgebiet.

Steirischer Bereich:

Die Talebene der Raab ist im steirischen Bereich von einigen Altarmen und Drainagegräben durchzogen. Der durchschnittlich 4 bis 7 m mächtige Kies-Sand-Körper wird von einer 1,5-5,5 m mächtigen Ton-Schluff-Schicht bedeckt. Die Grundwassermessstellen in Raabnähe zeigen ein ähnliches Schwankungsverhalten des Wasserspiegels wie die Raab. Jene Pegel die weiter von der Raab entfernt sind weisen meist keinen eindeutigen hydraulischen Zusammenhang mit der Raab auf.

Im Vergleich zum Raabtal im burgenländischen NANUTIWA-Teil liegen im Bereich der Steiermark wesentlich geringere Grundwassermächtigkeiten und Durchlässigkeitsbeiwerte vor. Aus diesem Grund ergeben sich für den steirischen Anteil des Raabtales wesentlich geringere Grundwasserdurchsätze (siehe Abbildung 249 und Abbildung 250).

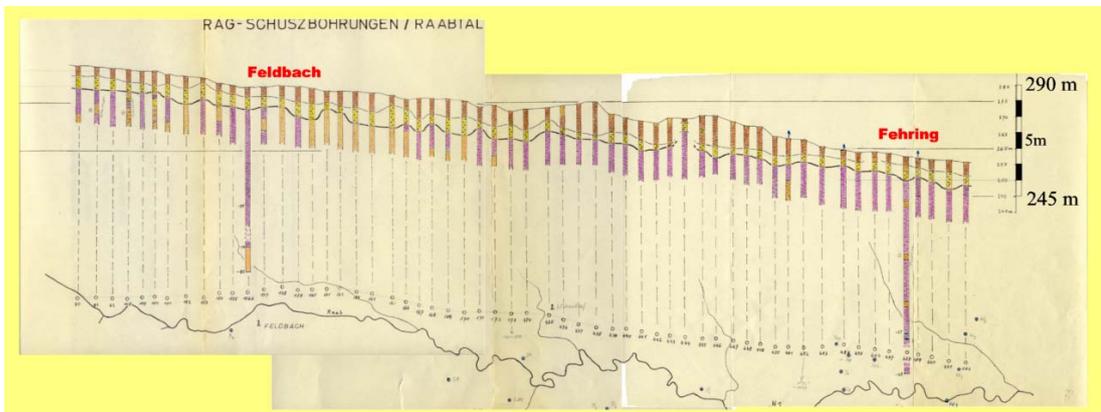


Abbildung 249: RAG-Schussbohrungen im Raabtal (Feldbach bis Fehring)



Abbildung 250: Längsprofil entlang der Raab (Dietmannsdorf bis Jennersdorf)

Burgenländischer Bereich:

Die Durchsatzbreite für die betrachtete Gesamtstrecke beträgt durchschnittlich rund 1.500 m. Die quartäre Talfüllung reicht von etwa 5 bis 14 m unter Gelände, wobei sich die bezughabenden Bohraufschlüsse auf den Bereich Jennersdorf konzentrieren.

Ein im Bereich Jennersdorf - Neumarkt/Raab vorliegender Grundwasser-Schichtenplan lässt ein hydraulisches Gefälle in der Talniederung zwischen rund 0,5 und 1 % ableiten und zeigt weiters, dass der Grundwasserkörper von den Talrandbereichen dotiert wird und in der Folge der Grundwasserkörper in die Raab exfiltriert.

Geht man von einem mittleren Durchlässigkeitsbeiwert von 1×10^{-3} m/s und einer durchschnittlichen Grundwassersäule (Grundwassermächtigkeit) von rund 5 m (Bandbreite 3 bis 7 m) aus, ergibt sich ein Grundwasserdurchsatz je nach dem tatsächlichen hydraulischen Gefälle zwischen etwa 20 und 110 l/s, d.h. durchschnittlich etwa 66 l/s +/- 46 l/s (siehe Tabelle 25).

Abschnitt	Grund sätzlicher Kornaufbau	Mächtigkeit von bis (m)		Flur abstand (m)	Durchsatz breite (m) von bis		Hydr. Gefälle %	Kf-Wert		Durchsatz in l/s	
		aus PV (m/s) min max	ange- nommen (m/s)		durch- schnittlich	Abweichung +/-					
Raum							0.005				
Jennersdorf	G, S	3	7	2-5	1300	1600	0,01		0,001	65,8	46,3

Tabelle 25: Eckdaten des flurnahen Aquifers im Raabtal (generelle Beurteilung)

10.1.2.3.2 Lafnitztal

Der flurnaher Aquifer im Lafnitztal (siehe Abbildung 251 und Abbildung 252) weist von Nord nach Süd eine stetig zunehmende Durchsatzbreite von etwa 300 m bis maximal 2.500 m auf. Bei Durchlässigkeitsbeiwerten im Bereich von 10^{-4} m/s und einem hydraulischem Gefälle zwischen 0,1 und 0,8 % sowie einer Grundwassersäule zwischen rund 3 und 7 m ergeben sich stetig ansteigende Grundwasserdurchsätze von Nord nach Süd von durchschnittlich rund 3 l/s bis knapp 20 l/s (siehe Tabelle 26).



Abbildung 251: Schotterabbau Holler bei Königsdorf



Abbildung 252: Quartärbasis im Lafnitztal im Bereich von Königsdorf

Aquifer Abschnitt	Grund sätzlicher Kornaufbau	Mächtigkeit von bis (m)		Flur abstand (m)	Durchsatz breite (m) von bis		Hydr. Gefälle %	Kf-Wert			Durchsatz in l/s	
								aus PV (m/s)		ange- nommen (m/s)	durch- schnittlich	Abweichung +/-
								min	max			
Neustift	gG; fg, s	3	7	3-4	200	300	0.002	0.0005	0.001	0.001	2.4	1,8
W Loipers- dorf	mG, u, s	4		3	500	800	0.006	0.0005			7.8	1.8
Markt Allhau	G; s, x'	3	5	3-4	800	1100	0.008	0.0002			6,3	2.5
Rudersdorf- Dobersdorf	fG-gS	5	7	1-2	700	1100	0.003	0.001			16,8	6,3
Eltendorf	G; gs,	6	8	2-5	1100	2000	0.001			0.001	11,3	4.7
Heiligen kreuz	f-mG; s,u, gg'	2	5	2-5	1800	2500	0.003	0.0003	0.0009		18,5	15,3

Tabelle 26: Eckdaten des flurnahen Aquifers im Lafnitztal

10.1.2.3.3 Stremtal

Im Stremtal ist nach dem derzeitigen Kenntnisstand nicht überall ein flurnaher Aquifer ausgebildet.

Während im oberen Stremtal bis etwa Stegersbach / Bocksdorf ein flurnaher Talgrundwasserkörper nur im Raum Litzelsdorf und Stegersbach bekannt ist, liegt ab Rauchwart über Güssing und Strem bis Heiligenbrunn / Hagensdorf ein eher durchgängiger Aquifer vor.

Während von Norden bis etwa Güssing der Aquifer – soweit vorhanden – zum Gutteil aus sandigen Mischkiesen aufgebaut ist, zeigen Bohrungsergebnisse ab Güssing bis Hagensdorf mehrheitlich eine Sanddominanz.

Charakteristisch für die Aquiferverhältnisse sind auch engräumig stark wechselnde Mächtigkeiten des Aquifers bis etwa Güssing zwischen 2 und 6 m. Ab Güssing in Richtung Hagensdorf wird der sanddominante Grundwasserkörper deutlich mächtiger, stellenweise bis über 10 m mächtig.

Der insgesamt gesehen geringe Durchsatz beträgt zwischen rund 2 und 6 l/s. Aus Bohrlochtests ist bekannt, dass selbst in besser durchlässigen Zonen Förderraten von kaum mehr als 3 l/s – bei bereits unzulässig hoher Absenkung – erzielbar sind. Speziell im unteren Stremtal, ab etwa Tobaj, liegen aufgrund teilweise mächtigerer, gering durchlässiger Deckschichten (4 – 6 m) gespannte Verhältnisse

vor. Demzufolge ist auch von keiner all zu guten, wenn nicht überhaupt unterbundenen hydraulischen Kommunikation zwischen Strem und Talgrundwasserkörper auszugehen.

Die Zusammenfassung der Grundwasserführung im Stremtal ist Tabelle 27 zu entnehmen.

Abschnitt	Grund-sätzlicher Kornaufbau	Mächtigkeit von bis (m)		Flur abstand (m)	Durchsatz breite (m) von bis		Hydr. Gefälle %	K _r -Wert		Durchsatz	
								aus PV (m/s)	ange-nommen (m/s)	Durch-schnitt l/s	Abweich-ung +/-
Litzelsdorf	fG-gS	2	4	1	250	500	0.008	0.0002		2,0	1.2
Stegersbach	S	4	6	4	500	700	0.004		0.0005	6,2	2.2
Rauchenwart-											
St. Michael	S , G	2	6	1-2	600	800	0.002		0,0005	3,0	1,8
Güssing	fs-mG	2	5	1-3	600	900	0.002		0,0005	2,9	1,7
Strem-											
Heiligenbrunn	fS-gS, g	7	10	2-4	600	1200	0.002		0,0003	4,9	2,3

Tabelle 27: Eckdaten des flurnahen Aquifers im Stremtal

10.1.2.3.4 Pinkatal

Die Grundwasserführung im flurnahen Aquifer des Pinkatales steigt vom Bereich Pinkafeld Nord bis in den Raum Oberwart von wenigen l/s auf etwa 40-50 l/s an.

Dieser Grundwasserdurchsatz wird im Raum Großpetersdorf geringer und geht beim „Pinkadurchbruch“ im Bereich der aufragenden Rechnitzer Einheit bei Hannersdorf / Eisenberg gegen null, da hier durch die extreme Einengung des Durchflussquerschnittes auch die Durchsatzbreite des flurnahen Aquifers gegen null geht. Die Pinka fließt hier im wesentlichen durch Grünschiefer und Quarzphyllite der Rechnitzer Einheit (Penninikum). Erst ab der Höhe Großdorf (Vaskeresztes) öffnet sich die Talniederung der Pinka auf rund 600 / 700 m bei Deutsch-Schützen und ab dem Zufluss des Rodlingbaches (Höhe Eberau / Gaas) bis auf über 2 km Breite.

Ab Deutsch-Schützen bis in den Raum Moschendorf ist mit durchschnittlichen Grundwasserdurchsätzen von rund 40 l/s zu rechnen, wobei es aufgrund unterschiedlicher Durchflussquerschnitte und Durchlässigkeitsbeiwerte zu teilweise größeren Abweichungen von diesem Durchschnittswert kommen kann (siehe Tabelle 28).

Im Bereich des Badesees Burg, knapp vor dem Hauptdurchbruch der Pinka münden der Tauchenbach (nach vorhergehender Einmündung des Dürnbaches) sowie der Erlbach in die Pinka.

Auch die Grundwasserbegleitströme des Tauchenbaches und des Erlbaches treten somit in den praktisch gegen Null eingeeengten Talquerschnitt der Pinka und somit in die Pinka direkt ein. Dies ist deswegen von Belang, da die Grundwasserzuflüsse aus dem Tauchenbach-, Dürnbach- und Erlbachregime ab dem Pinkadurchbruch der Pinka selbst bzw. nach dem Pinkadurchbruch dem, die Pinka begleitenden Talgrundwasserkörper zuzuschreiben sind.

Nach dem Pinkadurchbruch zeigen mehrere Simultanaufnahmen des Grundwasserspiegels für den Bereich Eisenberg - Deutsch-Schützen eine deutliche Abstromkomponente Richtung Ungarn (Richtung Ost bis Südost). Im weiteren Verlauf der Pinkatalniederung Richtung Süden dotiert die Pinka über weite Bereiche den Talgrundwasserkörper und es ergibt sich unter anderem auch bis Gaas ein Teilabstrom in Richtung ungarisches Staatsgebiet.

Abschnitt	Grund sätzlicher Kornaufbau	Mächtigkeit von bis	Flur abstand	Durchsatz		Hydr. Gefälle %	K _r -Wert		Durchsatz		
				breite (m) von bis			aus PV (m/s) min max	ange- nommen (m/s)	durch- schnittlich l/s	Abweichung +/-	
N Pinkafeld	m-gS + G; u, t	2	9	2-5	500	800	0.015	0.0001		6,2	4,7
Pinkafeld	gG; s	1	3	3-4	400	800	0.008		0.001	11,2	8,0
Lampfeld	m-gG; s, t	3	4	4	400	800	0.005		0.001	11,0	5,0
Oberwart	G teilw. fS; s	6	10	1-3	600	1400	0.006	0.0003	0.001	45,2	38,8
Großpeters- dorf	f-mG; s,	3	5	3-8	1000	1800	0.005	0.0005	0.001	26,3	18,8
Deutsch Schützen	G, S,	5	8	3,5-5	600	750	0.002	0.0005	0.007	43,5	40,5
Moschendorf	G, S	3	4	1-2	1500	2400	0.002		0,003	42,3	15,3

Tabelle 28: Eckdaten des flurnahen Aquifers im Pinkatal

10.1.2.3.5 Feistritzal

Der seichte Grundwasserkörper im Feistritzal wurde im Rahmen einer Dissertation am WRM (Joanneum Research) durch A. DALLA-VIA (2002) sehr detailliert untersucht. Diese Dissertation bildet daher eine wesentliche Grundlage dieses Kapitels.

Die oberflächennahen i.a. quartären Ablagerungen des Feistritztales weisen einen hohen Anteil an Tonen und Schluffen auf. Dies bedingt allgemein geringe nutzbare Porenvolumina und Durchlässigkeiten.

Die Mächtigkeit der quartären Lockersedimente zeigt starke Inhomogenitäten (3–14 m) die, wie aus anderen Bohrprofilen des Feistritztales bekannt, vermutlich im gesamten Feistritztal im Bereich der tertiären Sedimentsumrahmung gegeben sind. Die Grundwassermächtigkeit schwankt im Talboden zwischen 2 und 6 m.

Das seichtliegende Grundwasser des unteren Feistritztales wird durch mehr als 650 private Hausbrunnen genutzt, die jedoch nur teilweise zu Trinkwasserzwecken herangezogen werden. Bei einer angenommenen Entnahme von 0,5 m³/Tag (3 Personen á 165 l/Tag) beträgt die Gesamtentnahme 325 m³/Tag bzw. 3,76 l/s.

Öffentliche Wasserversorger greifen im Feistritztal, wie im gesamten NANUTIWA-Gebiet, wegen der vielerorts schlechten Qualität des seichtliegenden Grundwassers auf die Tiefengrundwässer und in geringem Umfang auch auf Quellen zurück.

10.1.2.3.6 Andere Flüsse im NANUTIWA-Gebiet

Neben zahlreichen unbedeutenden Seitenzubringern sind der Stögersbach, Zickenbach, Tauchenbach, Erlbach, Ilzbach, die Rabnitz und die Safen mit den beiden Seitensträngen zu erwähnen.

Diese Flüsse weisen Talgrundwasserkörper mit geringer Durchsatzbreite auf. Die in die Grundwasserbegleitströme der Hauptabflüsse aus diesen Seitentälern eintretenden Grundwässer werden bei der Berechnung der Grundwasserdurchsätze in den Haupttalniederungen subsumiert und daher nicht getrennt betrachtet.

Die Einzugsgebiete liegen in unmittelbarer Nähe zum Sedimentbecken bzw. die Flüsse entspringen überhaupt erst im Bereich tertiärer Sedimente. Das Erosionmaterial dieser Seitenzubringer ist aus diesem Grund hauptsächlich aus Feinklastika aufgebaut, die schlechte Aquifereigenschaften aufweisen und daher nur geringe Grundwassermengen führen. Eine Detailbetrachtung erfolgt aus diesem Grund nicht.

10.1.2.3.7 Abstrom des seichten Grundwassers nach Ungarn

In Zusammenschau der Hauptabflüsse und der damit in Verbindung stehenden flurnahen Talaquifere ergeben sich folgende Grundwasserabflüsse an den jeweiligen Unterläufen im Übertrittsbereich auf ungarisches Staatsgebiet (siehe Tabelle 29).

Abflussregime	Grundwasserdurchsatz (gerundet)	
	durchschnittlich in l/s	Abweichung+ / - in l/s
Raab	65	45
Lafnitz	20	15
Strem	5	2
Pinka	40	15
Summe, gerundet	130	80

Tabelle 29: Aufstellung Grundwasserdurchsätze, gesamt

10.1.2.3.8 Zusammenfassung

Tabelle 30 und Abbildung 253 fassen die in den Kapiteln 10.1.2.3.1 bis 10.1.2.3.5 dargestellten Verhältnisse in den seichtliegenden Grundwasserkörpern, welche in den Haupttälern vorliegen, zusammen. Nur in kleinen Bereichen weisen die Grundwasserkörper nennenswerte Durchflussmengen auf. Für die Neubildung der Tiefengrundwässer aus seichtliegenden Grundwasserkörpern sind diese flurnahen Grundwasserkörper meist von untergeordneter Bedeutung, was in Kapitel 10.1.7.6 noch eingehender beschrieben wird.

Flussgebiet	Querschnitt	Grundwasserdurchsatz [l/s]
Lafnitz	Neustift	2,4
Lafnitz	W Loipersdorf	7,8
Lafnitz	Markt Allhau	6,3
Lafnitz	Neudau	5,0
Lafnitz	Rudersdorf	16,8
Lafnitz	Eltendorf	11,0
Lafnitz	Heiligenkreuz	18,5
Strem	Litzelsdorf	2,0
Strem	Stegersbach	6,2
Strem	Rauchenwart	3,0
Strem	Güssing	2,9
Strem	Heiligenbrunn	4,9
Pinka	N Pinkafeld	6,2
Pinka	Pinkafeld	11,2
Pinka	Lampfeld	11,0
Pinka	Oberwart	45,2
Pinka	Großpetersdorf	26,3
Pinka	Deutsch Schützen	43,5
Pinka	Moschendorf	42,3
Raab	Wollsdorf	6,0
Raab	Albersdorf	10,0
Raab	Studenzen	8,2
Raab	Feldbach	6,0
Raab	Fehring	14,0
Raab	Jennersdorf	65,8
Feistritz	Hirnsdorf	3,1
Feistritz	Kroisbach	0,8
Feistritz	Fürstenfeld	2,5

Tabelle 30: Abstrommungen im seichten Grundwasserkörper der Hauptflüsse

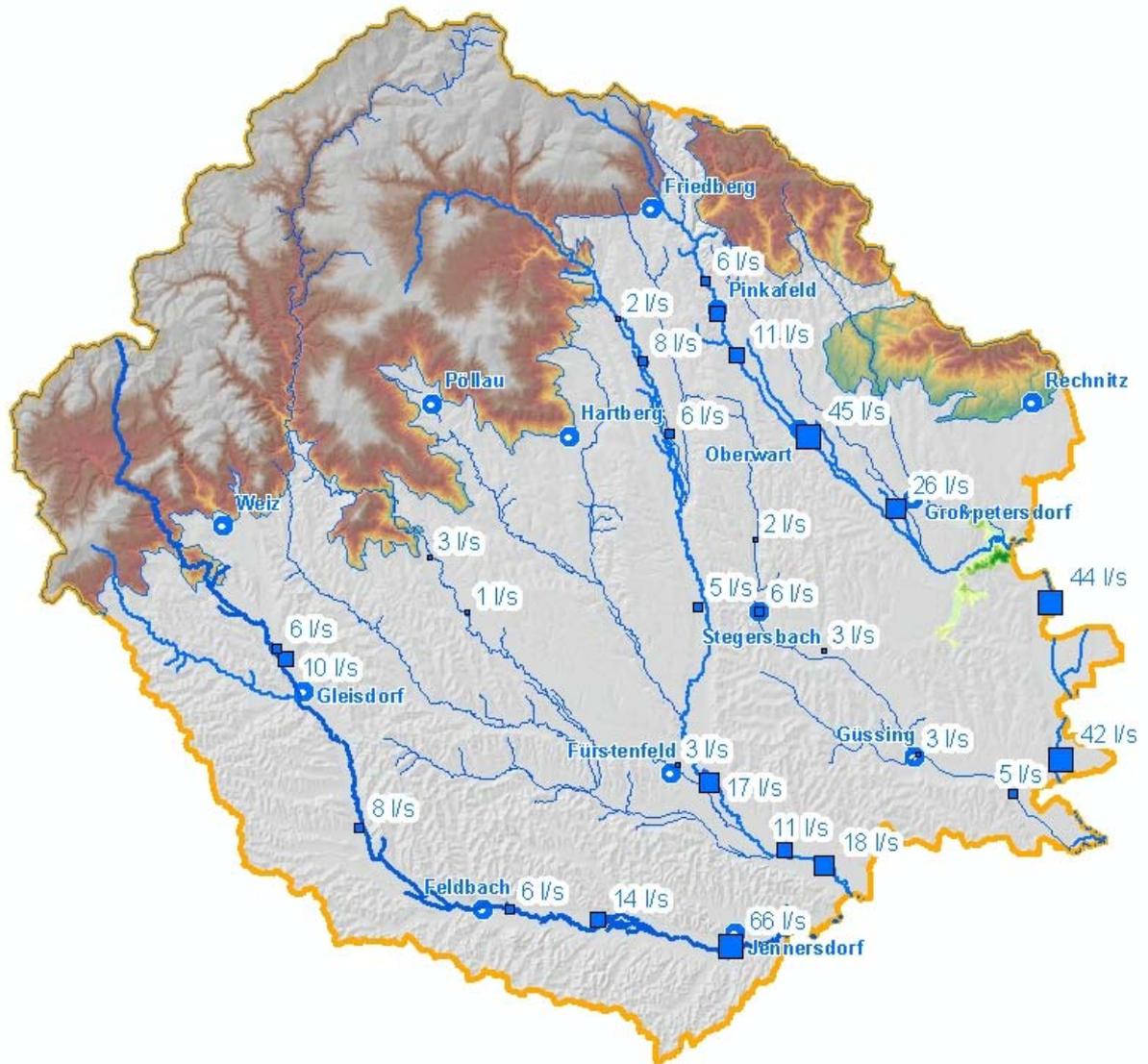


Abbildung 253: Seichte Grundwasserkörper – Durchflussmenge

10.1.2.4 Hydraulische Zusammenhänge zwischen seichtliegenden Grundwasserkörpern und Tiefgrundwasserkörpern

Das seichtliegende Grundwasser ist in großen Bereichen des NANUTIWA-Gebietes von geringer Ergiebigkeit. Dies bestätigt sich in Pumpversuchsergebnissen, in den in Kapitel 10.1.2.3 berechneten Durchstrommengen und auf Basis der Gesamtheit der hydrochemischen Eigenschaften der seichten Grundwässer. Die Grundwasservorkommen sind meist sauerstoffarm, damit z.T. eisen- und manganreich und aus diesem Grund auch kaum nutzbar. Nur wenige seichtliegende Brunnen im NANUTIWA-Gebiet werden in größerem Umfang genutzt.

Die seichtliegenden Grundwasserkörper können in Teilbereichen der Hauptflüsse daher zwar grundsätzlich ein hydraulisches Bindeglied zwischen den grundwasserneubildenden Komponenten (Niederschlag und Flüsse) bilden, stellen jedoch aufgrund der beschriebenen Eigenschaften in großen

Teilen des Projektgebietes von NANUTIWA keine bedeutende Komponente für die Tiefengrundwasserneubildung dar (siehe Kapitel 10.1.2).

10.1.3 Bedeutung der Flüsse für die Genese der Tiefengrundwässer

Ausgehend von den Ganglinienanalysen in Kapitel 10.1.1.2 wird innerhalb dieses Kapitels auf den Zusammenhang und die Bedeutung der Flüsse für Neubildung der Tiefengrundwässer eingegangen. In vielen Fällen zeigen die Ganglinien der Abflusspegel in den Hauptflüssen eindeutige hydraulische Zusammenhänge mit den Ganglinien der Tiefenaquifere. Hochwasserspitzen, Trockenzeiten und kleine Abflussschwankungen prägen in vielen Fällen die Ganglinien der Tiefengrundwasserpegel. D.h., dass sich Hochwässer und Abflussspitzen der Flüsse z.T. direkt und ohne Verzögerung auf die Wasserstände der Tiefengrundwasserpegel auswirken. Dies kann nur der Fall sein, wenn diese Kommunikation durch keine "ungesättigte Zone" gedämpft wird. Daraus lässt sich in vielen Fällen weiter folgern, dass die Tiefenaquifere eine direkte Verbindung mit den Flüssen aufweisen, und dieser Pfad für die Neubildung von Tiefengrundwasser von Bedeutung ist. Es ist jedoch erforderlich diese Aussage von der Grundwasserneubildung durch direkte Niederschlagsversickerung abzugrenzen.

Von großer Bedeutung sind in diesem Zusammenhang die Hochwasserereignisse in den Flüssen, da diese in vielen Fällen eine nachhaltige Auffüll- bzw. Regenerationswirkung in den Tiefengrundwasseraquiferen zeigen. Diese Wirkung der Hochwasserereignisse kann aus einer Verminderung der Kolmatierung der Flusssohle und auf eine vermehrte Infiltration im Böschungsbereich der Flüsse resultieren. Die Kolmatierungsreduktion wirkt längerfristig günstig auf die Neubildungsmöglichkeiten der Tiefengrundwässer. D.h. die Regenerationsmöglichkeiten hängen auch mit zeitlichen Änderungen der Flussversickerung durch Veränderungen der Kolmatierung zusammen. Die Nachhaltigkeit dieser Regenerationswirkungen hängt wesentlich von den Durchlässigkeitsverhältnissen des Untergrundes ab. Geringe Durchlässigkeiten begünstigen die Dauer des Auffülleffektes.

Der mit Hilfe der Ganglinienanalyse erkannte Zusammenhang zwischen den Tiefenaquiferen und den Flüssen wurde auch im Rahmen detaillierter Abflussmessungen nachgewiesen (siehe Kapitel 10.1.3.1.).

10.1.3.1 Abflussmessungen (Detailmessungen)

10.1.3.1.1 Grundlegendes

Aufgrund der intensiven Ganglinienanalysen und den daraus resultierenden Überlegungen und Ergebnissen ergibt sich in Teilbereichen des NANUTIWA-Gebietes der eindeutige Nachweis eines direkten, hydraulischen Zusammenhanges zwischen den Oberflächengewässern und den Tiefengrundwässern. Im wesentlichen ist diese Aussage in jenen Bereichen konkretisierbar, wo

Zeitreihen des Potenzialverhaltens der Tiefengrundwässer vorliegen. Die resultierenden Aussagen müssen auf die anderen Teile des NANUTIWA-Gebietes übertragen werden.

Aufgrund der nachgewiesenen Zusammenhänge zwischen den Oberflächengewässern und den Tiefengrundwässern wurden einige Bereiche für detaillierte Abflussbilanzierungen ausgewählt. Diese Gebiete waren der Bereich der oberen Lafnitz und der Bereich der Strem zwischen Oberwart und Güssing.

Die detaillierten Abflussmessungen erfolgten in Sommer 2003. In dieser extrem trockenen Zeit konnten die messmethodischen Unsicherheiten reduziert werden, sodass eindeutige Aussagen möglich wurden.

10.1.3.1.2 Lafnitz

Am 9.7.2003 wurde im Bereich der oberen Lafnitz eine Abflussmesskampagne durchgeführt um mögliche Versickerungs- bzw. Exfiltrationsbereiche auszuweisen. Da die Lafnitz in diesem Bereich aus dem Festgesteinsuntergrund in das Steirische Tertiärbecken mündet, wurde vor der Durchführung der Messkampagne von der Modellvorstellung ausgegangen, dass die Lafnitz in diesem Bereich Wasser verliert und zu einer Grundwasseranreicherung führt. Dieser Bereich wurde weiters aufgrund erster Informationen über Versickerungen auf Basis von Abflussmessungen des hydrografischen Dienstes Burgenland ausgewählt.

Die Abflussmessungen an der Lafnitz erfolgten zwischen Rohrbach/Lafnitz und Markt Allhau an 5 Messstellen in der Lafnitz (siehe Abbildung 254). Weiters wurden am Messtermin alle Seitenzubringer mengenmäßig erfasst, sodass eine vollständige Bilanz der Oberflächengewässer ausgewertet werden konnte. Aufgrund der, zum Messzeitpunkt herrschenden, hydrometeorologischen Verhältnisse zeigte sich, dass die meisten Seitenzubringer der Lafnitz in diesem Bereich gänzlich trocken bzw. nur minimal wasserführend waren. Nur der Limbach und ein Seitenzubringer aus dem Bereich der Festgesteinsumrahmung wiesen eine nennenswerte Wasserführung auf. Erst diese Tatsache ermöglichte die Bilanzierung der Lafnitz in diesem Bereich.

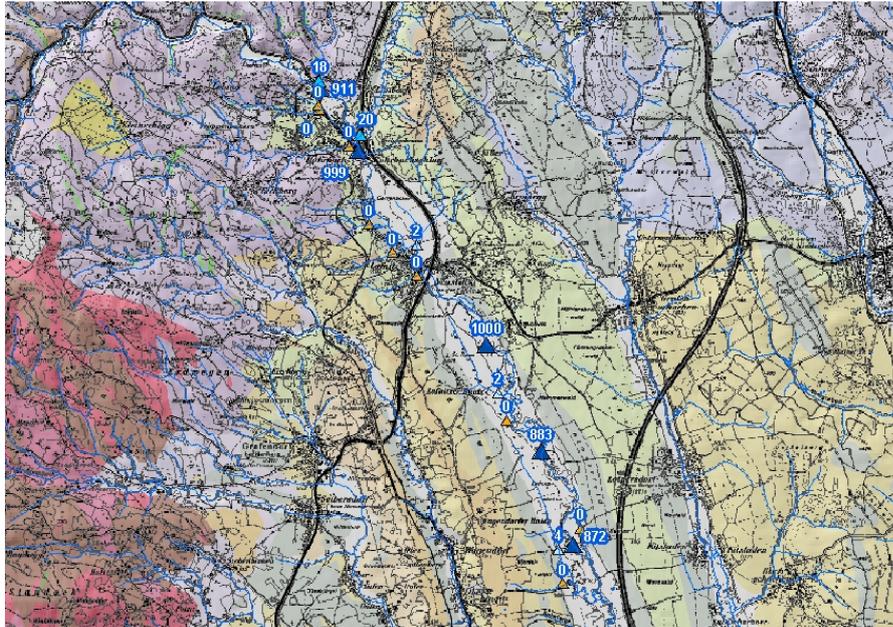


Abbildung 254: Lageplan der Abflussmessungen an der oberen Lafnitz



Abbildung 255: Untergrund im Bereich der Lafnitzschlinge bei Lafnitz



Abbildung 256: Versickerungsbereich (Luftbild)

Die Ergebnisse der Abflussmessungen am 9.7.2003 an der Lafnitz zeigten, dass die Lafnitz vom Grundgebirge her kommend etwa 120 l/s Wasser verliert. Bei einer Gesamtwasserführung der Lafnitz von etwa 1m³/s und auf Basis der Durchführung einer Mehrfachmessung ist dieses Ergebnis signifikant und eindeutig abgesichert. Das Defizit der Lafnitz ist durch 3 Messungen flussaufwärts der Mäander (siehe Abbildung 256) und 2 Messungen flussabwärts der Mäander belegt.

Die gemessenen Verluste der Lafnitz entstehen in einem Bereich, in welchem die Lafnitz naturbelassen intensiv mäandriert (siehe Abbildung 255 und Abbildung 256). Weiters zeigen die reflexionsseismischen Messungen in diesem Bereich das Auskeilen eines markanten Reflektors, welcher als Aquifer, der im Bereich von Markt Allhau genutzt wird, interpretiert werden kann (siehe Abbildung 257). Diese Übereinstimmung ergab sich erst nach Durchführung der Abflussmessungen und ist ein anschauliches Beispiel für die interdisziplinäre Bearbeitung und die Synergieeffekte im Projekt NANUTIWA.

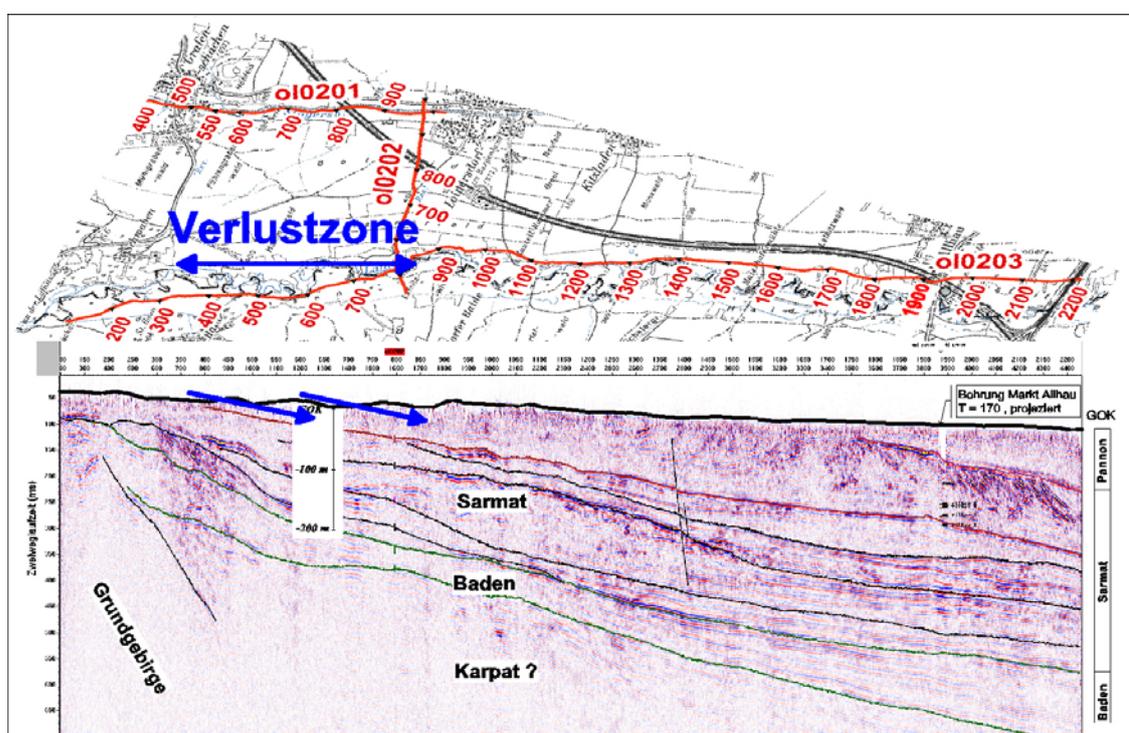


Abbildung 257: Reflexionsseismik im Bereich der Abflussmessungen

Die zusätzliche Auswertung der Abflussmessungen des hydrografischen Dienstes erbrachte zwischen den Lafnitz-Pegeln Rohrbach und Hammerkastell eine Zunahme der Abflussmenge der Lafnitz. Diese Differenz zu den Messungen in Niedrigwasserzeiten ist aufgrund der detaillierten Abflussbilanzierung im Projekt NANUTIWA auf die extremen Meßbedingungen zurückzuführen. Speziell in Zeiten von extremen Abflussminima dürften die Schlüsselkurven der Oberflächengewässer (Zusammenhang zwischen Abflussmenge und Wasserstand) nicht uneingeschränkt anwendbar sein

und für Detailfragestellungen der Kommunikation zwischen den Oberflächengewässern und dem Grundwasser herangezogen werden können. Diese Problematik zeigte sich auch bei der Abflussmessung an der Strem (siehe auch Kapitel 10.1.3.1.3 – Abflussmessung Strem).

Eine koordinierte flächendeckende Abflussmesskampagne im gesamten NANUTIWA-Gebiet zu Niedrigstwasserzeiten würde eine ausgezeichnete Datenbasis für hydrologische Berechnungen liefern und die Bedeutung der Flüsse für die Tiefengrundwasserneubildung verbessert quantifizieren lassen.

10.1.3.1.3 Strem

Am 7.8.2003 wurde vom WRM (vormals IHG) eine detaillierte Abflussmessung zum Zweck der Bilanzierung der Strem zwischen dem Strem-Ursprung und Güssing durchgeführt. Ziel dieser detaillierten Abflussbilanzierung war die Untersuchung möglicher Infiltrations- und/oder Exfiltrationszonen von Grundwasser in diesem Bereich. Basis der Messgebietsauswahl waren einerseits die Bilanzierungsergebnisse auf Basis der Abflusspegel des hydrografischen Dienstes, andererseits deutet sich im Bereich Stegersbach eine Aufstiegszone an, da hier zahlreiche artesischen Brunnen vorliegen und eine Druckhochzone signalisieren. Aufgrund der Auswertung der Abflussdaten des hydrografischen Dienstes war aufgrund der deutlichen Zunahme der Strem zwischen Bocksdorf und Rauchwart eine Grundwasserexfiltration zu erwarten. Diese zu verifizieren war ein wesentliches Ziel der Abflussmessungen vom 7.8.2003.

Die Abflussmessungen an der Strem und den Seitzubringern zeigen eine starke Zunahme der Abflussmenge zwischen Kemeten und Ollersdorf und weiter bis Stegersbach an (siehe Abbildung 258). Die zwischen den hydrografischen Pegeln Bocksdorf und Rauchwart gemessene Abflusszunahme konnten die Messungen des WRM nicht nachvollziehen.

Die deutliche Zunahme des Abflusses der Strem zwischen Ollersdorf und Bocksdorf kann in Zusammenhang mit dem hohen Druckniveau als ein deutlicher Hinweis auf eine natürliche Exfiltration in diesem Bereich gewertet werden bzw. ist von diesem Bereich bekannt, dass zahlreiche „Hausbrunnen“ ungenutzt abfließen. Auffällig war auch das Rinnen zahlreicher Gerinne im Bereich des Oberlaufes der Strem. Aufgrund des kleinen Einzugsgebietes konnte in diesem Bereich eher mit einer Trockenheit gerechnet werden. Diese Tatsache ist insofern interessant als, dass die Seitengerinne der Lafnitz unter vergleichbaren hydrometeorologischen Bedingungen keine Wasserführung aufwiesen. Möglicherweise ist dies ebenfalls als Hinweis auf eine natürliche Exfiltrationszone oder die Gesamtabflußmenge artesischer Brunnen zu werten.

10.1.3.2 Ergebnisse der Abflussmessungen

Im Rahmen der detaillierten Abflussmessungen im Bereich der oberen Lafnitz und der Strem zeigten sich einige wesentliche Ergebnisse, die für die Gesamtüberlegungen im Zusammenhang mit den Neubildungsmechanismen der Tiefengrundwässer von Bedeutung waren. Der Verlust der Lafnitz bestätigt die direkte Neubildung von Tiefengrundwasser aus den Flüssen.

Die Strem und deren Begleitgerinne weisen in Teilbereichen Abflussmengen auf, die auf einen Aufstieg von Tiefenaquifereen schließen lassen. Neben diffusen Exfiltrationszonen können dafür auch artesisch überlaufende Brunnen verantwortlich sein.

10.1.4 Niederschlag

Die Analyse der Bedeutung der Tiefengrundwasserneubildung durch die direkte Versickerung von Niederschlag in die Tiefenaquifere gestaltet sich schwierig, da das Abflussgeschehen in den Oberflächengewässern vom Niederschlagsgeschehen geprägt wird und daher nahezu idente Zeitreihen aufweist. Im Rahmen der Ganglinienanalysen zeigte sich, dass die Tiefenwasserneubildung aus der direkten Versickerung von Niederschlag entsprechend den klimatischen und lithologischen Rahmenbedingungen zeitlich bzw. räumlich variiert. Sommerniederschläge wirken untergeordnet bzw. überhaupt nicht auf die Grundwasserneubildung. Die in den Sommermonaten jedoch dennoch nachweisbare Tiefengrundwasserneubildung ist, bestätigt durch die Ganglinienanalysen, im Wesentlichen auf den Zusammenhang mit den Flüssen zurückzuführen. Herbstniederschläge können jedoch zur Tiefengrundwasserneubildung beitragen, was ebenfalls die Ganglinienanalysen zeigen.

Eine weitere diesbezügliche Analyse findet sich in Kapitel 10.1.7.10.

10.1.5 Analyse der hydraulischen Rahmenbedingungen

Die folgende Analyse der hydraulischen Zusammenhänge bezieht sich ausschließlich auf den Bereich der tertiären Sedimente, da nur hier Tiefengrundwässer mit gemessenen Potenzialen vorliegen. Dieses Kapitel ist auch als Ergänzung zu Kapitel 9.4.5 (Grundwasserdynamik) zu sehen, dient jedoch hauptsächlich der Analyse möglicher Regenerationsmechanismen.

Ausgehend von den Einträgen in PRODATA ist eine Analyse der Flurabstände sowie der Potenzialwerte innerhalb des NANUTIWA-Gebietes möglich. In Abbildung 260 und Abbildung 261 ist die Verteilung der Flurabstände aller in PRODATA verfügbaren Potenzialwerte dargestellt. Es zeigt sich, dass das Maximum dieser Verteilungsfunktion bei etwa 2m über Gelände liegt. D.h. dass ein Großteil der Tiefengrundwasseraufschlüsse geringfügig artesisch ist, was wohl die allgemein verwendete Bezeichnung der gespannten Tiefengrundwässer dieses Bereiches „Arteser“ rechtfertigt.

Es gibt nur wenige Brunnen, die Potenziale aufweisen, welche weit von diesem Verteilungsmaximum abweichen.

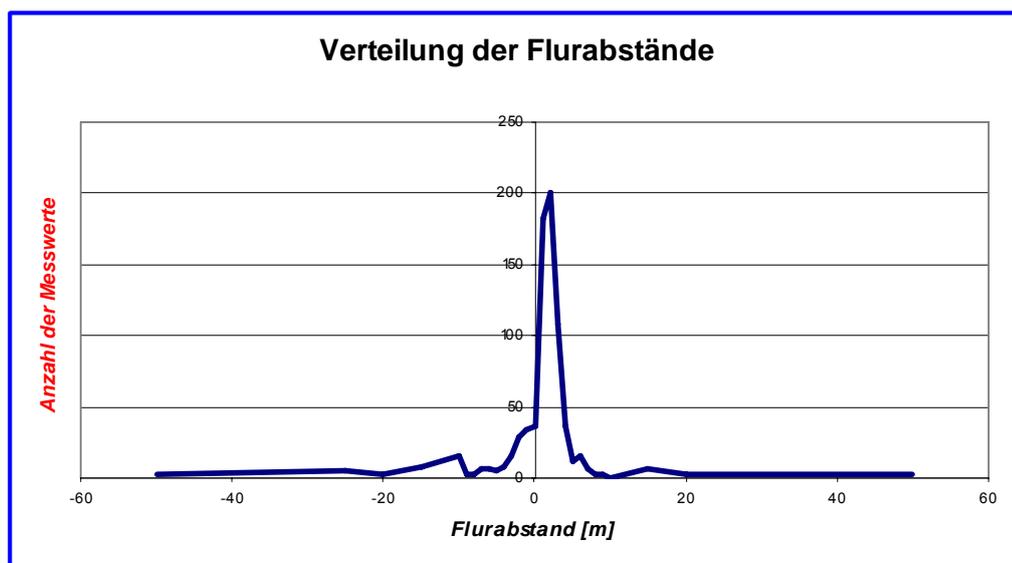


Abbildung 260: Verteilung der Flurabstände

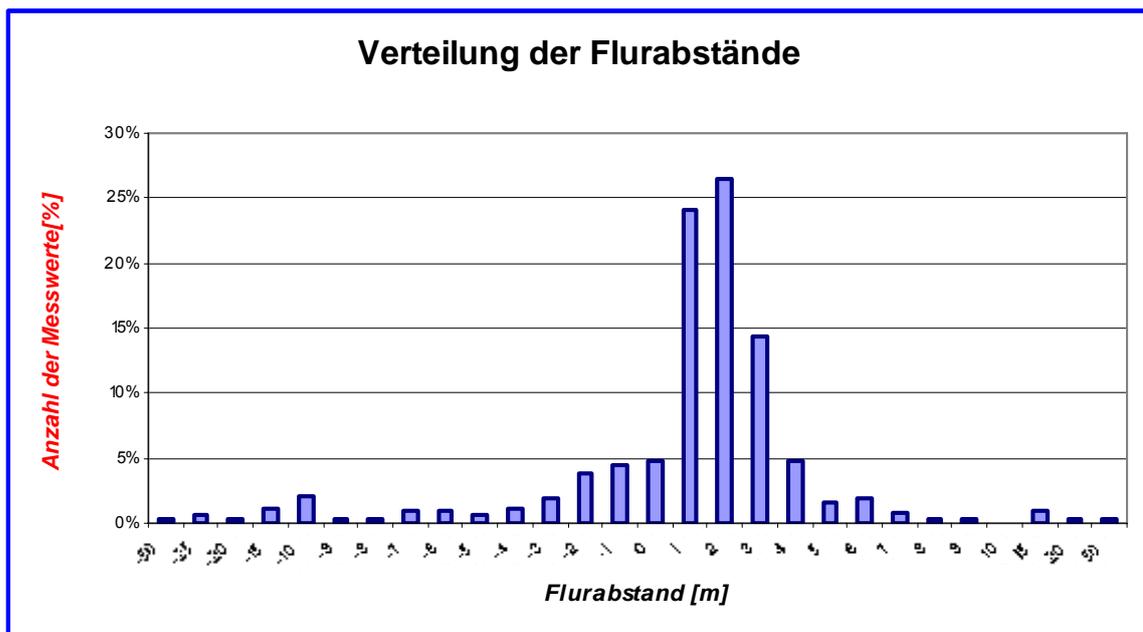


Abbildung 261: Verteilung der Flurabstände in [%]

Es erhebt sich nun die Frage, warum sich der Großteil der Potenziale geringfügig artesisch einstellt, und kaum Brunnen existieren, deren Potenzial weit von der Geländeoberkante abweicht.

Dies Situation lässt folgende Schlüsse zu, die sich auch im Kapitel 10.5.3. bestätigen

- Die Einzugsgebiete der Tiefengrundwässer liegen nicht viel höher, als das Druckniveau des jeweiligen Brunnens. Daher kann das Einzugsgebiet nicht sehr weit von den Brunnen entfernt sein, da ja ein relativ gleichmäßiges Geländegefälle von West nach Ost besteht.
- Weiters ist ableitbar, dass sich das Potenzial im gesamten NANUTIWA-Gebiet auf das Niveau der Haupttäler einstellt.
- Die Potenzialverteilung (nahe der Geländeoberkante) zeigt, dass sich das gesamte Tiefengrundwassersystem auf die Geländeoberfläche und daher das seichtliegende aquatische System (Flüsse, seichte Grundwasserkörper) einstellt.
- Wie Kapitel 10.5.3 zeigt, ist diese Potenzialverteilung nur mit relativ kleinräumigen Zirkulationssystem erklärbar.

Abbildung 262 und Abbildung 263 stellen die geostatistischen Auswertergebnisse der Potenzialwerte und die Grundlage dieser Aussagen dar. Weiters leitet sich daraus die Potenzialverteilungskarte in Abbildung 264 ab.

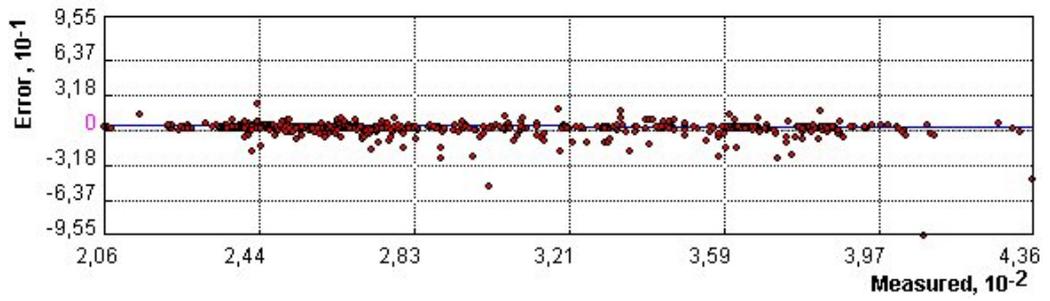


Abbildung 262: Regressionsfunktion - Verteilung und Abweichung der Potenzialwerte [Einheiten: Error in 10m, Measured in 100 m.ü.A]

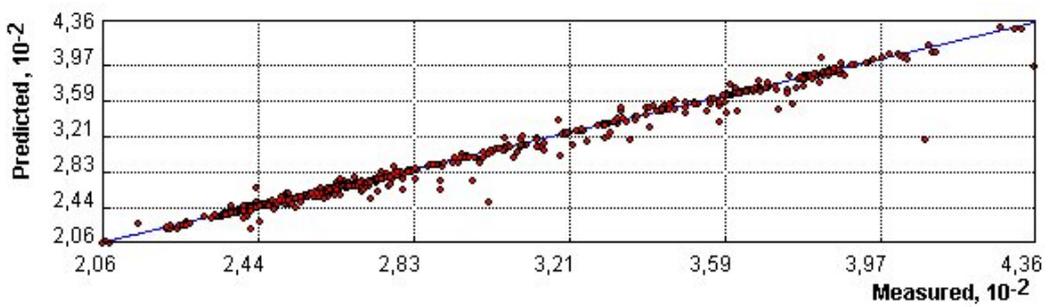


Abbildung 263: Regressionsfunktion - Vergleich der Messwerte mit den berechneten Werten [Einheit in 100 m.ü.A]

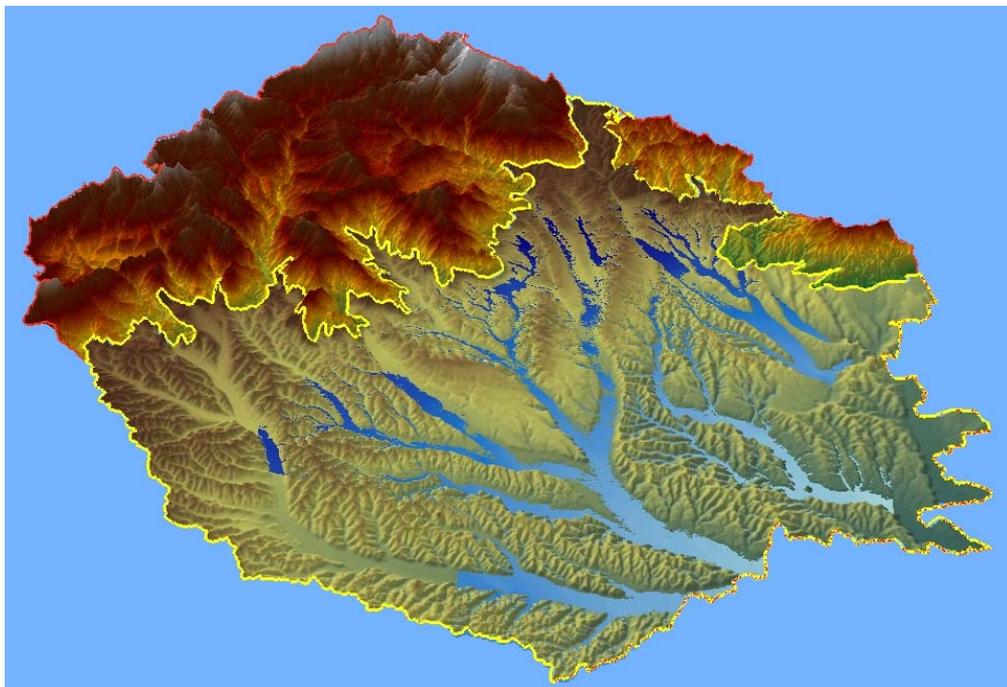


Abbildung 264: 3D-Darstellung der Potenzialfläche im NANUTIWA-Gebiet (Verschnitt mit Geländemodell)

Die Potenzialverteilung im Verschnitt mit dem Geländemodell zeigt Bereiche, die aufgrund der vorliegenden Potenzialwerte artesisch sein können. D.h. dass grundsätzlich nur dort, wo die blaue Potenzialfläche über dem Geländere relief liegt, artesische Verhältnisse herrschen können. Die anderen Bereiche des NAUTIWA-Gebietes können nicht artesisch sein. Durch die zahlreichen, z.T. massiven Pumpentnahmen weicht das reale Bild von diesem ab. Zur Illustration der bestehenden Potenzialtief und –hochzonen ist die Potenzialfläche in Abbildung 265 100-fach überhöht dargestellt.

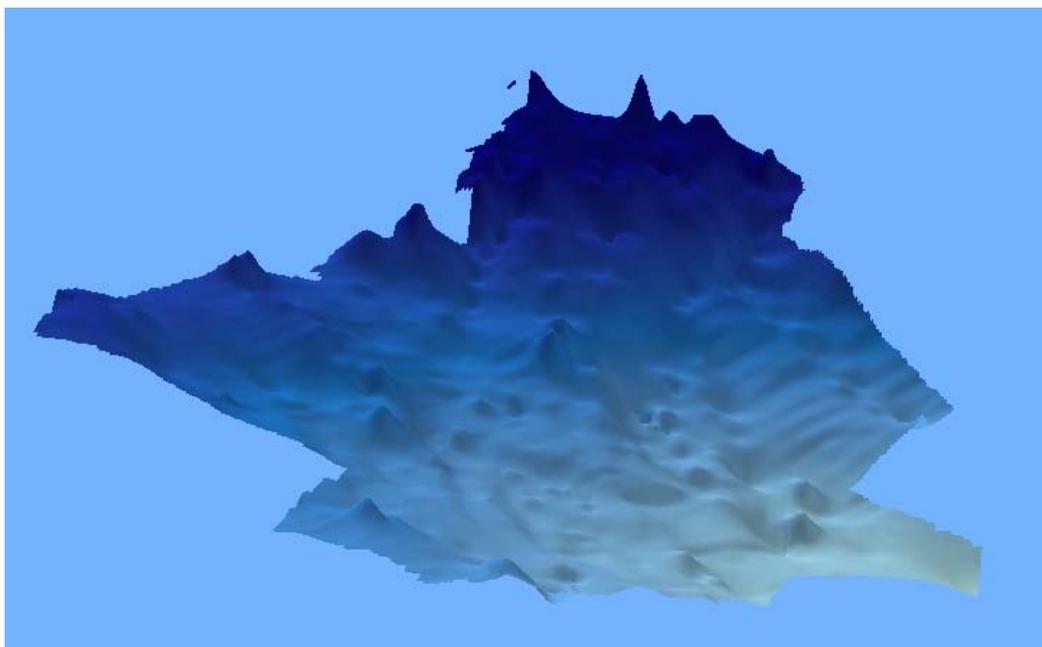


Abbildung 265: 3D-Darstellung der Potenzialfläche (100fach überhöht)

Weiters ist zu erwähnen, dass Abbildung 264 eine generalisierte Darstellung ist und im Detail von der Realität abweicht. In Teilen des Raabtals liegen nicht genug Potenzialwerte vor, sodass die entsprechenden Informationen hier fehlen.

10.1.6 Bedeutung der geologischen Einheiten im Einzugsgebiet für die Grundwasserneubildung

In wasserwirtschaftlicher und hydrogeologischer Hinsicht sind vor allem die Sedimente des Baden bis Pont von Bedeutung, da sie im Großteil des Projektgebietes von NANUTIWA die oberflächennächsten tertiären Gesteinsschichten und damit die Aquifere der meisten Tiefengrundwassernutzungen bilden.

Von den tertiären Sedimenten nehmen die pannonen und pontischen Gesteine den flächenmäßig größten Teil des NANUTIWA-Gebietes ein. Sie bilden eine Wechsellagerung von zum Teil mächtigen Grundwasserstauern (Schluffe, Tonmergel und Tone) und -leitern (Sande, Schotter), die untereinander verzahnt sein können, zumeist aber räumlich enger begrenzte Aquifere darstellen,

welche einerseits durch Klüfte in Ton(Mergel)komplexen und andererseits im Wege von gering leitenden, feinsanddominierten Horizonten kommunizieren können.

In die ebenfalls generell eher feinkörnigen älteren Abfolgen sind verkarstete Kalkhorizonte (Nulliporenkalk und Kalksandstein des Baden und Sarmat) oder grobe Schotter- bzw. Konglomerathorizonte, welche von Norden her geschüttet wurden, z. B. die Kapfensteiner Schotter des Unterpannon, eingeschaltet. Diese besser wasserwegigen Horizonte können voraussichtlich als "Zulieferhorizonte" für die dazwischen liegenden, geringer durchlässigen, Bereiche, mit welchen sie durch Verzahnungen in hydraulischem Kontakt stehen, angesehen werden.

Das Einfallen der älteren tertiären Formationen (Karpat bis Sarmat) folgt, entsprechend der Absenkungsgeschichte, im wesentlichen dem Relief der prätertiären Strukturen und ist von den Schwellen zu den Beckenzentren gerichtet. Ab dem Obersarmat hatte sich jedoch die Hauptabsenkungszone bereits so weit in das Pannonische Becken verlagert, dass die Sedimente des Obersarmat, Pannon und Pont in ihrer Lage kaum mehr durch die begrabenen Schwellen beeinflusst sind, sondern beinahe stetig gegen das Zentrum des Pannonischen Beckens, das ist generell nach Süden bis Osten, einfallen.

Aufgrund der großräumig gesehen eher geringen Datendichte können Vorstellungen über hydrodynamische Modelle im wesentlichen nur von den geologischen und großtektonischen Gegebenheiten abgeleitet werden.

Die Aquifere der derzeit erschlossenen Tiefengrundwässer treten im nördlichsten Bereich des Bearbeitungsgebietes (etwa bis in den Raum nördlich Oberwart) fast ausschließlich im Baden und Sarmat, südlich Oberwart nur noch im Pannon und Pont auf. Durch das generelle Schichteinfallen von annähernd Nord nach Süd bis West nach Ost kommt dem nördlichen Randbereich des Steirischen Beckens eine besondere Bedeutung als Wasseranreicherungsgebiet (Rechargegebiet) zu. In dieser Region streicht Baden und Sarmat aus, bzw. liegen diese stratigrafischen Einheiten direkt unter den quartären Sedimenten. Sowohl das Baden mit seinen verkarstungsfähigen Leithakalken als auch das Sarmat mit kiesigen Einschaltungen beinhalten gut wasserwegige Leithorizonte, welche bis weit nach Süden wirksam sein können. Indem das Grundwasser in diesen stratigrafisch tiefliegenden Horizonten weit nach Süden/Südosten verlagert wird, kann es über "Leiterbrücken" in stratigrafisch jüngere Bereiche aufsteigen und sich in besser durchlässigen, lokal begrenzten Aquiferen sammeln.

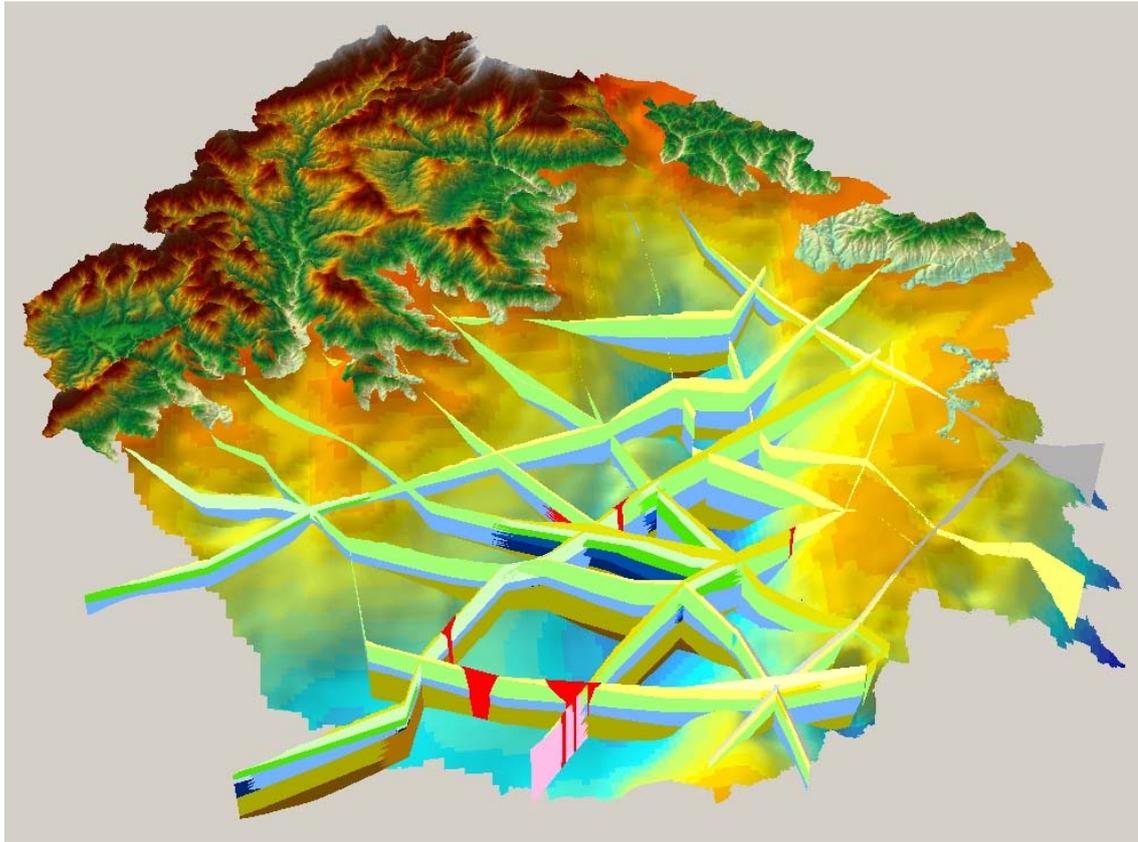


Abbildung 266: 3D-Stratigraphie

(grau=Pont, gelb=Pannon, grün=Sarmat, blau=Baden, oliv/braun=Karpas/Ottang)

Weiters existieren lokale Rechargegebiete in zentralen Beckenbereichen. Es sind dies die Zonen, in welchen grobklastische Einschaltungen (Mittelsande bis Kiese, Schotter) innerhalb der pannonen oder pontischen Schichtabfolgen an der Oberflächen auskeilen. Eine Einzelausweisung dieser kleinflächigen Anreicherungsgebiete ist schwer möglich, da diese in der Mehrzahl unterhalb einer jüngeren (quartären) Bedeckung liegen und darüber hinaus eine lithologische Detailkartierung nicht vorliegt. Eine nähere flächenmässige Zuordnung könnte durch Detailkorrelierung von Einzelaquiferen versucht werden. Als „künstliche“ Dischargegebiete können alle Regionen mit besonders starker Nutzung von Tiefengrundwässern (frei überlaufende Arteser) angesehen werden. Natürliche Dischargezonen im Sinne von Bereichen, wo Tiefengrundwässer aufgrund natürlicher Gegebenheiten (z. B. durch Störungen) an die Oberfläche treten, sind im Detail kaum bekannt. Aufgrund der geologischen Rahmenbedingungen und der bestehenden Druckverhältnisse kann man davon ausgehen, dass überall dort, wo artesischen Brunnen existieren, auch Bereiche natürlicher Tiefengrundwasseraufstiegszonen vorliegen.

Die Modellierung von Vertikalschnitten in Kapitel 10.5.3 erbringt weitere diesbezügliche Informationen. Wesentlich ist dabei, dass auch als „Wasserstauer“ angesprochene Schichten einen wesentlichen Beitrag für die Wasserpfade des Gesamtsystems darstellen können.

10.1.7 Beschreibung und Bedeutung möglicher Wasserpfade für die Neubildung der Tiefengrundwässer

10.1.7.1 Allgemeines

Innerhalb dieses Kapitels werden alle möglichen Wasserpfade, die zu einer Neubildung der Tiefengrundwässer beitragen können, analysiert. Es wird versucht, diese möglichen Wasserpfade anhand der vorliegenden und erarbeiteten Informationen zu beschreiben. Auf Basis dieser analytischen Beschreibung erfolgt abschließend eine Bewertung der Bedeutung der Wasserpfade für die Tiefengrundwasserneubildung. Es werden Informationen aus anderen Kapiteln herangezogen, auf die an den jeweiligen Stellen hingewiesen wird.

Basis der Überlegungen in den folgenden Kapiteln ist Abbildung 267. Diese fasst die 10 möglichen Wasserpfade oder Teilwasserpfade, die für die Tiefengrundwasserneubildung maßgeblich sein können, zusammen.

Ausgehend von den Oberflächenkomponenten (Niederschlag/Flüsse) werden alle möglichen Wasserpfade nachvollziehbar beschrieben und bewertet, die Komponenten soweit als möglich quantifiziert und jene Wasserpfade, welche für die Grundwasserneubildung die größte Relevanz besitzen, herausgefiltert. Bei den beschriebenen Wasserpfaden sind jeweils Prinzipskizzen zur Veranschaulichung beigelegt.

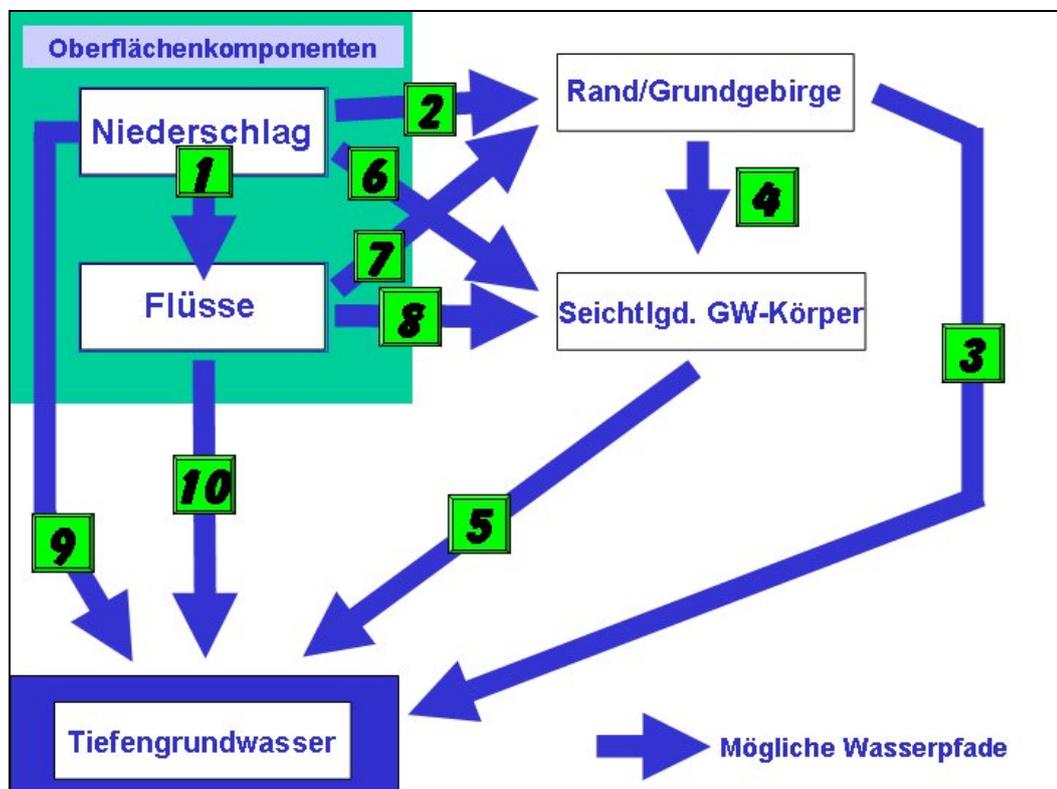


Abbildung 267: Schematische Darstellung möglicher Wasserpfade zur Tiefengrundwasserneubildung

10.1.7.2 Wasserpfad 1 – Niederschlag gelangt in die Flüsse

Wasserpfad 1 (Abbildung 268) beschreibt die Tatsache, dass Niederschlag in die Flüsse gelangt. Da dieser Wasserpfad 1 in jedem Fall existiert, erübrigt sich eine weitere Beschreibung innerhalb dieses Berichtes.

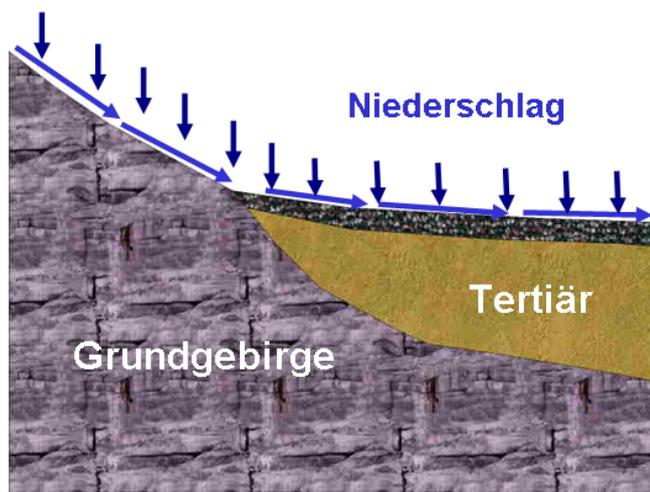


Abbildung 268: Wasserpfad 1 – Niederschlag gelangt in die Flüsse

10.1.7.3 Wasserpfad 2 – Niederschlag versickert im Bereich der Grundgebirgsumrahmung

Wasserpfad 2 beschreibt das Versickern von Niederschlag in die Festgesteine im Bereich der Grundgebirgsumrahmung (siehe Abbildung 269). Wie in Abbildung 270 zu sehen ist, baut sich der größte Teil des Grundgebirges aus kristallinen Gesteinen auf. Mit Sicherheit versickern beträchtliche Niederschlagsanteile im Bereich des Grundgebirges. Ein großer Teil des versickernden Niederschlags wird bereits im Bereich des Grundgebirges auch wieder vorflutwirksam. Diese vorflutwirksamen Anteile haben für die Neubildung der Tiefengrundwässer nur indirekte Bedeutung, da diese in den Flüssen in die Bereiche des Sedimentbeckens abfließen (siehe Kapitel 10.1.7.9 und 10.1.7.11). Die Bedeutung für die Tiefengrundwasserneubildung durch den direkten unterirdischen Übertritt des Grundwassers aus dem Festgestein in die Lockersedimente beschreibt Wasserpfad 3 (siehe Kapitel 10.1.7.4). Eine nähere Betrachtung der Wasserbilanz erfolgt in Kapitel 10.3.

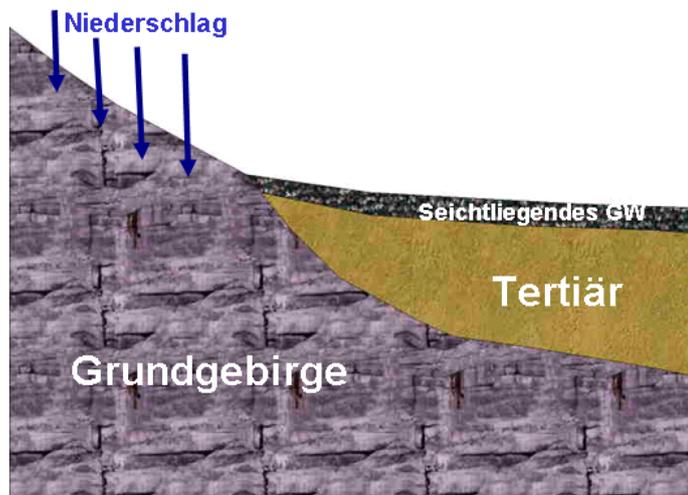


Abbildung 269: Wasserpfad 2 – Niederschlag-Randgebirge

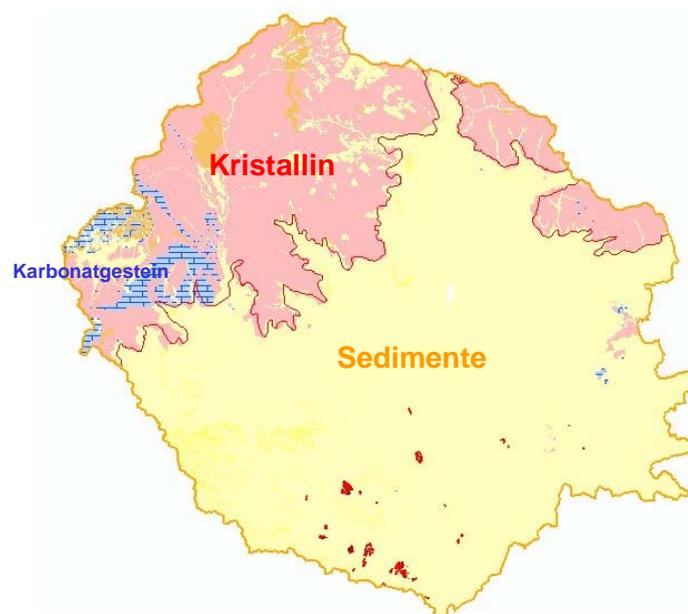


Abbildung 270: Lithologie der Grundgebirgsumrahmung

10.1.7.4 Wasserpfad 3 – Grundwasser tritt aus dem Grundgebirge direkt in die Tiefenaquifere über

Abbildung 271 stellt den Wasserpfad dar, der den direkten, unterirdischen Übertritt von Grundwasser, welches im Bereich des Festgesteines gebildet wurde, in die Tiefenaquifere beschreibt. Grundsätzlich müssen für die Existenz dieses Wasserpfades folgende Voraussetzungen zutreffen:

- Eine wasserführende Zone im Bereich des Festgesteines muss an eine durchlässige und damit wasserführende Zone im Bereich des Sedimentbeckens grenzen.

- Die im Grundgebirge fast ausschließlich vorliegenden Kristallingesteine können entsprechende Wasserwegigkeiten im Bereich von klüftigen Zonen und eventuell im Bereich von Störungen aufweisen.

Zusätzlich müssen diese Zonen an gut durchlässige Sedimente grenzen, die eine entsprechende Wasserübertrittsmöglichkeit bieten. Unter den gegebenen geologischen Rahmenbedingungen kann dies fast ausschließlich im Bereich des Beckenrandes der Fall sein. Im Bereich des Beckenrandes liegen jedoch nur in wenigen Teilgebieten des NANUTIWA-Gebietes entsprechend gut durchlässige Sedimente vor.

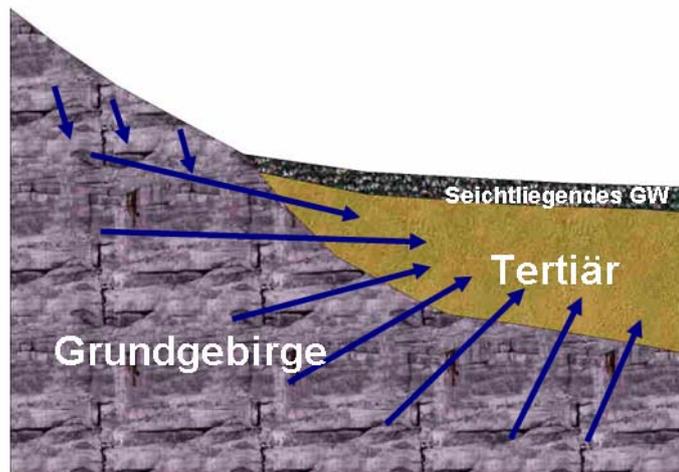


Abbildung 271: Wasserpfad 3 – Unterirdischer Übertritt von Grundwasser im Festgestein in die Tiefenaquifere

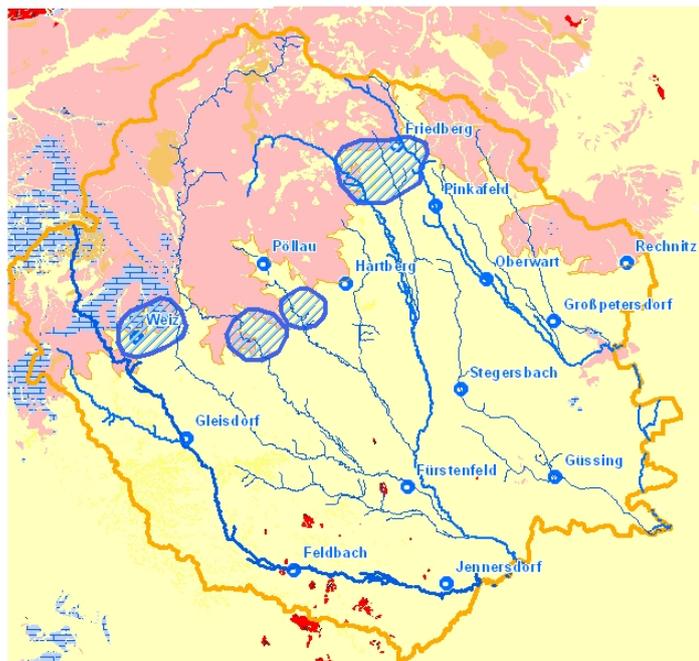


Abbildung 272: Begünstigte Zonen für Wasserpfad 3

Abbildung 272 zeigt Zonen in denen die Möglichkeit für den direkten Übertritt von Wasser aus dem Grundgebirge in das Tiefengrundwasser gegeben ist.

Aufgrund der grobklastischen Sedimente im Bereich des oberen Pinkatales und Lafnitztals ist dieser Bereich für die Existenz des Wasserpfades 3 sehr wahrscheinlich. Hier lagern grobklastische Sedimente dem abtauchenden Grundgebirge auf und bieten so die Möglichkeit des Übertrittes von Wasser aus dem Festgestein des Grundgebirges in die tertiären Lockersedimente. Ähnliche Verhältnisse bestehen auch im Bereich des Feistritztales und im Bereich der Pöllauer Safen.

Z.B. im Bereich von Weiz können paläozoische Karbonate an tertiäre Sedimente grenzen und Wasserübertritte von diesen Karbonatgesteinen in die tertiären Sedimente auftreten. Bezüglich der Sedimentdurchlässigkeiten liegen in diesen Bereichen jedoch nur wenige Informationen vor. Siehe dazu Kapitel 9.3.2.

10.1.7.5 Wasserpfad 4 – Grundwasser tritt aus der Grundgebirgsumrahmung direkt in seichtliegende Grundwasserkörper über

Wasserpfad 4 (siehe Abbildung 273) beschreibt den möglichen Übertritt von Grundwasser des Festgesteins in angrenzende seichtliegende Grundwasserkörper. Wie Wasserpfad 3 bedingt dieser Wasserpfad ein Aneinandergrenzen von wasserführenden, durchlässigen Zonen im Festgestein und durchlässigen Bereichen der jüngsten Talfüllungen.

Wie in Kapitel 10.1.2 näher beschrieben, ist die quantitative Bedeutung der seichtliegenden Grundwasserkörper von untergeordneter Bedeutung. Nur wenige Bereiche des NANUTIWA-Gebietes beinhalten ein relevantes Dargebot seichtliegenden Grundwassers. Ein diesbezügliches Beispiel bildet der Bereich von Heiligenkreuz.

Im grundgebirgsnahen Bereich, welcher für das Vorhandensein des Wasserpfades 4 in Frage kommt, liegen kaum nennenswerte seichtliegende Grundwasserkörper vor. Ein Zusammentreffen von gut durchlässigen Zonen des Festgesteins und gut durchlässigen Bereichen des seichtliegenden Grundwassers ist daher nur in sehr kleinen Teilbereichen denkbar. Eine quantitative Bedeutung des Wasserpfades 4 ist im Bereich von grobklastischen Sedimenten an der oberen Pinka, der oberen Lafnitz und der Feistritz denkbar. In diesen Bereichen verzahnen sich die seichtliegenden Aquifere z.T. mit den Tiefenaquiferen, sodass hier eine eindeutige Trennung nicht mehr bedingungslos möglich ist.

Geht man von geringen Durchlässigkeiten und geringen Mächtigkeiten der seichtliegenden Grundwasserkörper aus und zieht in Betracht, dass auch das angrenzende Grundgebirge meist nur geringe Kluftporositäten aufweist, so ist kaum mit einer bedeutenden Wassermenge, welche vom Festgestein in das seichtliegende Grundwasser übertritt, zu rechnen.

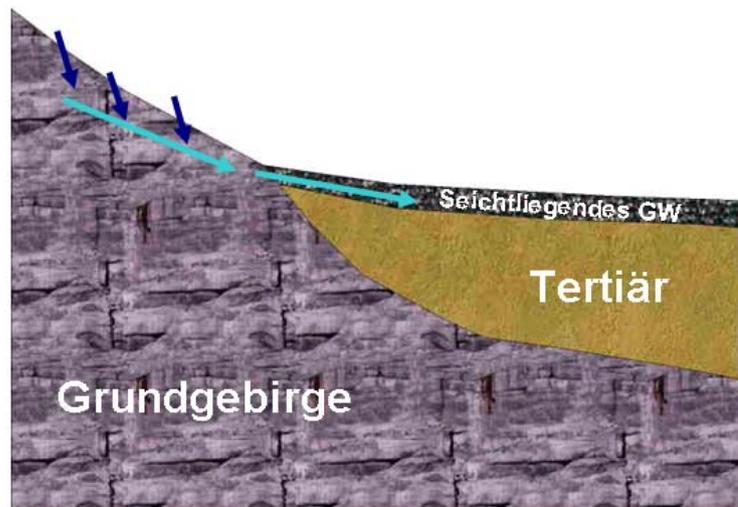


Abbildung 273: Wasserpfad 4 – Grundwasserübertritt aus dem Festgestein in seichtliegende GW-Körper

10.1.7.6 Wasserpfad 5 – Seichtliegende Grundwasserkörper alimentieren die Tiefenaquifere

Die Alimentation der Tiefenaquifere durch seichtliegende Grundwasserkörper kann grundsätzlich überall dort erfolgen, wo das hydraulische Potenzial der seichtliegenden Grundwasserkörper höher als jenes der Tiefenaquifere ist. Zusätzlich muss der Tiefenaquifer an einer Kontaktstelle mit dem seichtliegenden Grundwasserkörper eine entsprechende Durchlässigkeit (bzw. Transmissivität) aufweisen.

Abbildung 274 stellt die grundsätzliche Mechanismus des Wasserpfades 5 dar.

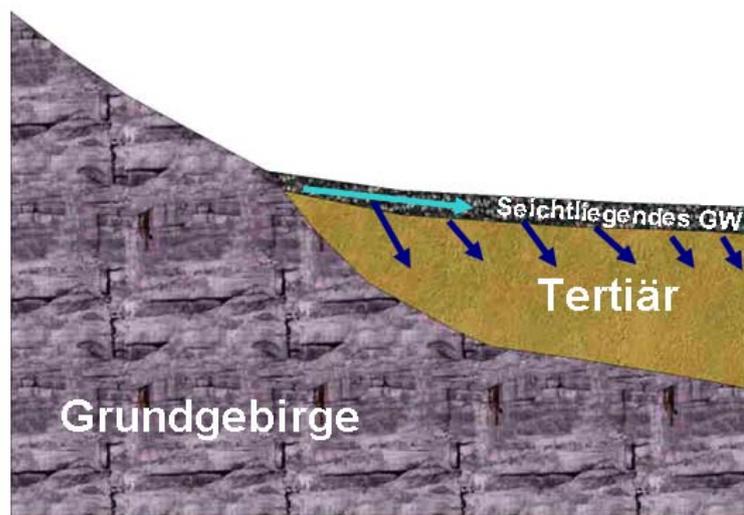


Abbildung 274: Wasserpfad 5 – Seichtliegendes Grundwasser alimentiert Tiefengrundwasser

Betrachtet man nun die für eine Versickerung des oberflächennahen Grundwassers erforderlichen Parameter und Rahmenbedingungen im Detail, so können folgende Schlüsse gezogen werden:

Potenzialdifferenz: Da ein Großteil der Tiefengrundwasseraufschlüsse einen Ruhewasserspiegel aufweist, der im Bereich von GOK oder höher liegt, der Wasserspiegel des seichtliegenden Grundwassers jedoch einige m unter GOK liegt, besteht eher die Tendenz, dass Tiefengrundwasser in seichtliegendes Grundwasser exfiltriert, als umgekehrt (siehe 10.1.5 - Analyse der hydraulischen Rahmenbedingungen).

Aufgrund des Fördergeschehens in Tiefenaquiferen kann es jedoch zu signifikanten Absenkungen in den Tiefenaquiferen kommen, wodurch im Bereich des Kontaktes zwischen seichtliegenden und tiefen Aquiferen eine Erhöhung der Potenzialdifferenz entstehen kann. Dies kann zu einer vermehrten Alimentation des Tiefengrundwassers durch seichtliegendes Grundwasser führen.

Durchlässigkeiten des seichtliegenden Grundwasserkörpers und des Tiefengrundwasserkörpers: Da die Durchlässigkeiten der seichtliegenden Grundwasserkörper generell gering anzusetzen sind (siehe auch Kapitel 10.1.2), ist auch die Wahrscheinlichkeit, dass gut durchlässige, seichtliegende Grundwasserkörper an gut durchlässige Tiefenaquifere grenzen, eher gering.

Ergiebigkeiten: Die Ergiebigkeitsabschätzungen in Kapitel 10.1.2.3 zeigen, dass die seichtliegenden Grundwasserkörper nur in kleinen Teilbereichen des NANUTIWA-Gebietes Ergiebigkeiten aufweisen, die für einen nennenswerten Beitrag der Tiefengrundwasserneubildung relevant sein können.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass der beschriebene Wasserpfad 5 zweifellos vorhanden ist, aufgrund der hydrogeologischen Rahmenbedingungen der seichtliegenden Aquifere (Ergiebigkeit, Transmissivitäten, Potenzialverhältnisse) nur in kleinen, meist untergeordneten Teilbereichen von quantitativer Bedeutung für die Tiefengrundwasserneubildung sein wird und aufgrund der Potenzialverhältnisse eher zu einer Anreicherung der seichtliegenden GW-Körper durch Tiefengrundwasser neigt. Ergänzende Darstellungen zur Neubildung und Bedeutung der seichtliegenden Grundwasserkörper findet sich in Kapitel 10.1.7.7.

10.1.7.7 Wasserpfad 6 – Niederschlag alimentiert die seichten Grundwasserkörper

Der Wasserpfad 6 (siehe Abbildung 275) repräsentiert die Versickerung von Niederschlag in die seichtliegenden Grundwasserkörper. Das Vorhandensein von seichtliegenden Grundwasserkörpern kann neben der Versickerung von Niederschlag auch auf die Kommunikation mit Flüssen und eine damit verbundene Alimentation aus Flüssen zurückzuführen sein. Eine weitere Möglichkeit der Alimentation der seichtliegenden Grundwasserkörper ist durch das Aufsteigen von Tiefengrundwasser in die seichtliegenden Aquifere gegeben. Diese Möglichkeit ist für die Neubildung von

Tiefengrundwasser nicht relevant. Der Zusammenhang seichtliegender Grundwasserkörper mit den Flüssen wird in Kapitel 10.1.7.9 beschrieben.

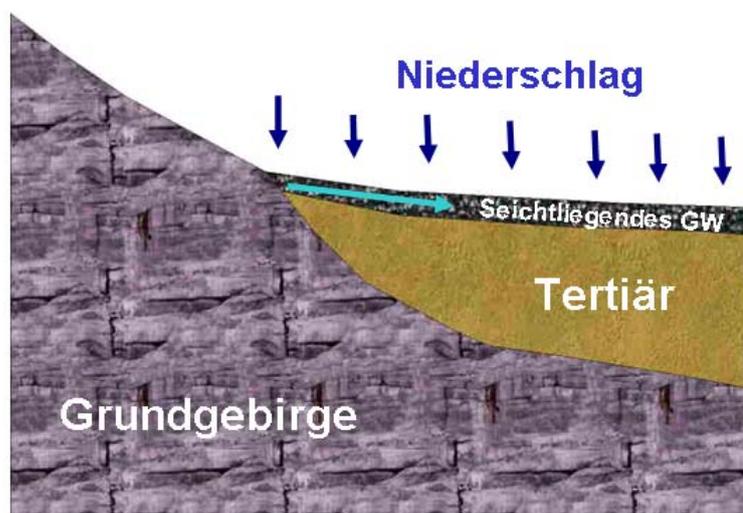


Abbildung 275: Wasserpfad 6 - Niederschlag alimentiert die seichten Grundwasserkörper

Wasserpfad 6 steht im Zusammenhang mit Wasserpfad 5 und dient einer ergänzenden Beschreibung der Neubildung und der Bedeutung seichtliegender Grundwasserkörper.

Dass die seichtliegenden Grundwässer jedenfalls zu einem Teil aus der Versickerung von Niederschlag neugebildet werden, ist sicher. Die hydrogeologischen, hydrochemischen und hydraulischen Rahmenbedingungen zeigen aber, dass dieser Vorgang in großen Teilen des NANUTIWA-Gebietes von untergeordneter Bedeutung sein wird.

Dies ist auf Basis folgender Aspekte wie folgt begründbar:

Hydrogeologische Rahmenbedingungen: Die Schichtfolge im Tiefenbereich der seichtliegenden Aquifere weist in vielen Bereichen des NANUTIWA-Gebietes eine gering durchlässige Deckschicht auf (siehe auch Kapitel 10.1.2.3). Diese Deckschicht führt zu einer verminderten Grundwasserneubildung aus Niederschlag und begünstigt die Entstehung einer oberflächlichen Entwässerung dieser Bereiche.

Weiters ist anzumerken, dass seichtliegende Aquifere fast ausschließlich entlang der Hauptflüsse vorliegen. Teilweise fehlt seichtliegendes Grundwasser jedoch auch entlang der Hauptflüsse fast gänzlich. Im Projektbereich abseits der flussbegleitenden Grundwasserkörper sind die seichtliegenden Grundwasserkörper von noch geringerer Bedeutung.

Hydrochemische Rahmenbedingungen: Die seichtliegenden Grundwässer weisen in vielen Fällen hydrochemisch-physikalische Eigenschaften auf, die andeuten, dass keine intensive Durchströmung der seichtliegenden Grundwasserkörper vorliegt. Dies zeigt sich im wesentlichen im stark

reduzierenden hydrochemischen Milieu der seichtliegenden Grundwasserkörper, was sich im geringen Sauerstoff-Gehalt und Redox-Potenzial manifestiert und z.T. extrem hohe Eisen- und Mangangehalte bedingt. Weiters kann daraus geschlossen werden, dass in diesen Bereichen keine bedeutende Grundwasserneubildung aus Niederschlag vorliegt. Grundwasser dieser Bereiche ist für die Trinkwasserversorgung aufgrund der hohen Eisen- und Mangangehalte z.T. nur bedingt geeignet.

Hydraulische Rahmenbedingungen:

Aus Pumpversuchen ist bekannt, dass die Durchlässigkeiten der Sedimente im Bereich der seichtliegenden Grundwasserkörper generell gering sind. Nur in kleinen Teilgebieten kann von erhöhten Durchlässigkeiten ausgegangen werden. Verbunden mit relativ geringen Mächtigkeiten ergeben sich die geringen Ergiebigkeiten der seichtliegenden Aquifere, welche in weiten Teilen des NANUTIWA-Gebietes eine kommunale Trinkwassernutzung ausschließen. Nur in kleinen Teilbereichen des NANUTIWA-Gebietes (Bereich unteres Lafnitztal, unteres Pinkatal, unteres Raabtal) ist seichtliegendes Grundwasser in erhöhter Quantität vorhanden sind. Hier wird seichtes Grundwasser z.T. auch für die kommunale Trinkwasserversorgung herangezogen. Weiters erfolgt die Nutzung des seichtliegenden Grundwassers im Rahmen privater Einzelversorgungen.

Im Großteil des NANUTIWA-Gebietes, wo die gering ergiebigen, schlecht durchströmten, seichtliegenden Grundwasserkörper vorliegen, sind diese für die Neubildung von Tiefengrundwasser von untergeordneter Relevanz.

10.1.7.8 Wasserpfad 7 – Flüsse alimentieren die Grundwasserkörper im Grundgebirge

Der Wasserpfad 7 (siehe Abbildung 276) beschreibt das Versickern von Oberflächengewässern in wasserdurchlässigen Bereichen des Festgesteins im Bereich der Grundgebirgsumrahmung. Dieser Wasserpfad existiert zweifellos überall dort, wo Durchlässigkeiten des Festgesteins (Klüftigkeiten, Störungszonen etc.) vorliegen, ist quantitativ jedoch kaum zu erfassen. Diesbezügliche Berechnungen und Auswertungen der Infiltrationsmengen scheitern an der Unverhältnismäßigkeit zwischen den Messgenauigkeiten der Abflusswerte und den zu erwartenden Versickerungsmengen.

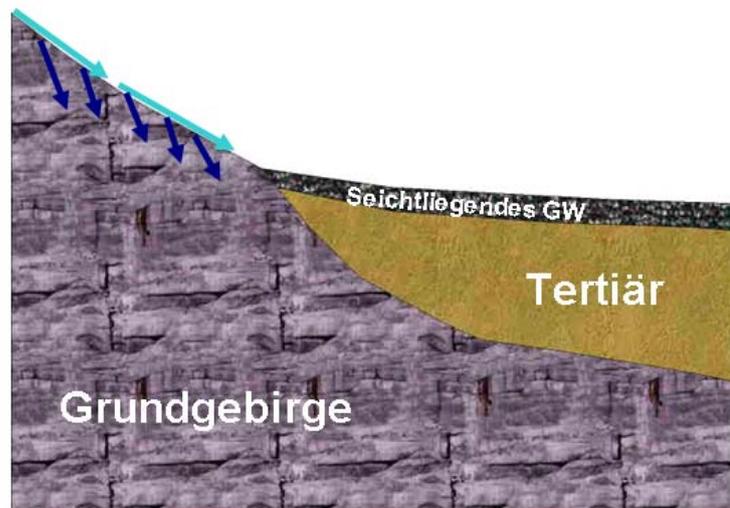


Abbildung 276: Wasserpfad 7 – Versickerung von Flüssen im Bereich des Grundgebirges

Da Grundwasser im Grundgebirge jedoch nur entlang der Wasserpfade 3 und 4 für die Neubildung von Tiefengrundwasser in Erscheinung tritt, d.h. nur indirekt durch eine Alimentation aus dem Festgestein in die seichtliegenden Grundwasserkörper oder direkt in die Tiefenaquifere Bedeutung erlangen kann, ist der Wasserpfad 7 nur in Zusammenhang mit Wasserpfad 3 und 4 relevant. Eine weitere Quantifizierung von Wasserpfad 7 ist daher nicht erforderlich und methodisch auch kaum möglich.

10.1.7.9 Wasserpfad 8 – Flüsse alimentieren die seichten Grundwasserkörper

Wasserpfad 8 beschreibt die Kommunikationsmöglichkeit zwischen den Flüssen und den seichtliegenden Grundwasserkörpern. Da es innerhalb dieses Kapitels nur um die Neubildung von Tiefengrundwasser geht, wird nur die Versickerung von Flüssen in die seichtliegenden Grundwasserkörper beschrieben. Die Beschreibung von Exfiltrationsvorgängen von Grundwasser in die Flüsse wird daher an dieser Stelle vernachlässigt. Grundsätzlich wird in Bereichen, wo seichtliegende Grundwasserkörper als flussbegleitendes Grundwasser existieren, eine Kommunikation bestehen. Dies ist auch anhand von Ganglinienvergleichen nachvollziehbar.

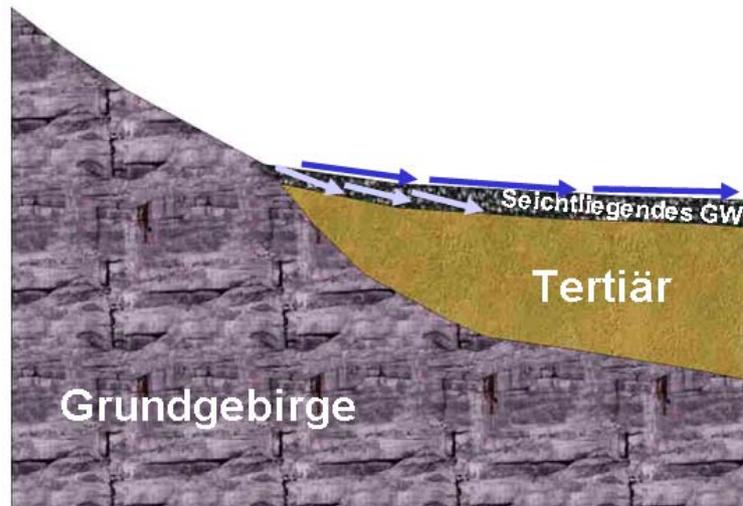


Abbildung 277: Wasserpfad 8 - Flüsse alimentieren die seichtliegendes Grundwasserkörper

Die Alimentation des oberflächennahen Grundwassers durch die Flüsse ist in Teilbereichen des NANUTIWA-Gebietes mit Sicherheit vorhanden. Von quantitativer Bedeutung für den Mechanismus der Tiefengrundwasserneubildung ist dieser Wasserpfad jedoch nur in kleinen Bereichen des NANUTIWA-Gebietes. Diese Feststellung resultiert aus der geringen mengenmäßigen Bedeutung der seichtliegenden Grundwasserkörper in weiten Teilen des NANUTIWA-Gebietes.

10.1.7.10 Wasserpfad 9 – Niederschlag alimentiert direkt die Tiefenaquifere

Wasserpfad 9 beschreibt die Neubildung von Tiefengrundwasser aus der direkten Versickerung von Niederschlag in die Tiefenaquifere. Diese direkte Neubildung von Tiefengrundwasser aus der Versickerung von Niederschlag kann nur dort vorliegen, wo Tiefenaquifere an der Geländeoberfläche auskeilen. Ist dies der Fall, so kann jene Niederschlagsmenge, die entsprechend der Wasserbilanz verfügbar ist (siehe Kapitel 10.3), zur Neubildung von Tiefengrundwasser führen. Abbildung 278 beschreibt diese Möglichkeit der Tiefengrundwasserneubildung.

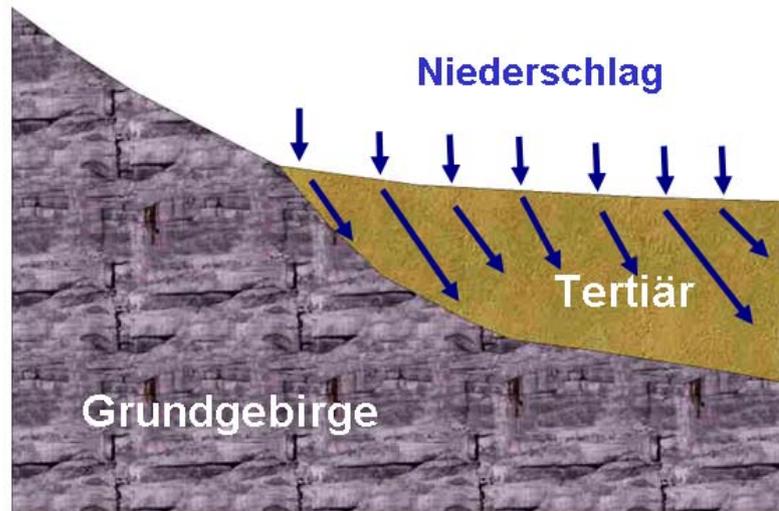


Abbildung 278: Wasserpfad 9 – Niederschlag versickert direkt in die Tiefenaquifere

Überall dort, wo im Hangenden der Tiefenaquifere seichtliegende, unergiebigere Aquifere vorliegen, kann davon ausgegangen werden, dass eine direkte Versickerung von Niederschlag in die Tiefenaquifere nur in sehr geringem Umfang möglich ist. Anderenfalls müssten die seichtliegenden Grundwasserkörper einen vermehrten Wasserdurchsatz anzeigen (siehe Wasserpfad 6). Das Potenzial für die Versickerung von Niederschlag ergibt sich aus der Wasserbilanz, welche in Kapitel 10.3 näher beschrieben ist. Da die Niederschlagsmenge im NANUTIWA-Gebiet sehr gering und die Verdunstung vergleichsweise hoch ist, bleibt für die Neubildung von Grundwasser nur ein kleiner Anteil der Gesamtniederschlagsmenge übrig. Die in der Wasserbilanz errechnete Neubildungsmenge reduziert sich für die Neubildung von Tiefengrundwasser noch um jene Menge, die auf kurzem Weg wieder vorflutwirksam wird.

Die Ganglinienanalysen zeigen, dass auch in Zeiten extremer Trockenheit eine Neubildung der Tiefengrundwasser erfolgt. Diese Neubildung kann nicht aus dem direkten Versickern von Niederschlag resultieren, da in diesen Zeiten hohe Evaporation und Bodenaufnahmefähigkeit besteht und keine Grundwasserneubildung existiert, sondern nur auf die Neubildung aus Flüssen zurückgeführt werden kann. Andererseits zeigen die Ganglinienanalysen, dass Herbst- und Winterniederschlag zu einer Neubildung von Tiefengrundwasser beitragen (siehe Kapitel 10.1.1.1).

10.1.7.11 Wasserpfad 10 – Flüsse alimentieren direkt die Tiefenaquifere

Die Flüsse, die den heutigen Verlauf der Haupttäler geprägt haben und entlang denen sie heute fließen, stellen das mit Abstand größte Dargebot verfügbaren Wassers für die Neubildung der Tiefengrundwasser im NANUTIWA-Gebiet dar.

Liegen Bereiche bzw. Flussabschnitte vor, wo der Wasserkörper der Flüsse an durchlässige Bereiche von Tiefenaquiferen grenzt, so kann es zu einer Versickerung von Flüssen kommen. Abbildung 279 stellt diesen Teilmechanismus der Grundwasserneubildung schemenhaft dar.

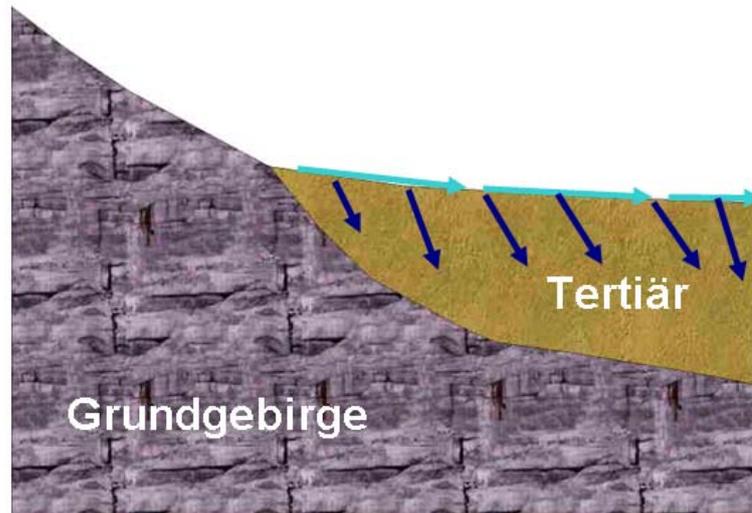


Abbildung 279: Flüsse alimentieren direkt die Tiefenaquifere

Von besonderer Bedeutung ist dieser Mechanismus, wo grobklastische Sedimente der tertiären Beckenfüllung an der Flusssohle oder in den Uferbereichen der Flüsse vorliegen oder wo dieser Kontakt durch Erosion des Flusses z.B. in Rinnenstrukturen entstanden ist.

Von erhöhter Bedeutung sind in diesem Zusammenhang Bereiche, wo die Grenzfläche zwischen Tiefenaquifer und Flusssohle besonders groß ist oder die Durchlässigkeit des Tiefenaquifers bei geringer Flusskolmatierung hoch ist. Ersteres trifft im Bereich von naturbelassenen Flussabschnitten zu und wird durch die Flussverbauung ungünstig beeinflusst. Bereiche erhöhter Durchlässigkeiten der Tiefenaquifere und Nettomächtigkeiten treten im Bereich grober Sedimente auf. Solche Zonen sind im Bereich des Übertrittes der Lafnitz, der Pinka und auch der Feistritz von der Grundgebirgsumrahmung in das Tertiärbecken mit Lockersedimenten bekannt. Weiters ergeben sich Infiltrationszonen im Bereich des Auskeilens der Tiefenaquifere an der Flusssohle in zentralen Beckenbereichen. Dass die Tiefengrundwasserneubildung durch Flüsse eine wesentliche Komponente darstellt, ist anhand einiger Fakten nachvollziehbar dokumentiert.

Eine wesentliche Basis dieser Zusammenhänge sind die in den Kapiteln 10.1.1.2 und 10.1.3.1 beschriebenen Ganglinienanalysen und Abflussmessungen.

10.1.8 Resultierende Überlegungen

Die zusammenfassende Betrachtung der möglichen Wasserwege, die für die Neubildung von Tiefengrundwasser relevant sein können, erfolgt auf Basis von Abbildung 280.

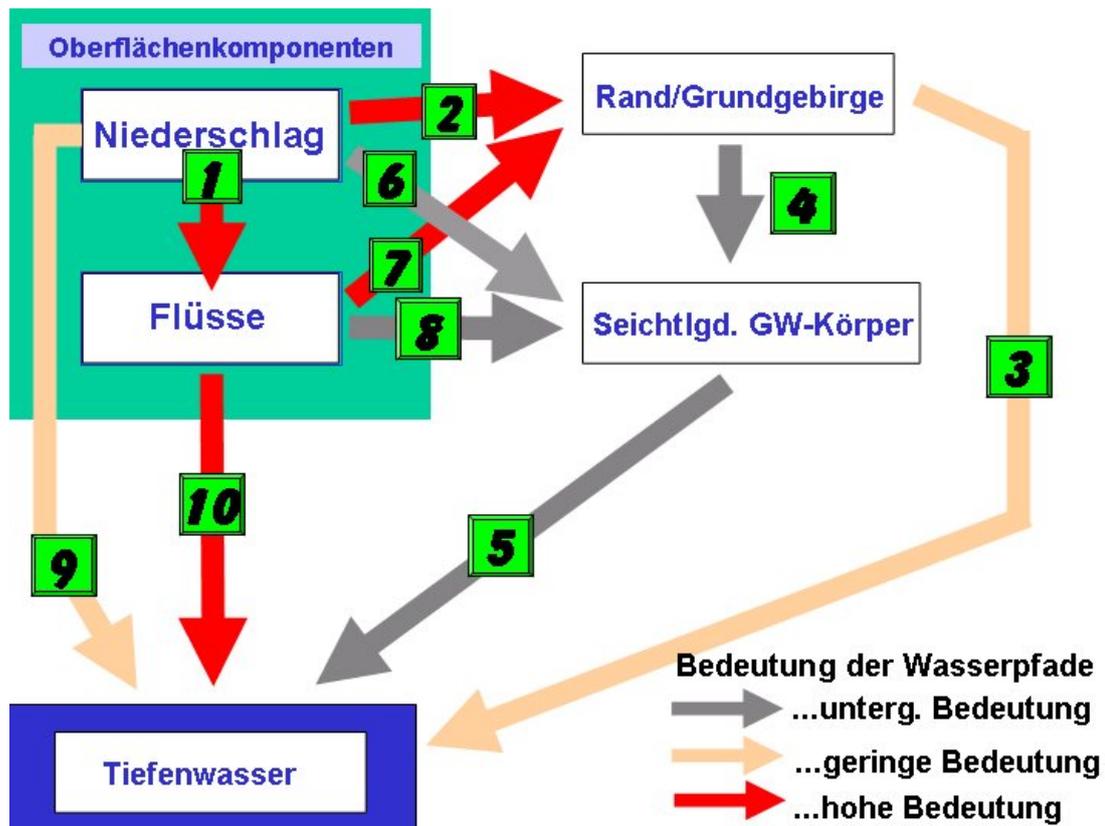


Abbildung 280: Bedeutung der möglichen Wasserpfade für die Neubildung von Tiefengrundwasser

Der Wasserpfad 10 ist aufgrund der beschriebenen Zusammenhänge von größter Bedeutung für die Neubildung von Tiefengrundwässern. Eine geringere Bedeutung ist den Wasserpfaden 3 und 9 zuzuordnen. Beide Wasserpfade fordern Untergrundeigenschaften, die nur in kleinen Teilen des Projektgebietes von NANUTIWA vorliegen. Wasserpfad 5 kann zwar in einzelnen, kleinräumigen Gebieten für die Neubildung von Tiefengrundwasser relevant sein, besitzt jedoch auch in diesen nur untergeordnete Bedeutung.

10.2 Hydrologische Datenbasis und Rahmenbedingungen

10.2.1 Meteorologische Rahmenbedingungen

Die folgenden Beschreibungen sind aus dem „Wasserversorgungsplan Steiermark“ und „Klimatographie und Klimaatlas von Burgenland“ abgeleitet und wurden entsprechend dem Projektgebiet von NANUTIWA adaptiert.

Das Steirische und Burgenländische Randgebirge wirkt hauptsächlich als Staugebiet für südliche Strömungen, die jedoch besonders während der Wintermonate kaum wirksam werden. Von Bedeutung sind jedoch zyklonale Strömungen, vor allem die bekannte „Zugstraße V b“, eines von der

Adria über Ungarn gegen Polen abziehenden Mittelmeertiefs, welches vor allem im Herbst zu mehrtägig anhaltenden Niederschlägen führen kann.

Während der Sommermonate können vor allem Nord- und Nordwestwetterlagen teils heftige Gewitter auslösen, welche letztlich zu einem ausgeprägten Sommermaximum der Niederschläge führen können.

Das NANUTIWA-Gebiet ist gegen Nordenwesten durch Gebirge und Höhenzüge abgeschirmt und gegen Osten und Süden geöffnet. Hier kommen somit fast nur zyklonale und thermisch-turbulente Vorgänge, insbesondere bei Frontdurchgängen, zur Geltung. Diese führen im Frühsommer und Sommer zu teils heftigen Wärmegewittern, welche dieses Gebiet als gewitterreichste Region Österreichs prägen. Anhaltende Südwestströmungen können aber auch zu langanhaltenden Trockenperioden (zuletzt 1992-1993 sowie 2002-2003) führen, die oft von heftigen Gewittern beendet werden können. Während Gewitter und Starkregen häufig lokale Überschwemmungen und Murenabgänge zur Folge haben, bewirken die langanhaltenden Niederschlagsereignisse (meist Summen von 100 mm deutlich überschreitende Herbstregen - wie sie durch Mittelmeertiefs im Zusammenhang mit der Zugstraße V b ausgelöst werden) häufig großflächig wirksame Hochwasserereignisse.

Die Winter sind im allgemeinen hingegen ausgesprochen niederschlagsarm, oft langanhaltend trüb und kalt (Temperaturumkehr), das Frühjahr ist eher wechselhaft und windig. Erwähnenswert sind die gegen Jahresende häufig auftretenden, durch Südströmungen bewirkten „Weihnachtstauwetter“, die im Zusammenwirken von Niederschlag und Schneeschmelze zu Hochwasser führen können.

Abbildung 281 zeigt die Verteilung der mittleren Niederschlagsjahressumme im NANUTIWA-Gebiet. Datenbasis der Niederschlagsverteilung auf steirischem Gebiet bildet der Wasserversorgungsplan Steiermark. Dieser bezieht die mittlere Niederschlagsjahressumme auf die Zeitreihe zwischen 1971 und 1995.

Datenbasis der Niederschlagsverteilung im burgenländischen NANUTIWA-Bereich bildet „Klimatographie und Klimaatlas von Burgenland“ (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, 1996). Die Niederschlagsauswertungen dieses Werkes beziehen sich auf die Zeitreihe zwischen 1961 und 1990.

Aufgrund dieser unterschiedlichen Datenbasis handelt es sich bei der zusammengefassten Kartendarstellung in Abbildung 281 um eine näherungsweise Übersichtsdarstellung, die jedoch ein weitgehend repräsentatives Abbild des Niederschlagsgeschehens liefert.

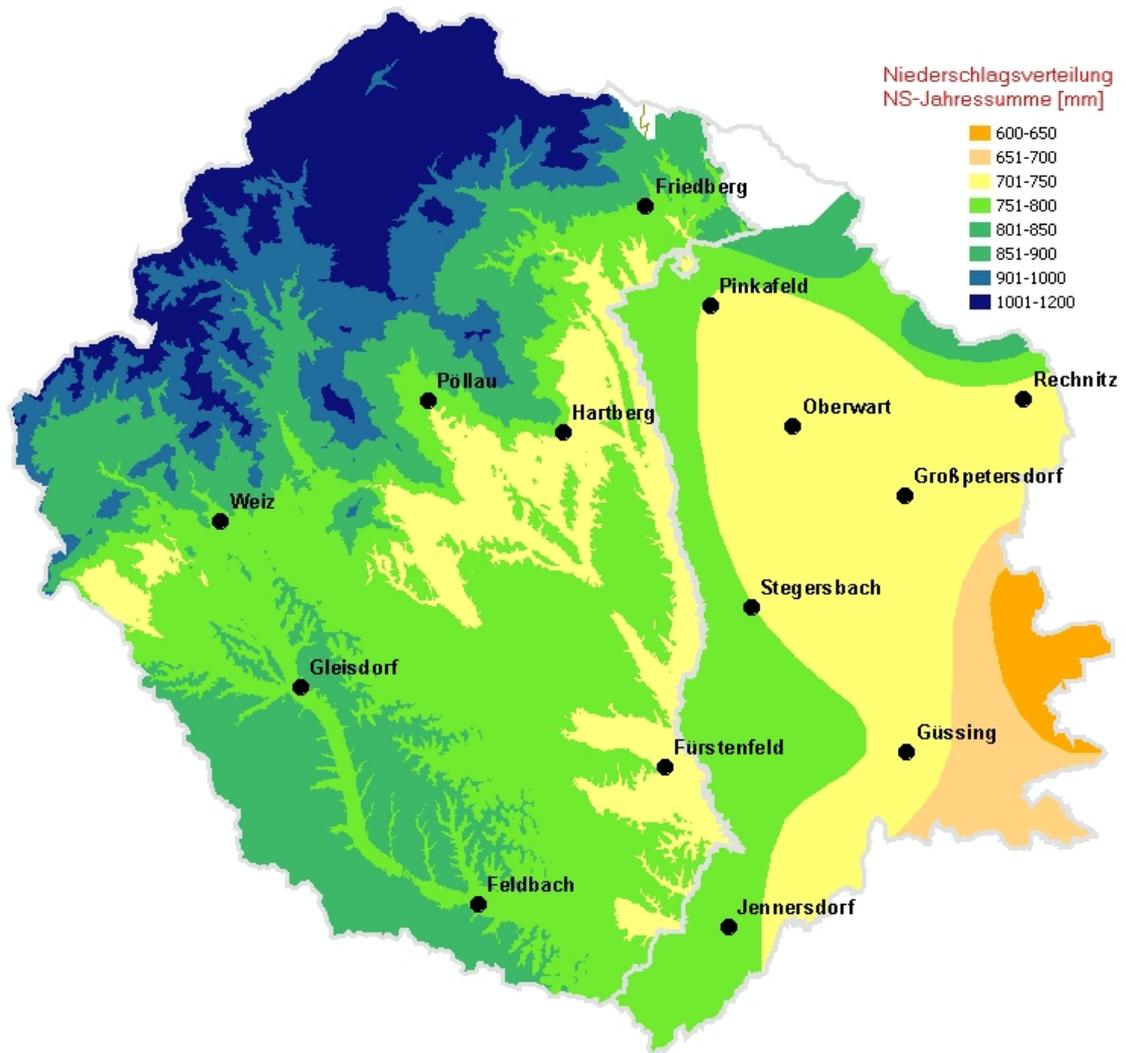


Abbildung 281: Verteilung der mittleren Jahresniederschlagssumme im NANUTIWA-Gebiet

Die zu Abbildung 281 dargestellten Bemerkungen betreffen auch die Abbildung 282 und Abbildung 283. Hinzu kommt, dass Unterschiede im Zeitintervall der Niederschlagssummen existieren. Für das Burgenland lagen die Niederschlagssummen der 4 Jahreszeiten vor, während die Niederschlagsdaten der Steiermark auf das Winter- und das Sommerhalbjahr bezogen sind. Aus diesem Grund entstand bei der Zusammenführung der unterschiedlichen Datenbestände eine geringfügige zusätzlich Unschärfe. Hinsichtlich der Gesamtaussagen sind die entstandenen Unschärfen jedoch von keiner maßgeblichen Bedeutung.

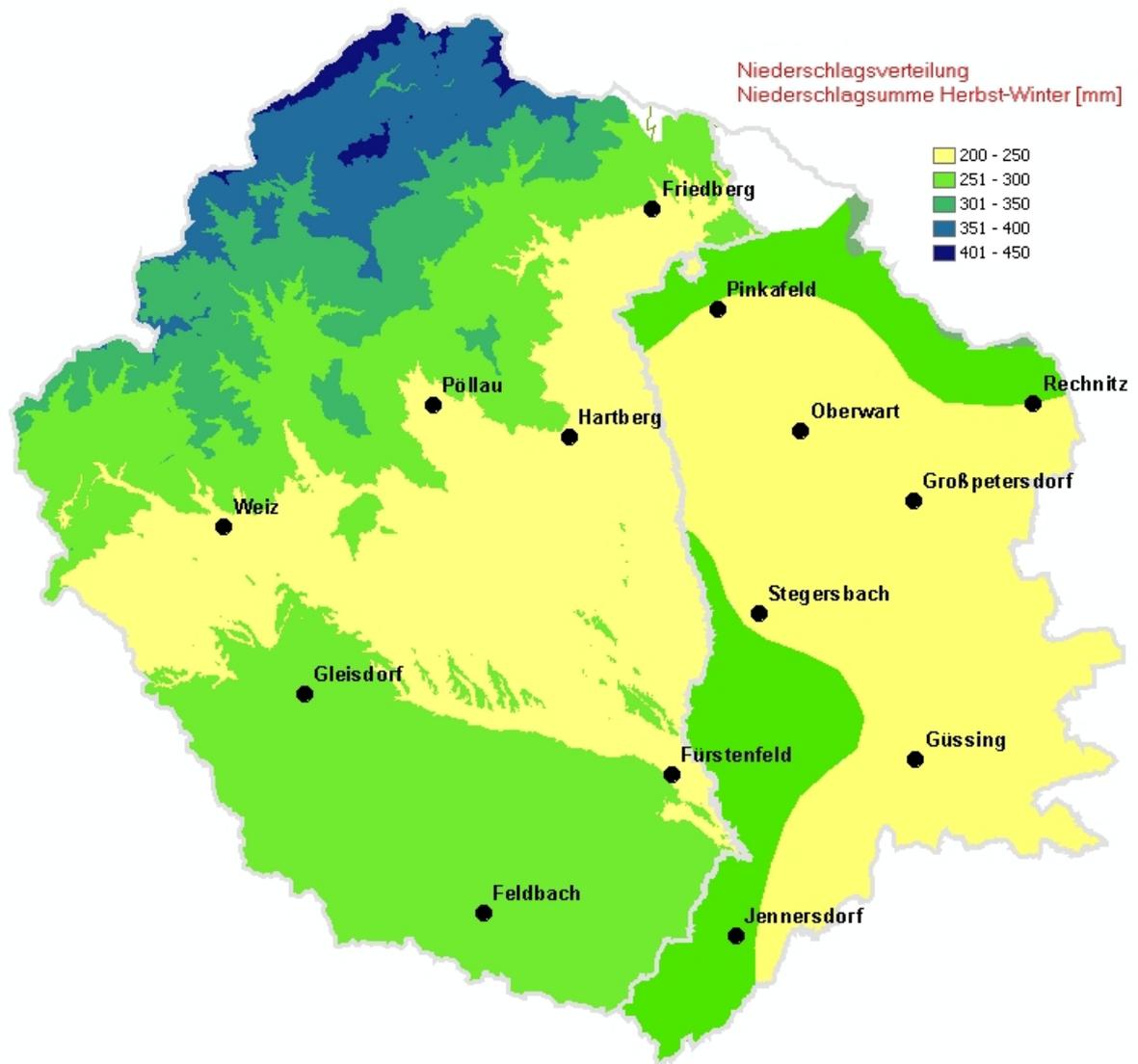


Abbildung 282: Verteilung der mittleren Niederschlagssumme Herbst und Winter im NANUTIWA-Gebiet

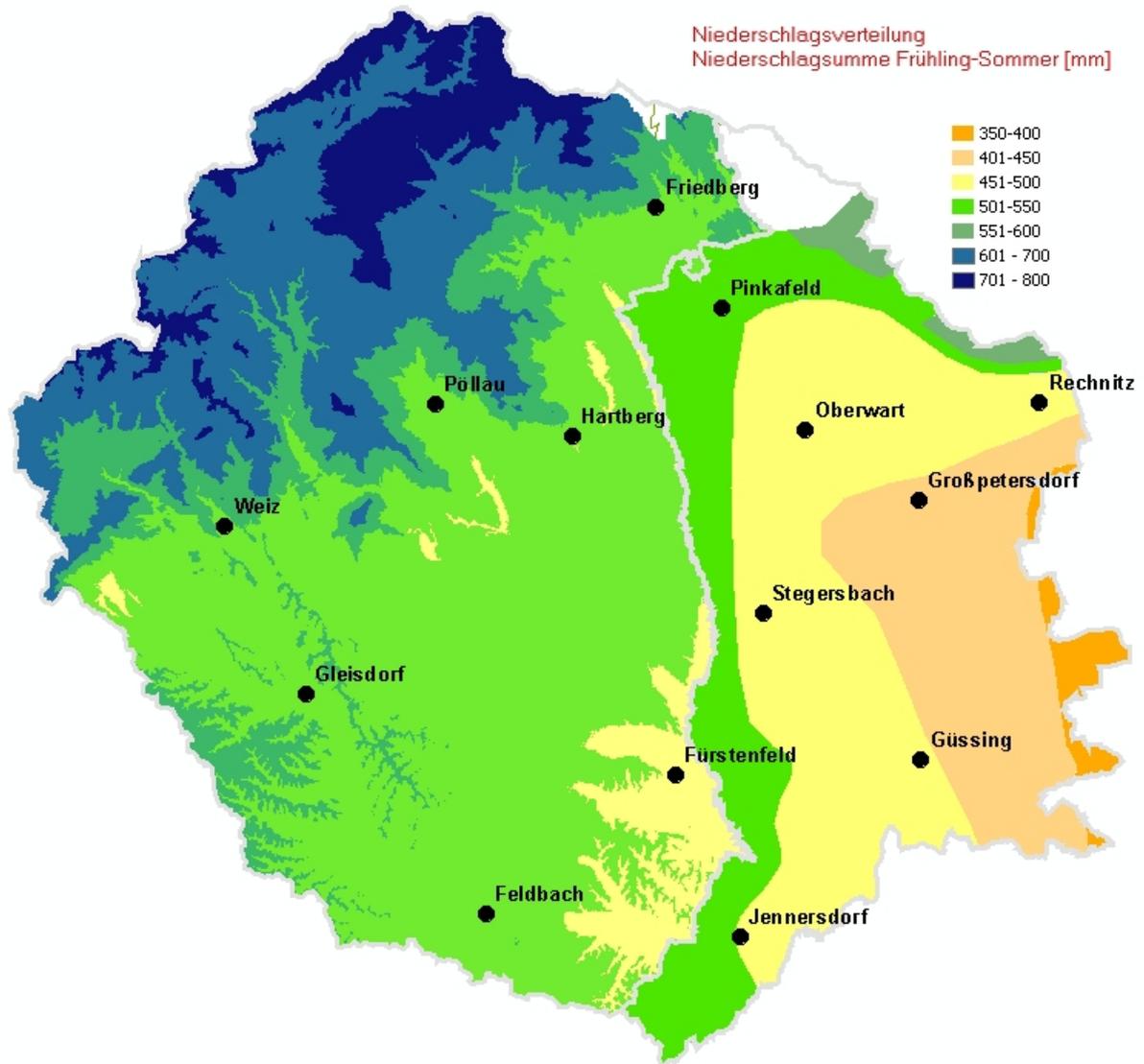


Abbildung 283: Verteilung der mittleren Niederschlagssumme Frühling und Sommer im NANUTIWA-Gebiet

10.2.2 Niederschlagsdaten

In Abbildung 284 sind die erhobenen, digital einheitlich vorliegenden und für die Interpretationen verwendeten Werte der Niederschlagsmessstationen innerhalb des NANUTIWA-Gebietes mit der entsprechenden Beobachtungsdauer dargestellt. In Abbildung 285 ist die Lage der Niederschlagsmessstationen auf GIS-Basis dargestellt.

Alle Niederschlagsdaten sind in ZR-Tools (Software für Zeitreihendarstellung des WRM) einheitlich formatiert und für Vergleiche mit allen hydrologischen Daten, die in NANUTIWA für die Bearbeitung herangezogen wurden, verfügbar.



Abbildung 284: Verwendete Monatssummen des Niederschlags

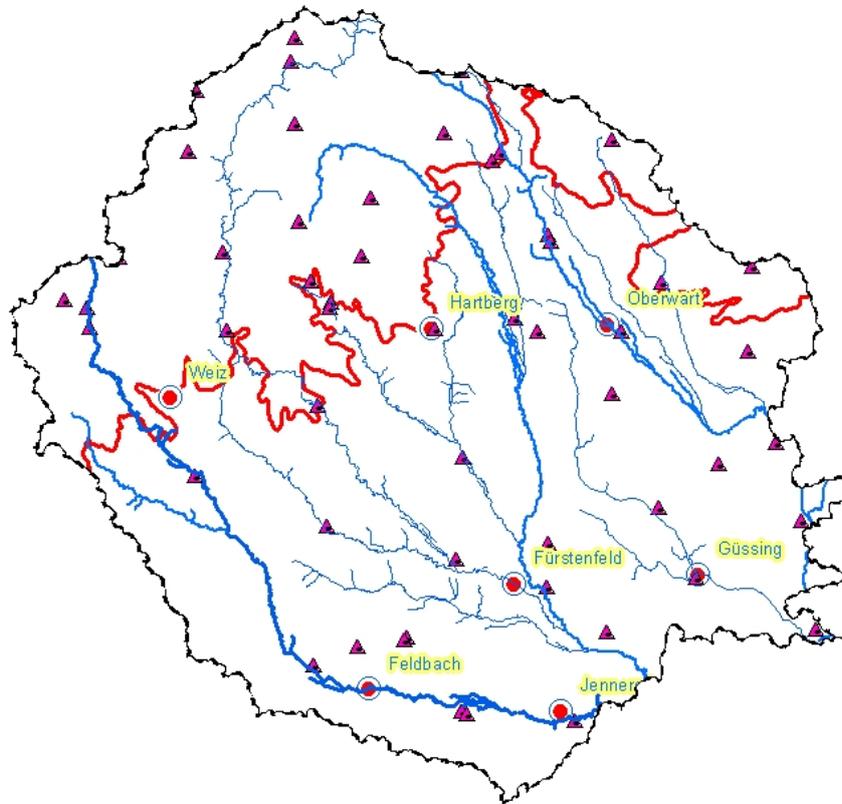


Abbildung 285: Lageplan der Niederschlagsmessstationen der hydrografischen Dienste Steiermark und Burgenland

10.2.3 Landnutzung

Neben den klimatischen Rahmenbedingungen bildet die Bodennutzung einen Aspekt im Zusammenhang mit der Ermittlung der Evapotranspiration. Die Landnutzungsdaten entstammen dem frei zugänglichen Programm CORINE (siehe Abbildung 286).

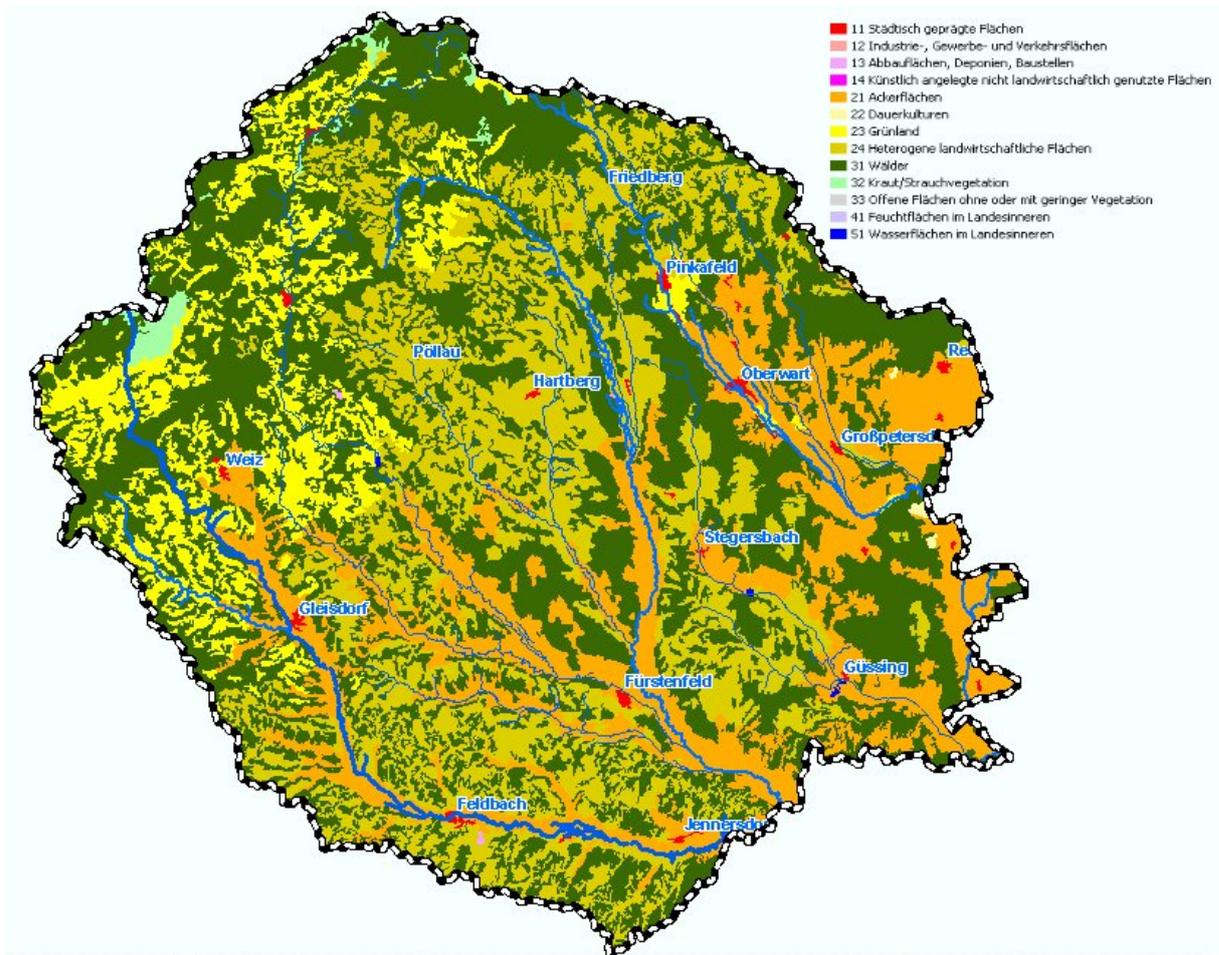


Abbildung 286: Landnutzung im NANUTIWA-Gebiet (Basis: CORINE)

10.2.4 Abgrenzung von Einzugsgebieten

Die Genese der Tiefengrundwässer hängt sehr wesentlich mit den Oberflächengewässern im Projektgebiet zusammen. Die wichtigsten Oberflächengewässer (Raab, Feistritz, Lafnitz, Pinka) haben ihren Ursprung weit außerhalb des Sedimentbeckens im Bereich des Randgebirges, wo sie letztendlich sehr wesentlich zur Neubildung der Tiefengrundwässer beitragen.

10.2.4.1 Orografische Einzugsgebiete

Das gesamte Projektgebiet von NANUTIWA befindet sich im orografischen Einzugsgebiet der Raab, in welches alle anderen Flüsse des Gebietes münden.

Das obere Einzugsgebiet der Raab wird im Hinterland von Weiz durch das Grazer Paläozoikum geprägt. Karbonatische Serien wechseln hier mit Tonschiefern und erzeugen ein stark differenziertes hydrogeologisches Bild. Die größeren Quellen aus den paläozoischen Kalken sind entweder an lithologische Schichtgrenzen oder an die unmittelbare Vorflut der Raab oder des Weizbaches gebunden.

Weiter im Nordosten, im Einzugsgebiet der Feistritz und der Lafnitz herrschen nahezu ausschließlich kristalline Gesteine vor. Im folgenden werden einige Fotografien aus dem Gesamteinzugsgebiet dargestellt (siehe Abbildung 287 - Abbildung 293).



Abbildung 287: Bucht von Passail – Einzugsgebiet der Raab



Abbildung 288: Oberstes Einzugsgebiet der Raab



Abbildung 289: Oberlauf der Pinka bei Glashütten



Abbildung 290: Gneisaufschluss im Einzugsgebiet der Lafnitz



Abbildung 291: Vorauer Randbucht – Einzugsgebiet der Lafnitz



Abbildung 292: Einzugsgebiet der Pöllauer Safen



Abbildung 293: Panorama im Einzugsgebiet der Feistritz bei Rettenegg

10.2.4.2 Hydrografische Einzugsgebiete

Da im gesamten Projektgebiet nur in kleinen Bereichen karbonatische Gesteinstypen, die zur Verkarstung neigen, existieren, kann für die weiteren Überlegungen und Auswertungen angenommen werden, dass die orografischen Einzugsgebiete weitgehend den hydrografischen entsprechen. Eine Ausweisung der Teileinzugsgebiete erfolgt in Kapitel 10.3.

10.2.5 Einzugsgebiete, Abflussdaten

Um das Projektgebiet von NANUTIWA hinsichtlich der Grundwasserneubildung möglichst detailliert bearbeiten zu können, war die Unterteilung in Teileinzugsgebiete erforderlich. Diese Unterteilung erfolgte entsprechend den verfügbaren Abflusspegeln mit Abflussdaten der hydrografischen Dienste. Für das Projektgebiet von NANUTIWA ergaben sich dadurch 31 Teileinzugsgebiete, die durch eine entsprechende Anzahl von Abflusspegeln repräsentiert werden (siehe Abbildung 294).



Abbildung 294: Einzugsgebiete und Abflussmessstellen

Die orografischen Einzugsgebiete wurden von den GIS-Abteilungen der beteiligten Länder in digitaler Form zur Verfügung gestellt. Die Einzugsgebietsgrenzen mussten allerdings in verschiedenen Details (Lücken und Überlappungsbereiche) überarbeitet werden.

Für die Abgrenzung und Flächenermittlung der (insgesamt 31) Einzugsgebiete standen einerseits die Jahrbücher des Hydrografischen Dienstes und andererseits Rohdaten der GIS-Abteilungen zur Verfügung. Aufgrund von Differenzen zwischen diesen beiden Datenquellen wurden für die weiteren Berechnungen ausschließlich die auf GIS-Basis ermittelten Einzugsgebietflächen herangezogen (siehe Tabelle 31).

Die Größe und Lage der Einzugsgebiete orientiert sich an den berücksichtigten Abflussmessstellen, sodass jeweils gesicherte Rohdaten der Oberflächenzuflüsse und Oberflächenabflüsse für diese Einzugsgebiete angegeben werden können.

Die das Südburgenland betreffenden Einzugsgebiete wurden hinsichtlich ihrer Außenabgrenzung im Norden bis zur Wasserscheide Aspang-Kirchschlag in der Buckligen Welt (Flussgebietsgrenze zweiter Ordnung gemäß hydrografischem Jahrbuch) ausgedehnt. Die Abgrenzung der Einzugsgebiete im Osten bis zu jenem Bereich, wo die Pinka die österreichisch-ungarische Staatsgrenze markiert,

stellen ebenfalls Wasserscheiden dar. Im Bereich des Einzugsgebietes Pinka / Gaas konnte ein kleinerer Anteil des Einzugsgebietes auf ungarischem Staatsgebiet nicht berücksichtigt werden. Dies ist für die Gesamtbetrachtung jedoch von untergeordneter Relevanz.

Schlussendlich bleiben auch die südlichsten Anteile flussabwärts des Pegels Neumarkt (Raab), des Pegels Eltendorf (Lafnitz), des Pegels Heiligenbrunn (Strembach) sowie des Pegels Gaas (Pinka) bis zum Übertritt auf ungarisches Staatsgebiet unberücksichtigt, da im Bereich der Grenzübertritte keine Abflussmessstellen vorliegen. Diese südlichen Anteile knapp vor den jeweiligen Grenzübertritten wirken sich jedoch auf die Summe der zu quantifizierenden Bilanzparameter nicht wesentlich aus.

Flußgebiet - Pegel	EZG-Nr.	Fläche [km²]
Feistritz-Anger	1	339,8
Feistritz-Maierhofen	2	194,6
Feistritz-Rettenegg	3	68,1
Ilzbach-Neudorf	4	190,5
Lafnitz-Dobersdorf	5	136,9
Lafnitz-Eltendorf	6	246,0
Lafnitz-Hammerkastell	7	19,9
Lafnitz-Rohrbach	8	268,7
Lafnitz-Woerth	9	82,2
Pinka-Burg	10	71,6
Pinka-Gaas	11	69,4
Pinka-Oberwart	12	41,3
Pinka-Pinggau	13	34,9
Pinka-Pinkafeld	14	98,0
Pinka-Woppendorf	15	124,0
Raab-Arzberg	16	119,6
Raab-Feldbach	17	190,8
Raab-Neumarkt	18	299,7
Raab-St.Ruprecht	19	81,8
Raab-Takern II	20	104,7
Rabnitzbach-Flöcking	21	93,5
Safenbach-Waltersdorf	22	345,9
Stögersbach-Markt Allhau	23	69,6
Strem-Bocksdorf	24	88,2
Strem-Güssing	25	122,1
Strem-Heiligenbrunn	26	176,7
Strem-Rauchwart	27	5,3
Tauchenbach-Altschlaining	28	89,4
Tauchenbach-Hannersdorf	29	86,0
Weizbach-St.Ruprecht	30	100,5
Zickenbach-Siget	31	119,2

Tabelle 31: Teileinzugsgebiete als Basis der Berechnung der Wasserbilanz

Für die Fragestellung der Neubildung der Tiefengrundwässer ist die Berechnung der Wasserbilanz in den Einzugsgebieten im Bereich des Randgebirges von untergeordneter Bedeutung, da dieser

Bereich hauptsächlich indirekt (d.h. durch die Oberflächengewässer) für die Neubildung von Tiefengrundwässern relevant ist. Aus diesem Grund können Datenunsicherheiten, die sich aufgrund der Geländemorphologie in diesen Gebieten ergeben, vernachlässigt werden. Aus Gründen der Vollständigkeit werden diese Gebiete jedoch in die Wasserbilanzberechnungen einbezogen.

Aufgrund der Datenlage und der Analyse unterschiedlicher methodischer Ansätze wird die Wasserbilanz der Länder Burgenland und Steiermark vorerst getrennt betrachtet. In einer abschließendem zusammenfassenden Bewertung werden die Berechnungsergebnisse jedoch zusammengeführt und entsprechend dem gesamten Projektgebiet von NANUTIWA beschrieben.

Abbildung 295 fasst die im Rahmen von NANUTIWA aufbereiteten Abflussdaten und deren Messintervalle übersichtlich zusammen. Abbildung 296 stellt die Lage der betrachteten Abflusspegel dar.

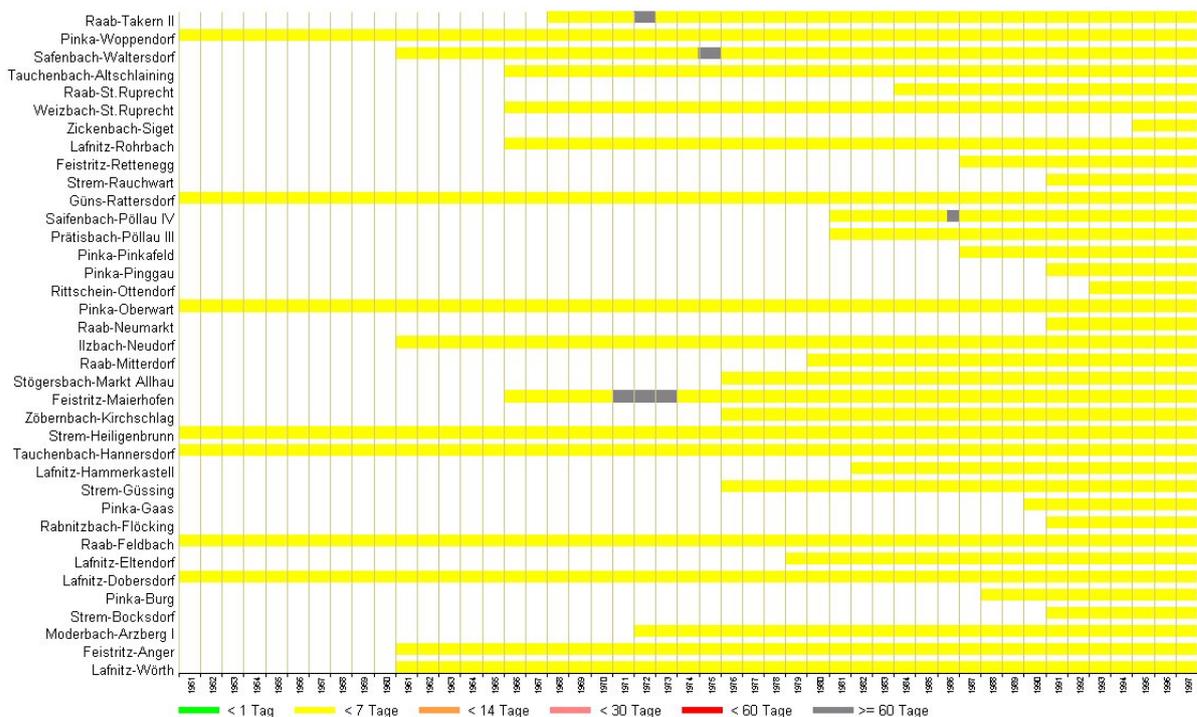


Abbildung 295: Verwendete Tagesmittel der Abflusswerte

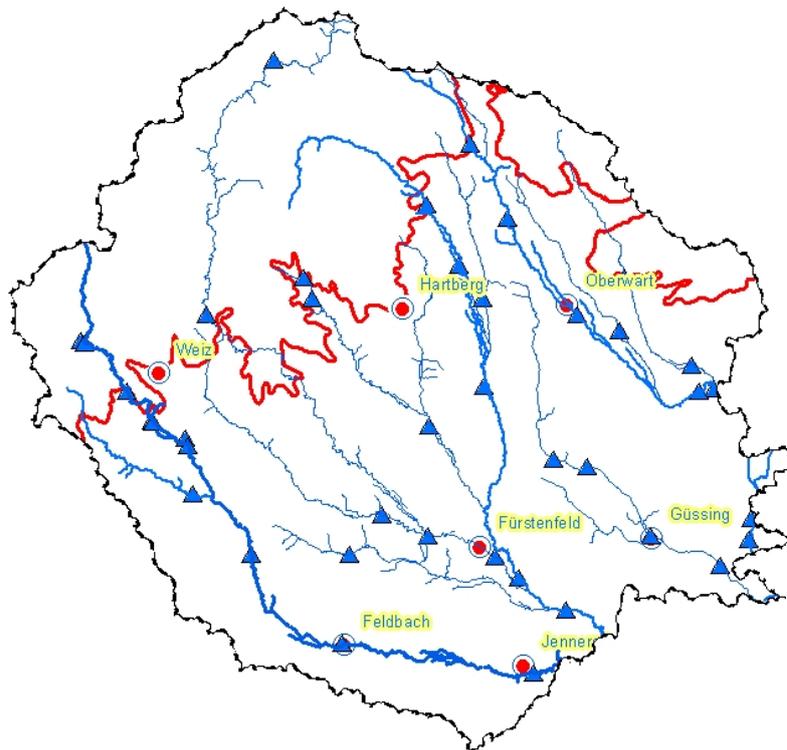


Abbildung 296: Lageplan der Abflusspegel der hydrografischen Dienste

10.3 Wasserbilanz

10.3.1 Methodische Ansätze

Die Ermittlung der Wasserbilanz mit dem Ziel der Berechnung der Neubildung der Tiefengrundwässer kann auf Basis verschiedener Konzepte erfolgen. Im Rahmen des Projektes NANUTIWA kamen verschiedene Lösungsansätze zum Einsatz, die entsprechend unterschiedliche Ergebnisse der gesamten Grundwasserneubildung erbrachten.

Die Differenzen zwischen den einzelnen methodischen Ansätzen waren jedoch durchaus zu erwarten, was im konzeptionellen Ansatz der Verfahren begründet ist.

Grundsätzlich waren für alle Verfahren ähnliche Arbeitsschritte erforderlich:

- Abgrenzung von orografischen Teileinzugsgebieten unter Zugrundlegung vorhandener Abflussmesspegel der hydrografischen Dienste
- Ermittlung der Wasserbilanz-Parameter (Niederschlag, Verdunstung, Oberflächenabfluss)
- Berechnung der Grundwasserneubildung auf Basis der Wasserbilanzparameter

- Da der Niederschlag und die Abflusswerte auf den Daten des Hydrografischen Dienstes basieren, bestehen zwischen den verwendeten methodischen Ansätzen im wesentlichen nur Unterschiede in der Methodik der Berechnung der Evapotranspiration.
- Weiters besteht ein verfahrensabhängiger Interpretationsspielraum bezüglich der Umsetzung der Wasserbilanzparameter auf die Neubildung der Tiefengrundwässer, die ja nur zum Teil am kurzfristigen hydrologischen Kreislauf teilnehmen. Aus diesem Grund entsteht zwangsläufig eine Unschärfe in der Wasserbilanz der Tiefengrundwässer.
- Weiters ist einleitend festzustellen, dass sich die Ermittlung der Grundwasserneubildung generell auf die gesamte Grundwasserneubildung eines Einzugsgebietes bezieht. Im Projekt NANUTIWA wäre jedoch eine Trennung der gesamten Neubildungskomponenten in eine Tiefengrundwasserneubildung und eine Neubildung seichtliegenden Grundwassers erforderlich. Nur so ist das Dargebot der Tiefengrundwässer bewertbar. In der Praxis gestaltet sich diese Anforderung äußerst komplex und schwierig.

10.3.2 Steiermark und Burgenland

Im steirischen Teil des NANUTIWA-Gebietes erfolgte die Ermittlung der Grundwasserneubildung einerseits auf Basis von neuen Detailberechnungen innerhalb des Projektes NANUTIWA und andererseits auf Basis von Informationen aus dem Wasserversorgungsplan Steiermark.

10.3.2.1 Analyse der Oberflächenabflüsse

Aus den Abflussdaten der vorhandenen Pegel wurden Monatsmittel gebildet, um die einzugsgebietsspezifischen Abflüsse aus der Differenz zwischen Abfluss und Zufluss der repräsentativen Abflusspegel ermitteln zu können. Damit erhält man Abflussszuwächse oder Abflussverluste für die einzelnen Teileinzugsgebiete (Detailauswertungen hierzu siehe Kapitel 10.3.4.2).

10.3.2.2 Evapotranspiration

Grundsätzlich muss zwischen aktueller und potentieller Evapotranspiration unterschieden werden. So ist die potentielle Evaporation (E_p) im Anschluss an die Definition von H.L. PENMAN (1956) und der WMO (1966) jene maximale Wasserdampfmenge, die von einer mit Wasser vollständig gesättigten, leblosen Oberfläche pro Flächen- und Zeiteinheit unter den bestehenden atmosphärischen Bedingungen abgegeben werden kann.

Die potentielle ET (ET_p) ist dann jene maximale Wassermenge, die von einer stets wassergesättigten, den ganzen Boden bedeckenden Vegetationsfläche verdunsten kann. Es wird also vereinfachend der maximal mögliche Wasserverlust meist alleine auf Grund der atmosphärischen Bedingungen

abgeschätzt und der berechnete Wert mittels zusätzlicher Faktoren den jeweiligen pflanzenspezifischen Bedingungen angepasst.

10.3.2.2.1 Ermittlung der Verdunstung in Teileinzugsgebieten

Die Verdunstung ist ein wesentlicher Bestandteil des Wasserkreislaufes. Der Vorgang der Verdunstung ist ein komplexer physikalischer Prozess, der je nach meteorologischen Gegebenheiten, Bodenart, Beschaffenheit und Bewuchs der Bodenoberfläche, Tages- und Jahreszeit, Höhenlage und anderen Faktoren starken Schwankungen unterliegt. Man kann mehrere Formen der Verdunstung unterscheiden, je nachdem von welcher Oberfläche und deren momentanen Eigenschaften der Verdunstungsvorgang seinen Ausgang nimmt. So spricht man von Evaporation (E), wenn Wasser von unbewachsenem Boden oder einer freien Wasserfläche verdunstet. Bei unbewachsenem Boden spielen neben den äußeren meteorologischen Gegebenheiten, die die Verdunstungskraft der Atmosphäre steuern, vor allem der bodenphysikalische Zustand, wie z.B. der Wassergehalt des Bodens und dessen Verteilung mit der Tiefe und die Tiefenlage des Grundwasserspiegels, eine entscheidende Rolle.

Transpiration („Blattverdunstung“, T) nennt man den Vorgang der Abgabe von Wasser an die Atmosphäre durch die oberirdischen Organe der Pflanzen. Hier hängt die Intensität der Transpiration zunächst auch von der Verdunstungskraft der Atmosphäre ab. Da jedoch die Pflanze ihr Wasser aus dem Boden bezieht, erfolgt eine wesentliche Kontrolle der Transpiration durch die Prozesse, die sich beim Fluss des Wassers aus dem Bodenraum abspielen. Die Transpiration hängt im Wesentlichen von drei Faktoren ab, nämlich den atmosphärischen, den bodenphysikalischen und den pflanzenphysiologischen. Man spricht in diesem Zusammenhang von der Transpiration als der physiologisch regulierten Verdunstung. Die Zusammenziehung der beiden Begriffe Evaporation und Transpiration ergibt die Evapotranspiration (ET), unter der man den Gesamtwassertransfer in die Atmosphäre pro Einheit der bewachsenen Bodenfläche versteht.

10.3.2.2.1.1 Messung der potentiellen Verdunstung mittels Verdunstungswannen

Wegen der Komplexität des Verdunstungsprozesses ist es recht schwierig, die Verdunstung auf direktem Weg (z.B. durch Lysimeter) zu bestimmen. Mit Verdunstungswannen, die weltweit in Verwendung stehen, kann nur die **potentielle Verdunstung** gemessen werden.

Im Bereich des Projektgebietes von NANUTIWA existiert eine Verdunstungsmessstelle in Graz-Messendorf. In Tabelle 32 sind die entsprechenden Daten für die Jahre 1977 bis 1995 zusammengefasst.

Jahr	April [mm/Monat]	Mai [mm/Monat]	Juni [mm/Monat]	Juli [mm/Monat]	August [mm/Monat]	September [mm/Monat]	Oktober [mm/Monat]
1980				65	64	33	22
1981	44	48	55	72	60	41	24
1982	43	62	57	63	56	38	15
1983	43	52	53	86	61	37	27
1984	41	36	57	54	51	27	22
1985	35	38	48	64	59	44	23
1986	31	48	53	69	68	38	20
1987	33	47	52	65	36	24	17
1988	35	38	52	66	58	18	13
1989	23	38	40	41	43	27	19
1990	24	43	40	59	49	31	11
1991	10	41	52	40	40	30	14
1992	25	44	48	59	68	31	11
1993	35	54	48	65	46	26	16
1994	27	37	50	58	42	22	12
1995	28	39	32	56	34	19	15
Mittelwert	32	44	49	61	51	30	17

Tabelle 32: Gemessene Verdunstung in mm/Monat (Graz)

Wie man leicht erkennt, treten im mittleren Jahresgang die höchsten Werte zumeist im Juli auf, in Einzeljahren bereits schon im Juni oder erst im August.

10.3.2.2.1.2 Die Ermittlung der realen Verdunstung aus Lysimetermessungen

Im steirischen Klimabereich wird aufgrund der Niederschlagsmenge und deren zeitlicher Verteilung während der Wintermonate praktisch jährlich eine Auffüllung des Bodenwasserspeichers erreicht, sodass die Erstellung von Jahresbilanzen der Verdunstung auch aus nicht wägbaren Lysimetern erfolgen kann.

Im Bereich der Forschungsstation Wagna (Leibnitzer Feld) ergab eine Auswertung der mittleren Jahressumme der aktuellen Evapotranspiration als Restglied von Niederschlag minus Sickerwassermenge eines Jahres für die Periode 1992 bis 1995 bei einer mittleren Jahresniederschlagssumme von 810 mm für die Boden-, Fruchtfolge- und Bewirtschaftungsverhältnisse der Fruchtfolgeparzelle einen Wert von 567 mm und beim zugehörigen Gefäßlysimeter eine mittlere Jahresverdunstung von 599 mm. Im Bereich der Maismonokulturparzelle lagen die entsprechenden Werte bei 438 mm an zwei Wannenlysimetern in 1,5 m Tiefe und bei 476 mm beim zugehörigen Gefäßlysimeter.

Für den Zeitraum 1992 bis 1995 brachte die Auswertung nach RENGER (1990) eine aktuelle Verdunstungsleistung von 513 mm/a.

10.3.2.2.1.3 Ermittlung der potentiellen Evapotranspiration nach PENMAN (1948) für das NANUTIWA-Gebiet

Die im folgenden dargestellten Verdunstungsverhältnisse für das gesamte NANUTIWA-Gebiet wurden aus „Klimatographie und Klimaatlas von Burgenland“ und „Wasserversorgungsplan Steiermark“ abgeleitet. Die Berechnung erfolgte nach dem sogenannten PENMAN-Ansatz., der die Berechnung

von ET_p aus der zur Verfügung stehenden Energie und der Verdunstungskraft der Luft erlaubt. Dies scheint in Anbetracht der guten Datenlage und der gegebenen klimatischen Verhältnisse in Bezug auf das Niederschlagsregime zielführend, allerdings mit den Einschränkungen durch die oben angeführten Definitionen für die potentielle Verdunstung. Die Mittelwerte der potenziellen Verdunstung der Einzelmonate im steirischen Teil des NANUTIWA-Gebietes sind in Tabelle 33 zusammengestellt.

1971 bis 1995	Potentielle Verdunstung nach Penman [mm]												Jahresmittel
	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	
Bad Gleichenberg	0	11	37	63	97	109	120	102	66	34	12	1	653
Fürstenfeld	5	12	37	63	94	107	118	101	63	37	15	4	657
Gleisdorf	3	13	36	61	91	102	114	97	62	33	15	4	629
Graz-Flughafen	2	11	37	66	93	104	114	97	63	33	16	3	639
Graz-Universität	2	12	38	67	94	103	115	98	64	34	15	3	646
Kirchberg-Grafendorf	4	11	34	62	94	103	115	98	64	33	13	5	636
Weiz	0	13	37	62	97	108	117	100	65	34	16	2	651
Mittelwert	2	12	37	63	94	105	116	99	64	34	15	3	644

Tabelle 33: Potenzielle Verdunstung nach PENMAN (1948) im Bereich des NANUTIWA-Gebietes (aus Wasserversorgungsplan Steiermark)

Berechnungsmethodik Steiermark: Unter Verwendung der ermittelten Zusammenhänge zwischen potentieller Evapotranspiration an den Messstellen und der Höhenlage der jeweiligen Messstellen wurde mit Hilfe des Höhenmodells des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen mit einer Rasterweite von 50*50 m die Evapotranspiration für die Fläche der Steiermark ermittelt. Das Ergebnis dieser Regionalisierung für die mittlere Jahressumme der Reihe 1971 bis 1995 ist Abbildung 297 dargestellt. Naturgemäß spiegelt die regionale Verteilung in erster Linie die Höhenverteilung des Untersuchungsgebietes wider. Im Bereich des Sedimentbeckens innerhalb des NANUTIWA-Gebietes treten nur geringfügige Höhenunterschiede auf, die ein sehr einheitliches Bild der potenziellen Evapotranspiration nach PENMAN (1948) ergeben. Für den Beckenanteil des NANUTIWA-Gebietes kann daher von einer Jahres-Evapotranspiration von etwa 650 mm ausgegangen werden.

Berechnungsmethodik Burgenland: Die Verdunstungsmenge im burgenländischen NANUTIWA-Bereich wurde für den Zeitraum 1961 bis 1990 berechnet. Die Verdunstungskarten entstammen „Klimatographie und Klimaatlas von Burgenland“ und wurden im Rahmen des Projektes NANUTIWA digitalisiert. Ähnlich wie in der Berechnungsmethodik der Steiermark erfolgte die Regionalisierung der Verdunstungswerte auf Basis eines Höhenrastermodells mit dem dem Zusammenhang $E=688.2 - 0.1154xH$.

Abbildung 297 stellt eine Kombination der beiden beschriebenen Datenquellen dar, wodurch sich geringe Unschärfen ergeben, die jedoch für die Tiefenwasserneubildung von untergeordneter Bedeutung sind. Generell ergibt sich eine ausgezeichnete Übereinstimmung der Verteilung der potenziellen Verdunstungswerte für das Burgenland und die Steiermark. Im Sedimentbeckenbereich des NANUTIWA-Gebietes kann daher von einem Mittelwert von etwa 650 m ausgegangen werden.

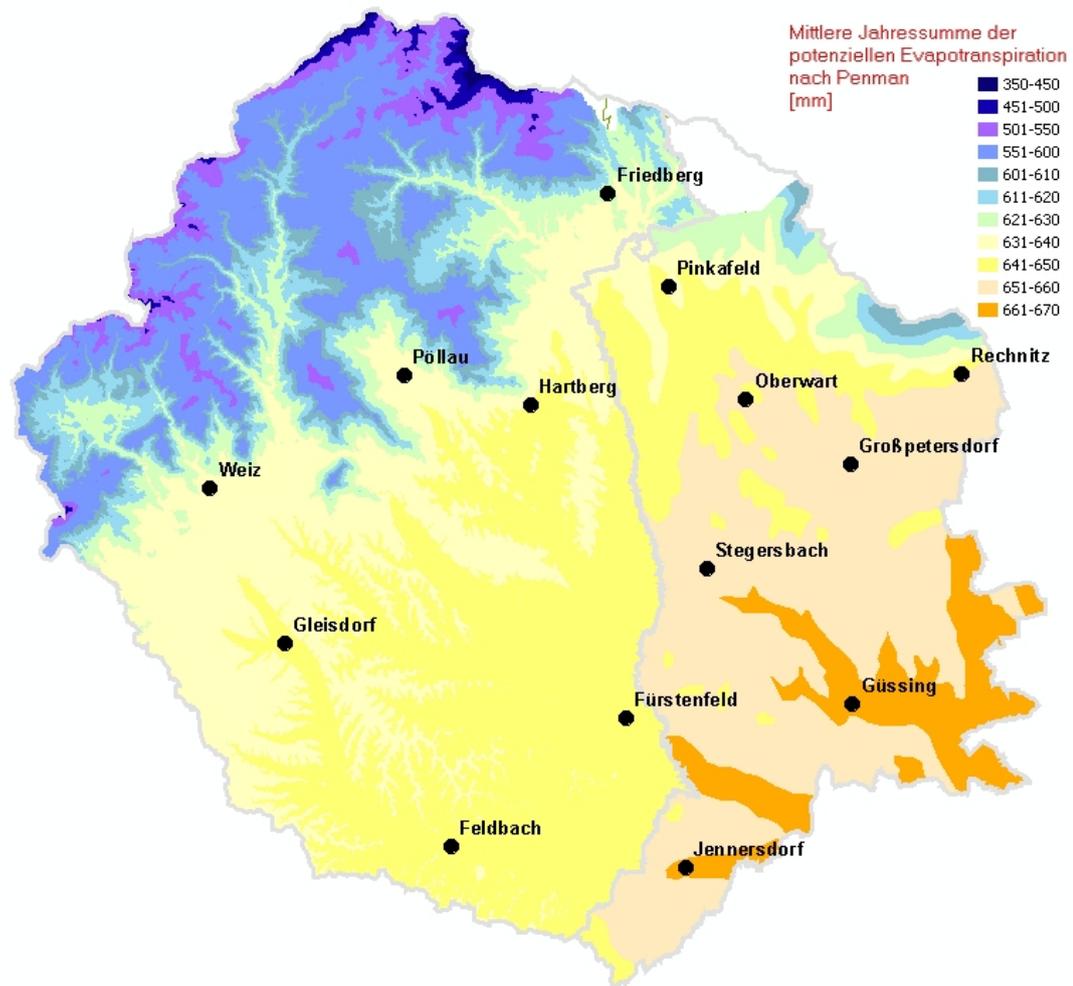


Abbildung 297: Mittlere Jahressumme der potenziellen Evapotranspiration nach PENMAN (1948)

10.3.2.3 Grundwasserneubildung – Bereich Steiermark (MoMNQ-Verfahren nach W. Wundt)

Die Grundwasserneubildung ist von zahlreichen Faktoren wie Niederschlag, Verdunstung, Geländeneigung, Exposition, Vegetation, Boden abhängig. Diese Parameter können bei großmaßstäblichen Untersuchungen z.T. nicht ausreichend genau erfasst werden. Das MoMNQ-Verfahren nach WUNDT (1958) ermöglicht eine relativ einfache Abschätzung der Grundwasserneubildung aus den langjährigen mittleren monatlichen Niedrigwasserwerten, wenn Porengrundwasserabflüsse im Untergrund des Oberflächengewässerpegels vernachlässigbar klein sind. Im NANUTIWA-Gebiet ist diese Annahme meist zulässig, da die seichtliegenden Grundwasserkörper geringe Durchlässigkeiten und Mächtigkeiten aufweisen. Die Ergebnisse der Berechnung nach WUNDT sind in Form einer Karte der Grundwasserneubildung (siehe Abbildung 298) dargestellt. Das Projektgebiet von NANUTIWA liegt im Bereich des „abflussärmsten“ Teiles Ostösterreichs. Die Neubildungsraten nach WUNDT liegen großteils unter 100 mm, z.T. sogar unter 50 mm pro Jahr. Dies entspricht Neubildungsspenden von unter 1 bis ca. 3 l/s km².

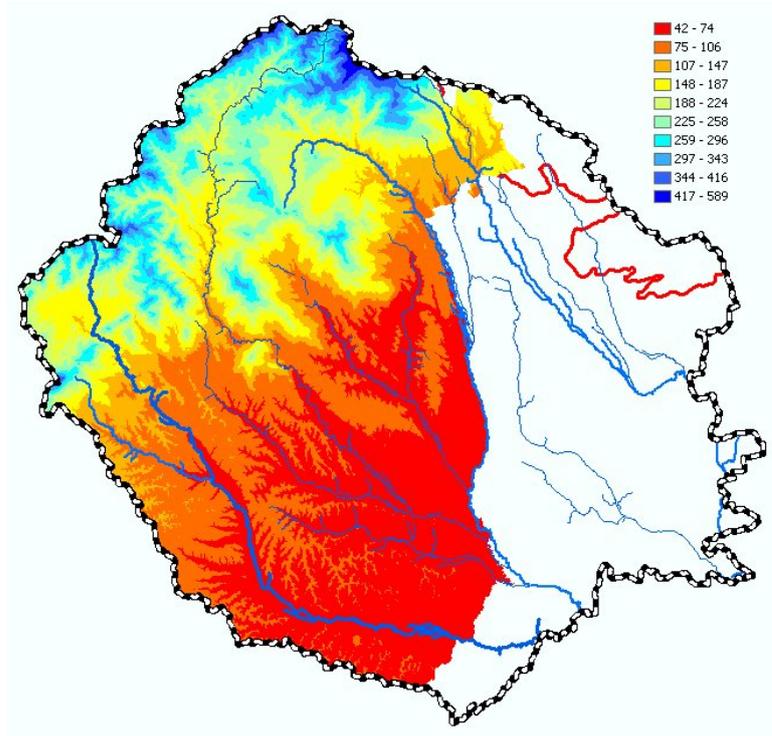


Abbildung 298: Grundwasserneubildung nach dem MoMnQ-Verfahren von WUNDT, 1958 (aus Wasserversorgungsplan Steiermark)

10.3.2.4 Klimatische Wasserbilanz – Bereich Burgenland (Variante 1)

Abbildung 299 stellt die Verteilung der sog. klimatischen Wasserbilanz KWB im burgenländischen Bereich des NANUTIWA-Gebietes dar. Die KWB errechnet sich aus der Differenz des Niederschlags und der Verdunstung. Hieraus resultieren Bereiche unterschiedlichen Potenzials für die Grundwasserneubildung bzw. auch Bereiche mit Verdunstungsüberschuß. Ein direkter Vergleich mit der Grundwasserneubildung nach WUNDT (1958) ist fachlich nicht sinnvoll. Grundsätzlich können für den burgenländischen Teil des NANUTIWA-Gebietes ähnliche Grundwasserneubildungsraten angenommen werden wie für den steirischen Teil.

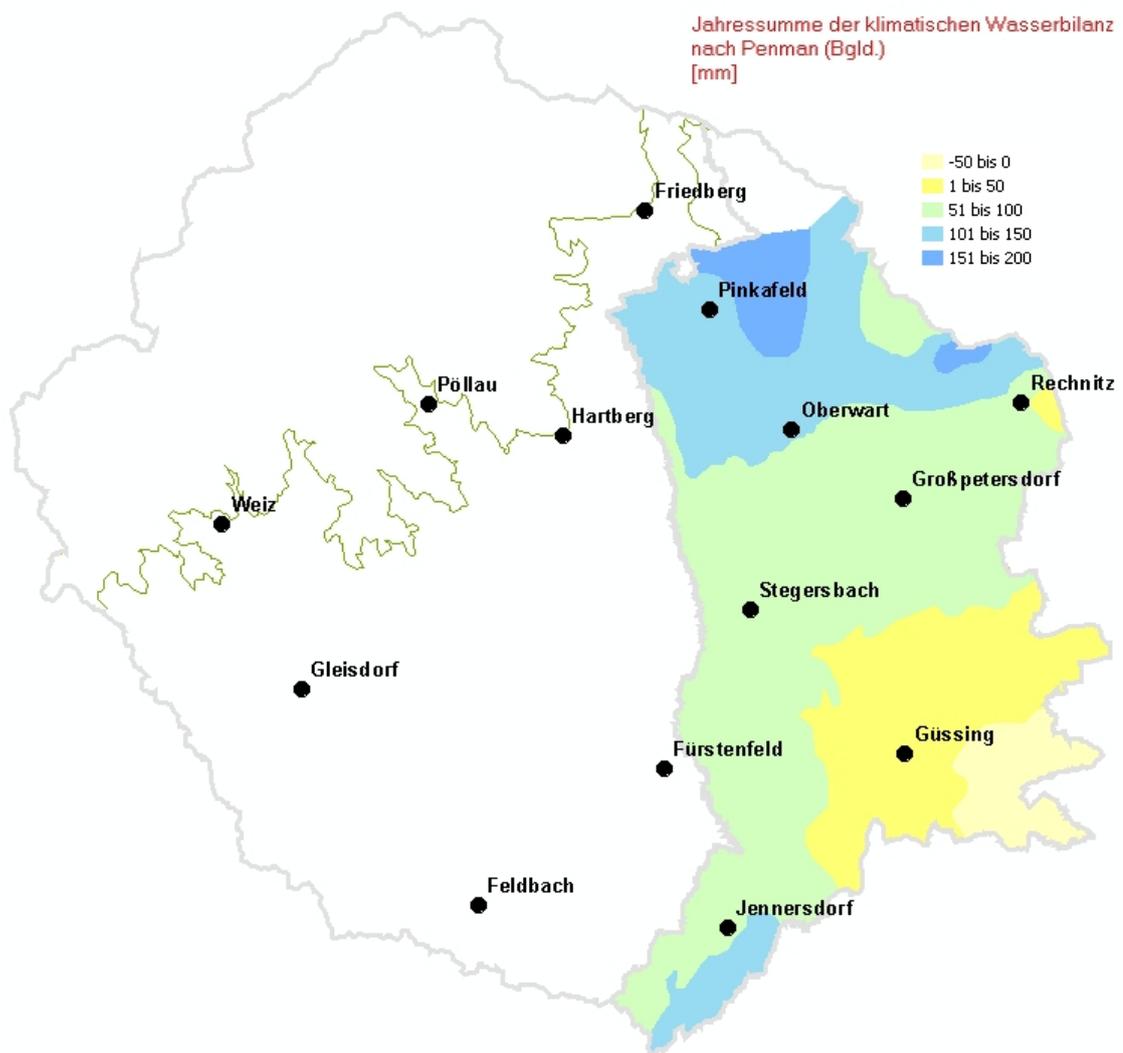


Abbildung 299: Jahressumme der klimatischen Wasserbilanz nach dem Penman-Ansatz

10.3.3 Burgenland

10.3.3.1 Ermittlung der Wasserbilanz-Parameter (Variante 2)

Für die Wasserbilanz (Variante 2) im Bereich des burgenländischen Anteiles des NANUTIWA-Gebietes wurden folgende Rohdaten verwendet:

- Monatssummen der Niederschläge (Zeitreihen bis inklusive 1992-1996)
- Tagesmittel der Abflüsse (Zeitreihen bis inklusive 1992-1996)
- Monatsmittel der Lufttemperaturen (Zeitreihen bis inklusive 1992-1996)

Für die nähere Betrachtung der Abflussverhältnisse wurden dem Jahrbuch des Hydrografischen Dienstes 1997 ergänzende Daten entnommen.

10.3.3.1.1 Niederschlag

Der durchschnittliche Jahresniederschlag für die Zeitreihe von 1992 bis 1996 ergab sich auf Basis der Werte der vorhandenen Niederschlagsmessstellen und einer flächenhaften Auswertung mit Hilfe einer Interpolation nach dem Prinzip der inversen Distanzen. Auf Basis dieser Niederschlagsverteilung kann die Niederschlagsmenge der Teileinzugsgebiete berechnet werden.

EZG-Nr	Einzugsgebiete Fluss / Pegelbezeichnung	Fläche in km ² GIS gestützt	Niederschlag		Abfluß (Q)		Evapotranspiration		GW-Neubildung	
			in mm/a	in mm/a	in % von N	reell in mm/a	in % von N	in mm/a	in l/s*km ²	in % von N
1	Lafnitz / Rohrbach	268,7	927	293	31,6	444	47,9	190	6,0	20,5
2	Lafnitz / Hammerkastell	19,9	798	351	44,0	433	54,3	14	0,4	1,8
3	Stögersbach / Markt Allhau	69,6	800	128	16,1	433	54,2	238	7,6	29,8
4	Lafnitz / Wörth a. d. L	82,2	749	219	29,2	452	60,3	79	2,5	10,5
5	Lafnitz / Dobersdorf	136,9	715	178	24,9	462	64,6	75	2,4	10,5
6	Feistritz / Maierhofen	*								
7	Lafnitz / Eltendorf	246,0	723	213	29,4	462	63,9	48	1,5	6,7
8	Rittschein / Ottendorf	*								
9	Pinka / Pinkafeld	98,0	891	305	34,2	440	49,4	146	4,6	16,4
10	Pinka / Oberwart	41,3	727	215	29,6	412	56,7	100	3,2	13,7
11	Zickenbach / Siget	119,1	742	172	23,2	426	57,5	144	4,6	19,3
12	Pinka / Woppendorf	124,0	698	196	28,0	448	64,2	54	1,7	7,8
13	Pinka / Burg	71,6	711	239	33,7	447	62,9	24	0,8	3,4
14	Pinka / Gaas	69,4	683	209	30,6	450	65,9	24	0,8	3,5
15	Raab / Neumarkt	299,7	763	198	25,9	469	61,4	97	3,1	12,7
16	Strem / Bocksdorf	88,2	705	112	15,9	450	63,8	143	4,5	20,3
17	Strem / Rauchwart	5,3	701	231	32,9	458	65,4	12	0,4	1,7
18	Strem / Güssing	122,1	693	157	22,6	454	65,6	82	2,6	11,8
19	Strem / Heiligenbrunn	176,7	695	58	8,4	459	66,0	178	5,7	25,7
20	Tauchenbach / Altschlaining	89,4	763	158	20,7	446	58,5	159	5,1	20,9
21	Tauchenbach / Hannersdf	86,0	707	86	12,2	445	62,9	176	5,6	24,9
Summen / Mittelwerte**		2214,1	759	196	25,9	451	60,3	115	3,6	15,0

Bemerkungen:

* Den Pegeln Maierhofen und Ottendorf ist kein Einzugsgebiet zugeordnet, da die Rittschein und die Feistritz in die Lafnitz münden.

** Die Mittelwerte für Abfluss, Evapotranspiration und Grundwasserneubildung wurden über die Einzugsgebietsflächen gewichtet.

Tabelle 34: Zusammenfassung der Bilanzparameter

10.3.3.1.2 Oberflächenabfluss

Aus den erhobenen und verarbeiteten Abflussdaten der Abflusspegel wurden Jahresmittel der Abflussmengen gebildet, um die einzugsgebietsspezifischen Abflüsse aus der Differenz des Abflusses minus dem Zufluss ermitteln zu können. Damit erhält man Abflusszuwächse oder Abflussverluste für die einzelnen Teileinzugsgebiete.

10.3.3.1.3 Verdunstung

Festzustellen ist, dass im gesamten südlichen Burgenland keine Verdunstungsmessstelle existiert. Weiter entfernt gelegene Verdunstungsmessstellen (Hydrografisches Jahrbuch) wurden aufgrund möglicher atypischer Verdunstungshöhen nicht herangezogen. Von den, in der Fachliteratur sowie in der Praxis bekannten, Berechnungsmethoden für die Verdunstungshöhe wurde die Berechnungsmethode der realen Verdunstung nach TURC (Zitat in GRAY, 1970) herangezogen. Im steirischen Teil des NANUTIWA-Gebietes wurde die potenzielle Verdunstung entsprechend dem

Ansatz von PENMAN (1948) bzw. als Restglied ermittelt. In Kapitel 10.3.4 erfolgt eine vergleichende Bewertung der angewandten Methoden.

Die aktuelle oder reelle ET (ET_a) ist jene Wassermenge, die unter den gegebenen Bedingungen von einer bewachsenen Landoberfläche bei den bestehenden atmosphärischen Verhältnissen und den die Verdunstung beschränkenden Bodenwasserverhältnissen tatsächlich in die Atmosphäre verdunstet.

Die aktuelle Evaporation (E_a) ist jene Wasserdampfmenge, die unter den gegebenen äußeren Bedingungen von einer nur teilweise mit Wasser gesättigten leblosen Oberfläche in die Atmosphäre abgegeben wird.

Die Beziehung nach TURC (Zitat in GRAY, 1970) für die Berechnung der realen Evapotranspiration (ET)

$$ET_{REELL} = N / [0,90 + (N / I_t)^2]^{1/2}$$

N = Jahresniederschlagssumme (mm)

$$I_t = 300 + 25 t + 0,05 t^3$$

t = Jahresmitteltemperatur der Luft in °C

verlangt als wesentlichen Parameter die mittlere Jahrestemperatur. Aus den zur Verfügung stehenden Temperaturmessstellen und dem daraus ermittelten Temperaturmittel (ebenfalls aus der Zeitreihe von 1992 bis 1996) wurde analog den Niederschlagsverhältnissen eine einzugsgebietsspezifische mittlere Jahrestemperatur durch Interpolation (Methode der Inversen Distanzen) ermittelt.

Ausgehend von der einzugsgebietsspezifischen mittleren Jahrestemperatur wurde eine reelle Evapotranspiration in der Bandbreite zwischen etwa 410 und 470 mm/a berechnet (siehe Tabelle 34). Diese, nach TURC ermittelten Verdunstungsraten zeigen eine relativ geringe Verdunstung an. Aufgrund dieses methodischen Ansatzes (nach dem Verfahren von Penman wird die potenzielle Verdunstung berechnet) ergeben sich daher in weitere Folge höhere Grundwasserneubildungsraten, als mit den Verfahren, die im steirischen Teil des NANUTIWA-Gebietes angewandt wurden.

10.3.3.1.4 Darstellung der Grundwasserneubildung

Nach eingehenderen Überlegungen erfolgte die rechnerische Abschätzung der Grundwasserneubildung aufgrund der Gegenüberstellung der dargestellten Wasserbilanzparameter.

Da sich die ausgewiesenen Einzugsgebiete an der Lage der Abflusspegel der Hauptflüsse orientieren, sind somit Niederschlag und die Differenz aus Zufluss in das Einzugsgebiet und dem entsprechenden Abfluss bekannt.

Aus der Differenz zwischen Niederschlag, Abfluss und Verdunstung nach $N - A_0 - ET_{RELL} = GW_{NEUB, GESAMT}$, ergibt sich somit eine „Grundwasserneubildung“, welche in Tabelle 34 zusammengefasst ist.

Man erkennt deutlich einen von Nord nach Süd fallenden Trend der Grundwasserneubildungsrate, wobei das im Bereich Güssing-Heiligenbrunn relative große Einzugsgebiet (Nr. 19, mit 176 km²) mit einer GW-Neubildungsrate von 5,7 l/s x km² diesbezüglich abweicht. Verantwortlich hierfür ist offensichtlich ein extrem niedriger Abfluss (Abflussdifferenz) des Strembaches zwischen den Pegelstationen Güssing und Heiligenbrunn.

Weitere Abweichungen nach unten ergeben sich bei zwei extrem kleinen Einzugsgebieten (Lafnitz / Hammerkastell und Strem / Rauchwart) welche jedoch in der Gesamtbilanz nicht ins Gewicht fallen und hierfür übernormal hohe Abflüsse für die rechnerisch ermittelte sehr geringe Grundwasserneubildungsrate verantwortlich sind.

Bezogen auf eine betrachtete Gesamtfläche von 2.214 km² (aufgeteilt auf 19 Einzugsgebiete) ergeben sich folgende durchschnittliche Parameter, welche über die Einzelflächen der Einzugsgebiete gewichtet sind:

Niederschlag: 759 mm / Jahr

Abflussanteil: 196 mm / a (~26 % des Niederschlags; der errechnete Abflussanteil ergibt sich aus der Differenz Abfluss minus Zufluss eines Einzugsgebietes)

Reelle Verdunstungshöhe: 451 mm / a (~60 % des Niederschlags)

„Grundwasserneubildung“:

Grundwasserneubildungshöhe: 115 mm / a (15 % des Niederschlags)

entspricht Grundwasserneubildungsrate: 3,6 l/s x km²

Grundwasserneubildungsmenge: 7,97 m³ / s (über gesamten Einzugsbereich von 2.214 km²)

Losgelöst von den anderen Bilanzparametern erscheint die ermittelte Gesamt-Neubildungsmenge von 7,97 m³/s hoch, vergleicht man diese mit dem bisher bekannten Nutzungsausmaß im Südburgenland.

Bei der hier gewählten Ermittlung der Grundwasserneubildungsrate gehen die unterschiedlichen Bodenverhältnisse (wie diese etwa von DYCK & CHARDABELLAS, 1963 beurteilt werden) im Hinblick auf einerseits geringdurchlässige Deckschichten und andererseits durchlässige Oberbodenzone automatisch mit ein, da die bodenbedingte geringere Infiltration von Niederschlägen zu höheren Oberflächenabflüssen führt.

10.3.4 Wasserbilanz im NANUTIWA-Gebiet

10.3.4.1 Langfristige Betrachtung

Eine Betrachtung langfristiger Zeitreihen (siehe Tabelle 35) erbringt eine Grundwasserneubildung für das NANUTIWA-Gebiet von 72 mm (siehe Abbildung 300 aus Wasserversorgungsplan Steiermark). Dies entspricht einer gesamten Grundwasserneubildung im Sedimentbereich des NANUTIWA-Gebietes von etwa 6500 l/s.

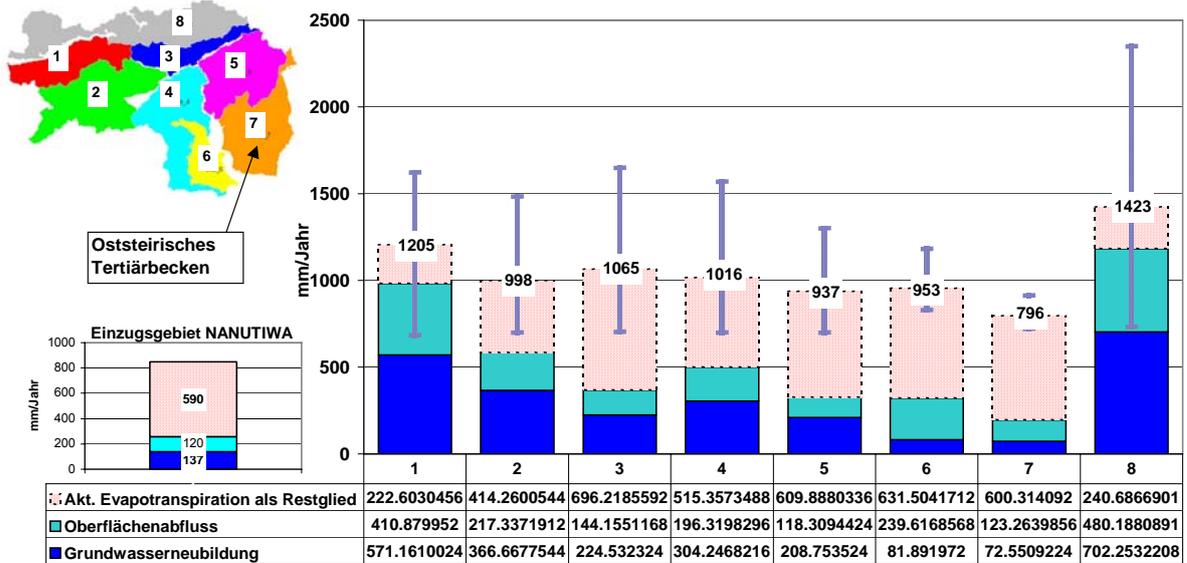


Abbildung 300: Wasserbilanz Steiermark (aus Wasserversorgungsplan Steiermark)

Sedimentbereich			
Fläche	2870 km ²		
Mittlere Seehöhe	344 m ü.A.		
	mm/Jahr	l/s km ²	l/s
Jahresniederschlag	848	26.9	77.121
Winterniederschlag	350	11.1	31.831
Sommerniederschlag	498	15.8	45.291
Gesamtabfluss	257	8.2	23.413
Oberflächenabfluss	185	5.9	16.865
Grundwasserneubildung	72	2.3	6.548
Verdunstung als Restglied	591	18.7	53.708
Potentielle Verdunstung	640	20.3	58.205

Tabelle 35: Wasserbilanz für das NANUTIWA-Gebiet auf Basis der Daten im Wasserversorgungsplan Steiermark

10.3.4.2 Abflusssdifferenzen, Abflussspenden - Detailanalyse des Jahres 1993

Um die jahreszeitlichen Schwankungen der Grundwasserneubildung beschreiben zu können, erfolgte eine Detailauswertung des Jahres 1993. Ausgehend von der Überlegung, dass die Flüsse die maßgebliche Komponente der Neubildung der Tiefengrundwässer darstellen, erfolgte vorerst eine einzugsgebietsweise Analyse der Abflussmittel aller Monate des Jahres 1993. Das Jahr 1993 wurde ausgewählt, da dies ein sehr niederschlagsarmes Jahr war und daher erwarten ließ, dass eventuelle Verluste oder Zuwächse der Flüsse an den vorhandenen Abflusspegeln auch erkennbar waren und Datenunsicherheiten durch das Wirken von Niederschlagsereignissen z.T. verringert wurden (siehe dazu das Abflussverhalten der Raab für das Jahr 1993 in Abbildung 301).

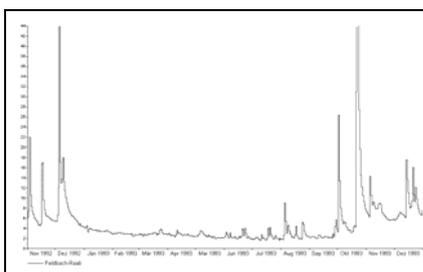


Abbildung 301: Ganglinie des Abflusspegels Feldbach/Raab

Für alle betrachteten 31 Einzugsgebiete (siehe Abbildung 302) wurden für die Monate Jänner 1993 bis Dezember 1993 die Abflusssdifferenzen (Abfluss – Zufluss) ermittelt. Daraus wurden die Abflussspenden errechnet und für das gesamten Gebiet von NANUTIWA verglichen. Diese Abflussanalyse erbrachte eine vergleichende Bewertbarkeit der betrachteten Einzugsgebiete (siehe Abbildung 303). Auf Basis der berechneten Abflusssdifferenzen erfolgte die Ermittlung der Abflussspenden der Teileinzugsgebiete (siehe Abbildung 304).

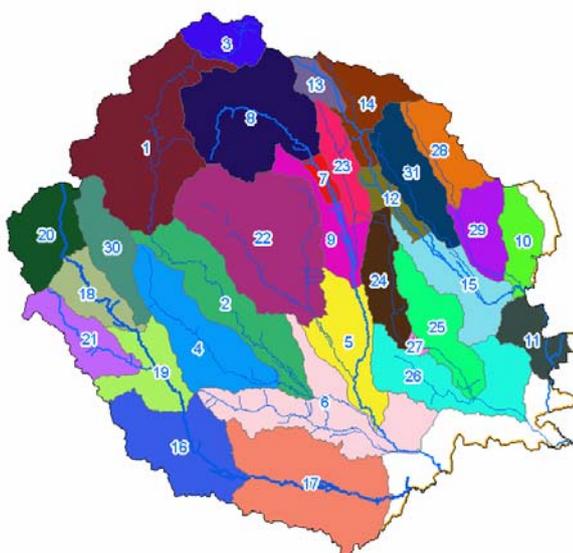


Abbildung 302: Darstellung zur Beschreibung der Einzugsgebiete

Abflussdifferenzen des Jahres 1993

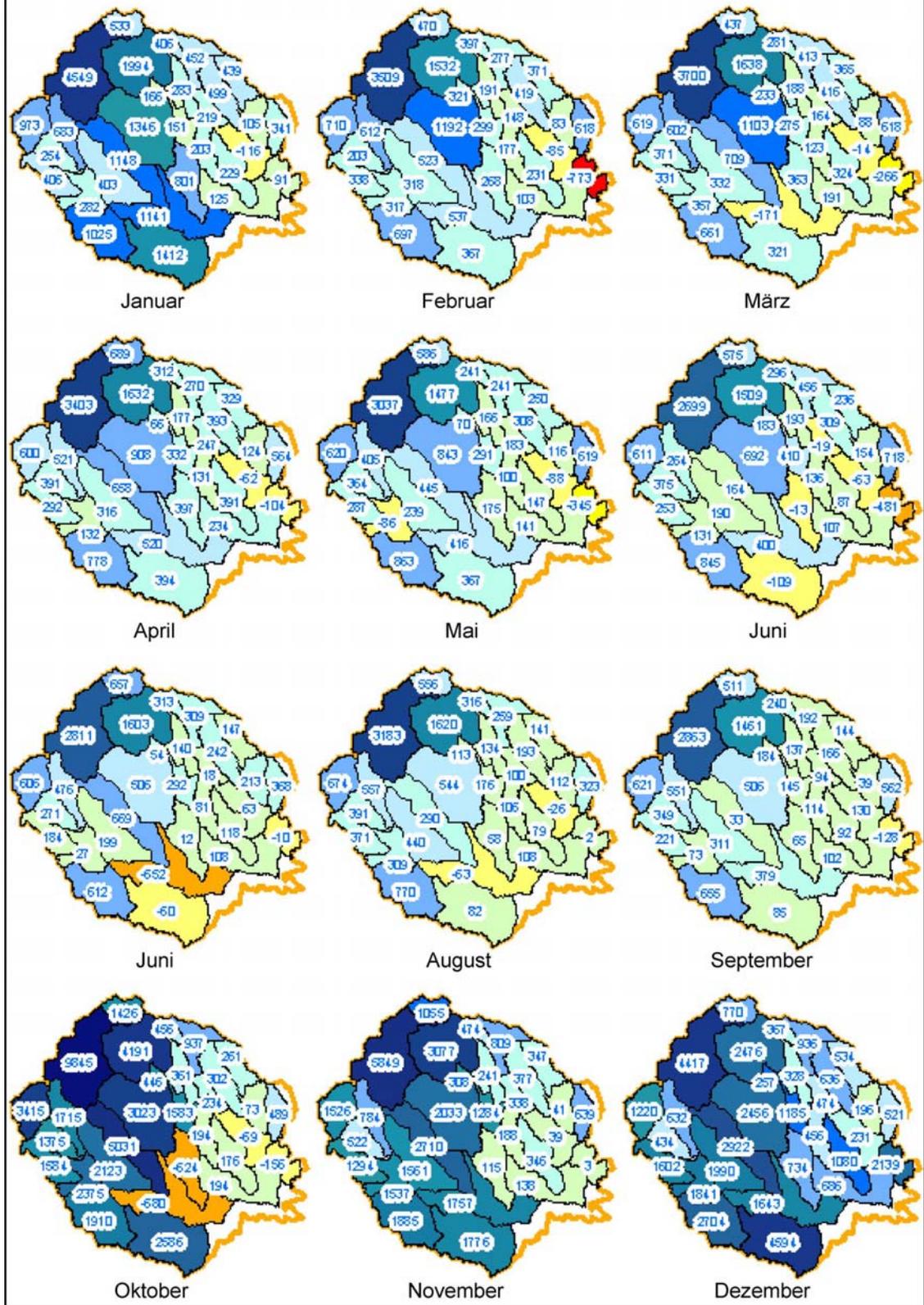


Abbildung 303: Monatsweise Darstellung der Abflussdifferenzen des Jahres 1993

Betrachtet man die ermittelten Abflussdifferenzen in den Einzugsgebieten (Abbildung 303), so ergeben sich Teileinzugsgebiete, die von Abflusszuwächsen bzw. von Abflussverlusten geprägt sind. Zur besseren textlichen Beschreibbarkeit wurden die Einzugsgebiete nummeriert (siehe Abbildung 302).

Die gelb bis rot dargestellten Teileinzugsgebiete stellen Bereiche dar, die durch Abflussverluste gekennzeichnet sind. Blau bis grünlich dargestellte Einzugsgebiete sind durch Abflusszuwächse charakterisiert. Die eingetragenen Zahlen entsprechen den Abflussdifferenzen der entsprechenden Einzugsgebiete.

Im Bereich der Grundgebirgsumrahmung ergeben sich für alle Teileinzugsgebiete deutliche Abflusszuwächse zu allen Jahreszeiten. Dies betrifft im Wesentlichen die Einzugsgebiete 20, 1, 8, 3, 30, 13 und 22. Da hier zahlreiche Quellen entspringen und die größten Niederschlagsmengen auftreten, ist dies natürlich zu erwarten. Naturgemäß sind dies auch die Bereiche der höchsten Abflussspenden (siehe Abbildung 304).

Generell nehmen die Abflussdifferenzen und die Abflussspenden vom Randgebirge gegen Osten ab.

Die Einzugsgebiete 11 und 15 im Unterlauf der Pinka weisen im Jahr 1993 deutliche Abflussverluste auf. Im Einzugsgebiet 11 bestätigt dies die aufgrund der geologischen Rahmenbedingungen erwartete Situation. Da hier die Pinka im Bereich des Pinkadurchbruches im Festgestein der Südburgenländischen Schwelle fließt und anschließend wieder in die Sedimente übertritt, war hier mit entsprechenden Verlusten zu rechnen.

Weiters existieren im östlichen Bereich noch weitere Einzugsgebiete, die in unterschiedlichem Maße Wasserverluste der Oberflächengewässer zeigen. Dies sind die Einzugsgebiete 5, 6 und 17 und auch 12. Vor allem in Zeiten geringen Niederschlags und hoher Verdunstung errechnen sich hohe Verluste der Hauptflüsse.

Geht man nun von untergeordneten seichtliegenden Grundwasserkörpern aus, so kann man Verluste der Flüsse als Tiefengrundwasserneubildung deuten.

Abflusspenden des Jahres 1993

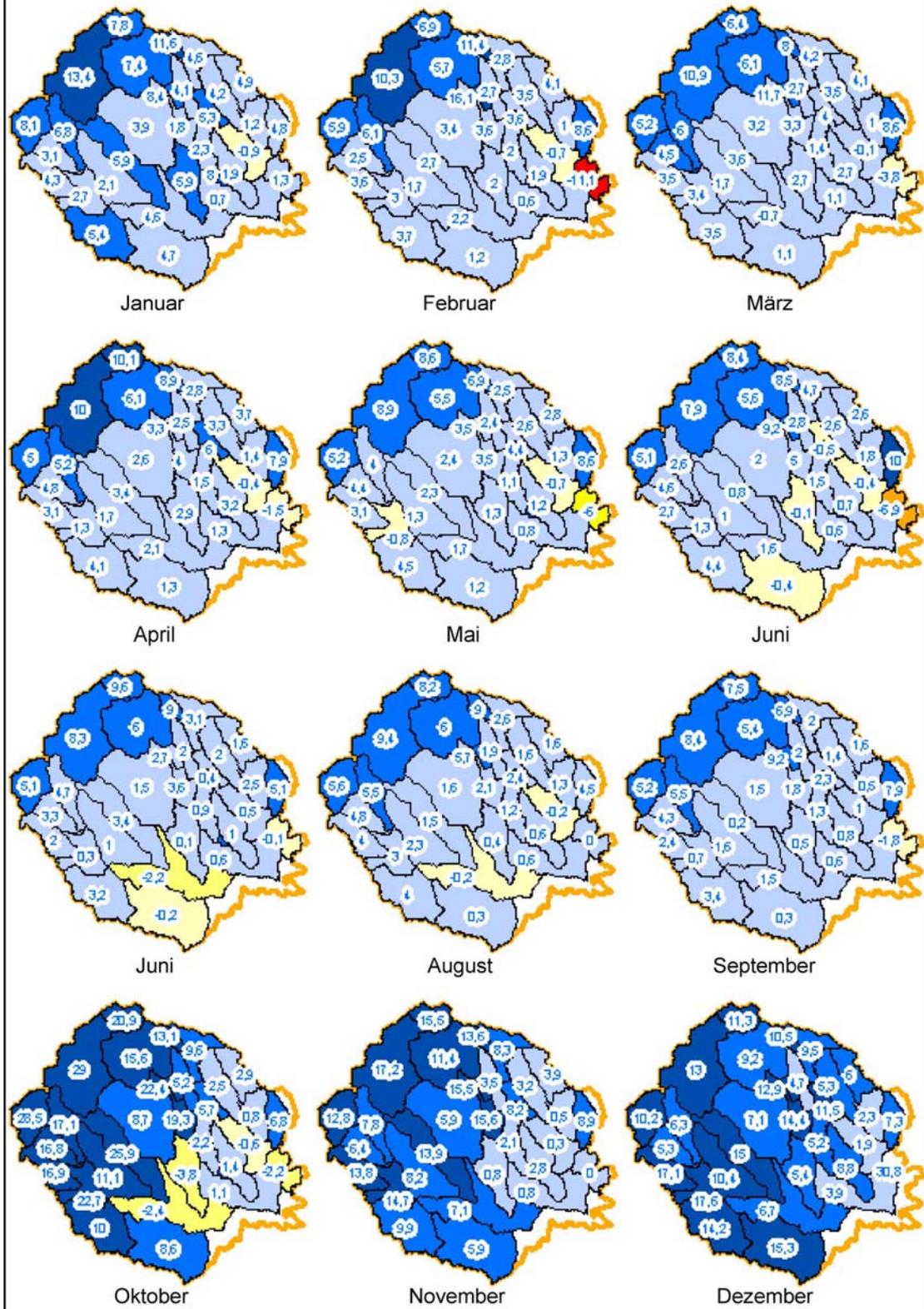


Abbildung 304: Monatsweise Darstellung der Abflusspenden des Jahres 1993 in $l/s/km^2$

10.4 Methodische Zusammenschau

Betrachtet man die Teilergebnisse des steirischen und des burgenländischen Anteiles des Projektgebietes so ergeben sich verfahrensbedingte Unterschiede der Grundwasserneubildung von etwa 72 bis maximal 115 mm/Jahr.

Die nach den unterschiedlichen Verfahren berechneten Wasserbilanzen liefern naturgemäß unterschiedliche Ergebnisse. Im Speziellen betrifft dies die dargestellten unterschiedlichen methodischen Ansätze zur Berechnung der Verdunstung und die Methodik zu Ermittlung der Grundwasserneubildung.

Die als Restglied (Niederschlag-Evapotranspiration-Abfluss) ermittelte Grundwasserneubildung repräsentiert stets die gesamte mögliche Grundwasserneubildung. Da die für die Tiefengrundwässer relevante Grundwasserneubildungsmenge nur einen Teil der gesamten Grundwasserneubildung umfasst, sind die mit diesen Verfahren allein ermittelten Grundwasserneubildungsmengen für die „Tiefengrundwasser“-Neubildung nicht relevant.

Der methodische Ansatz nach WUNDT (1958, MoMNQ-Verfahren) bildet hauptsächlich jenen Anteil an Grundwasserneubildung ab, der am seichten Zirkulationssystem teilnimmt.

Reduziert man nun die als Restglied der Wasserbilanz berechnete Grundwasserneubildung um den „seichten“ Anteil der Grundwasserneubildung, so erhält man vergleichsweise realistischere Werte für die „tiefe“ Grundwasserneubildung.

Grundwasserneubildung als Differenzglied	115	[mm/Jahr]
Grundwasserneubildung nach Wundt	72	[mm/Jahr]
Differenz [mm]	43	[mm/Jahr]
Differenz [l/s / km ²]	1,4	[l/s / km ²]
Sedimentbecken (Fläche)	2870	[km ²]
Mögliche Tiefenwasserneubildung	3911	[l/s]

Dieser Berechnungsansatz ist mit einigen Unsicherheiten behaftet. Beispielsweise nehmen die Tiefengrundwässer nicht direkt sondern zum Teil zeitlich verzögert am hydrologischen Kreislauf teil. Aufgrund der Ergebnisse der hydraulischen Modellierung von Vertikalschnitten (siehe Kapitel 10.5.3) kann davon ausgegangen werden, dass kleinräumige Systeme von Grundwasserneubildungszonen und Exfiltrationszonen vorliegen. Diese und andere Interpretationsspielräume relativieren die Ergebnisse der verschiedenen „klassischen“ Berechnungsmethoden der Wasserbilanzparameter. In diesem Zusammenhang besteht aus heutiger Sicht noch weiterer Forschungsbedarf, wobei sehr wahrscheinlich nur ein kombinierter Ansatz von hydraulischen Berechnungen, Wasserbilanzen und Nutzungsanalysen zu definitiven Ergebnissen führen wird.

10.5 Numerische Grundwassermodelle und Quantifizierung der Fließwege

10.5.1 Grundwassermodell Feistritztal

10.5.1.1 Vorhergehende Arbeiten

Aufgrund der beobachteten Druckspiegelhöhen und der durchgeführten Pumpversuche wurden bereits Anfang der 90er Jahre die hydraulischen Verbindungen des gespannten Grundwasservorkommens im mittleren Feistritztal untersucht. Im mittleren Feistritztal liegt ein ausgedehnter gespannter Grundwasserleiter, der durch vier hydraulisch zusammenhängende Brunnen/Bohrungen (Großhartmannsdorf 1, Großhartmannsdorf 2, Großsteinbach 2 und Kroisbach) erschlossen wird. Der hydraulische Zusammenhang der vier Brunnen/Bohrungen wurde durch ihre gegenseitige Beeinflussung bei Entnahmeversuchen nachgewiesen. Um Erkenntnisse über die Regeneration der gespannten Aquifere und ihre Strömungsverhältnisse in diesem Raum zu erhalten, wurde von BERGMANN et al. (1992) ein numerisches Strömungsmodell entwickelt. Das für das Grundwassermodell gewählte Gebiet wurde ausgehend von den Brunnen und Bohrungen soweit ausgedehnt, dass die Wasserentnahmen im Modellgebiet im Bereich der Modellränder keine (vernachlässigbare) hydraulischen Auswirkungen zeigen. Das Modellgebiet war etwa 46 km² groß. Aufgrund der ausgewerteten Pumpversuche und der Druckspiegeldaten der im Modellgebiet gelegenen Versuchsbohrungen wurde das zweidimensionale Modell kalibriert. Im Modell wurden vom Nordwesten her Zuflüsse und im Süden ein Festpotenzialrand definiert.

Bei der Transmissivitätsverteilung wurde eine Störungszone niedriger Transmissivität entlang der Feistritz angenommen. Nach der stationären Kalibrierung des Modells wurde eine Entnahme von 4 l/s aus der Bohrung Großhartmannsdorf 1 simuliert und dabei die Veränderung der Randzuflüsse ermittelt. Die notwendige Erhöhung des Randzuflusses wurde berechnet. Das diesen Zustand beschreibende Strömungsbild wurde dargestellt. Aufgrund der Simulationsrechnung wurde festgestellt, dass für den gespannten Grundwasserleiter eine nachhaltig nutzbare und damit zulässige Dauerentnahmemenge von mindestens 4 l/s festgelegt werden kann.

Im Projekt NANUTIWA wurde aufgrund der verbesserten Datenlage beschlossen, im mittleren Feistritztal ein dreidimensionales Strömungsmodell basierend auf dem bestehenden Modell zu entwickeln und zu berechnen.

10.5.1.2 Die Modellierungssoftware

Zur Realisierung des numerischen Modells wurde die Software Visual MODFLOW Version 2.8.2 (1995-1999) von der Firma Waterloo Hydrogeologic Software (VISUAL MODFLOW USER'S MANUAL, 1999) ausgewählt. Die mathematische Grundlage der Software bei der numerischen Lösung der Strömungsgleichung ist die Methode der finiten Differenzen. Die Diskretisierung erfolgt durch ein rechteckiges Gitternetz.

10.5.1.3 Räumliche Abgrenzung des Modellgebietes

Da die meisten Informationen mit den Bohrungen verbunden sind und diese entlang der Feistritz liegen, wurden die Grenzen des Modellgebietes ausgehend von den Bohrungen festgelegt. Quer zum Tal wurden die Modellgrenzen etwa 1,5 bis 2,5 km entfernt von der Feistritz definiert. Da in diesen Randbereichen nur wenige hydrogeologische Informationen zur Modellentwicklung vorliegen, wurden die Grenzen mit Geraden definiert und dabei aufgrund des generellen Verlaufes der Potenziallinien des Modellgebietes so angenommen, dass diese Ränder des Modellgebietes etwa den dort verlaufenden Stromlinien entsprechen und als Randstromlinien für das Modell undurchlässige Ränder darstellen. Später, bei der Kalibrierung wurde diese Annahme teilweise abgeschwächt und abschnittsweise Randzu- und -abflüsse an diesen Rändern definiert. In Talrichtung wurden die Modellgrenzen ca. 1 km südöstlich von Hainersdorf und ca. 0,5 km nordwestlich von Dörfel festgelegt. Das Modellgebiet ist in Talrichtung 16 km lang und quer zum Tal etwa 3,5 km breit (Abbildung 305).

Die Geländeoberfläche und die ca. 300 m unter dem Gelände angenommene Fläche wurden als obere und untere Begrenzungsfläche des Modellgebietes definiert. Innerhalb dieses Modellraumes wurden alle modellrelevanten gespannten Grundwasserhorizonte erfasst und umgesetzt.



Abbildung 305: Das Modellgebiet im mittleren Feistritztal

10.5.1.4 Schematisierung der unterirdischen Strukturen

Die geologische Struktur, auf welcher die weitere Modellberechnung beruht, ist in Kapitel 9.4.5.5 detailliert beschrieben.

Die vorliegenden Aquifere wurden in drei Aquiferpakete zusammengefasst. Für die Aquiferpakete, im weiteren Modellschichten bezeichnet, wurde eine mittlere Mächtigkeit angenommen und die aus Pumpversuchen ermittelten Durchlässigkeiten zugeordnet. Die drei Modellaquifere haben folgende Mächtigkeiten (von Hangenden ins Liegende): 2,4 m (Modellschicht 6), 11,9 m (Modellschicht 4), und 32,5 m (Modellschicht 2).

Bei der Schematisierung wurde das Einfallen der Aquifere vernachlässigt, weil es bei der Modellberechnung unter gespannten Verhältnissen von untergeordneter Bedeutung ist. Die im Bereich des Auskeilens der Aquifere an der Oberfläche möglicherweise auftretende Einspeisung in die Grundwasserleiter wurde mit Hilfe von Schluckbrunnen, deren Filterstrecke im entsprechenden Modellaquifer situiert wurde, simuliert.

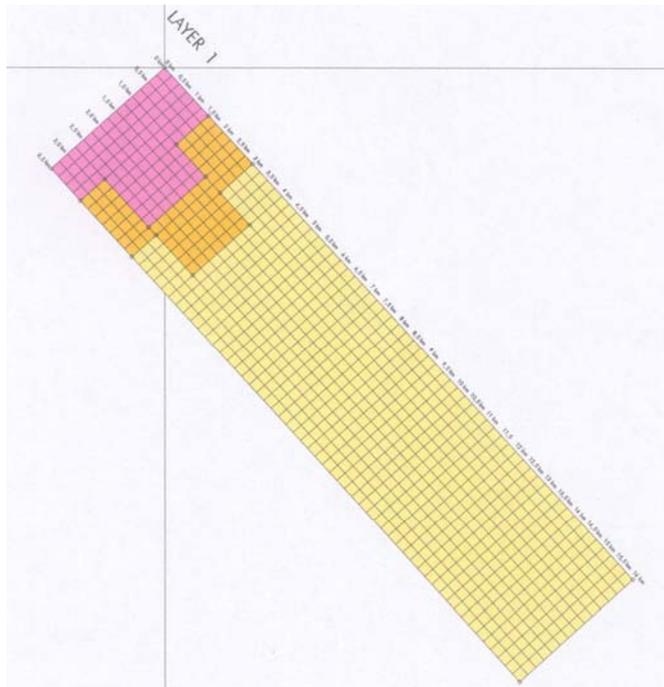
Im Modell wurden insgesamt sieben Modellschichten definiert:

die bereits erwähnten drei Modellaquifere
und die hangenden und liegenden „Stauerschichten“.

Weiters wurden entsprechend der Schichtung drei Hauptblöcke festgelegt:

- das kristalline Grundgebirge,
- das ihm vorgelagerte (z.T. bedeckte) Konglomerat
und
- die Sedimente der tertiären Beckenfüllung, die wiederum in die Aquifere und die grundwasserstauenden Schichten gegliedert werden können.

Die koordinatengemäße Aufbereitung der Modellschichten sowie einer Basiskarte wurden von GET durchgeführt und in digitaler Form zur Verfügung gestellt. In Abbildung 306 ist als Beispiel die schematisierte unterste Modellschicht (Layer 1) dargestellt.



*Abbildung 306: Darstellung der schematisierten untersten Modellschicht (Layer 1)
rosa – Kristallin; gold – Konglomerat, hellgelb – Grundwasserstauer*

In Abbildung 307 ist als zweites Beispiel die schematisierte sechste Modellschicht (oberer Modellaquifer) dargestellt. In dieser Schicht ist die angenommene Ausdehnung des oberen Modellaquifers erkennbar.

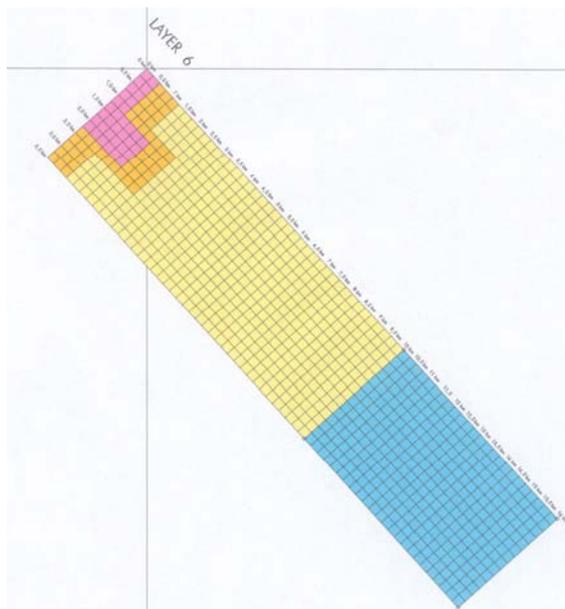


Abbildung 307: Darstellung der schematisierten sechsten Modellschicht (Layer 6)
rosa – Kristallin; gold – Konglomerat, hellgelb – Aquitarde, himmelblau – Aquifer

10.5.1.5 Diskretisierung des Modellgebietes

Das Modellgebiet, welches eine Fläche von 56 km² besitzt, wurde entsprechend der in der Software MODFLOW angewandten Methode der finiten Differenzen durch ein rechteckiges Gitter mit konstanten Zellweiten diskretisiert. Die Zellweiten betragen 250 x 250 m, wobei sich eine geringfügige Abweichung von diesen Abmessungen durch die Anpassung des Gitternetzes an die inneren und äußeren Randbedingungen ergibt. Diese Zellweiten sind an die Größe des Modellgebietes, an die Datendichte und an die erwarteten Aussagen über die Grundwasserverhältnisse angepasst. In der Umgebung der Wasserentnahmestellen wurde auf ein dichteres Modellnetz verzichtet (eine Verdichtung des Modellgitters bei detaillierten Fragestellungen ist jedoch jederzeit möglich). Das über das Modellgebiet gelegte Gitternetz wurde an der mittleren Hauptgrundwasserfließrichtung ausgerichtet, wobei die Gitterseiten parallel zu den Modellgrenzen verlaufen.

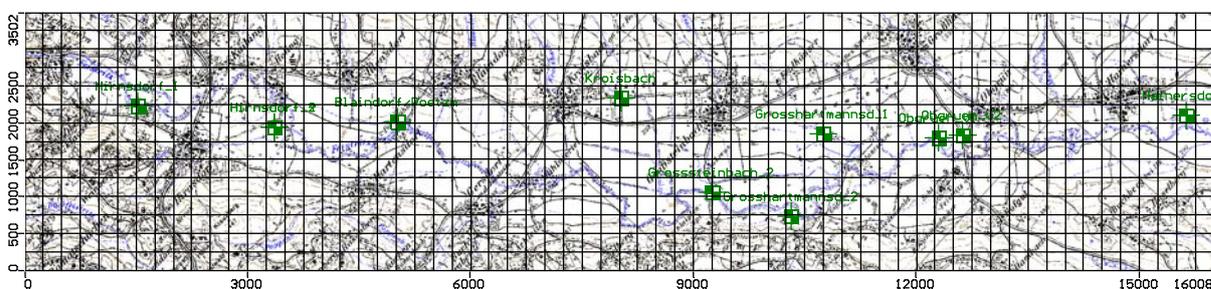


Abbildung 308: Das Modellgebiet mit dem darüber gelegten Gitternetz und den Versuchsbohrungen

10.5.1.6 Hydraulische Eigenschaften

Um das Modell kalibrieren zu können, müssen sämtlichen Modellzellen hydraulische Eigenschaften zugeordnet werden. Die wichtigste von diesen hydraulischen Eigenschaften ist die Durchlässigkeit. Im Modell wurden als erste Annahmen folgende Durchlässigkeitsbereiche definiert:

Kristallin	1×10^{-8} m/s
Konglomerat	1×10^{-7} m/s
Grundwasserstauer	1 bis 5×10^{-7} m/s
Aquifer	1×10^{-4} m/s

In jenen Aquiferbereichen, wo die Durchlässigkeitsbeiwerte auf Basis von Pumpversuchsauswertungen ermittelt werden konnten, wurden diese den Zellen zugeordnet. Eine bestimmte Durchlässigkeitsverteilung der einzelnen Modellaquifere konnte wegen der geringen Datendichte nicht vordefiniert werden. Die zur Kalibrierung des Modells zugrunde gelegten Durchlässigkeitsverteilungen der Modellaquifere sind in Abbildung 309, Abbildung 310 und Abbildung 311 dargestellt.

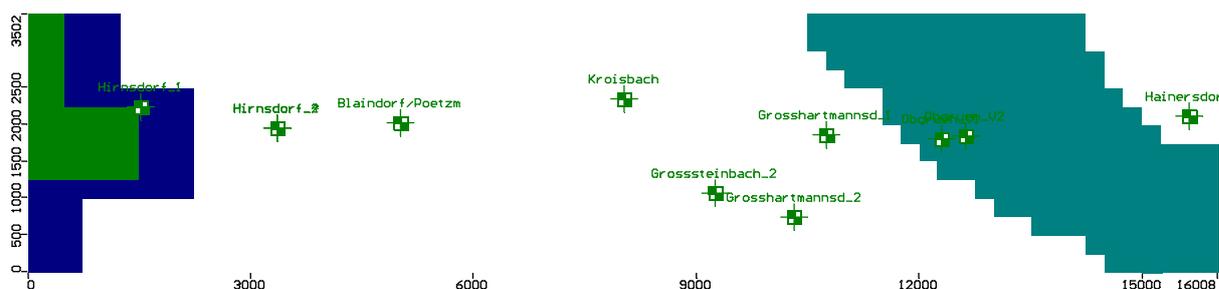


Abbildung 309: Durchlässigkeitsverteilung des oberen Modellaquifers (Modellschicht 6)

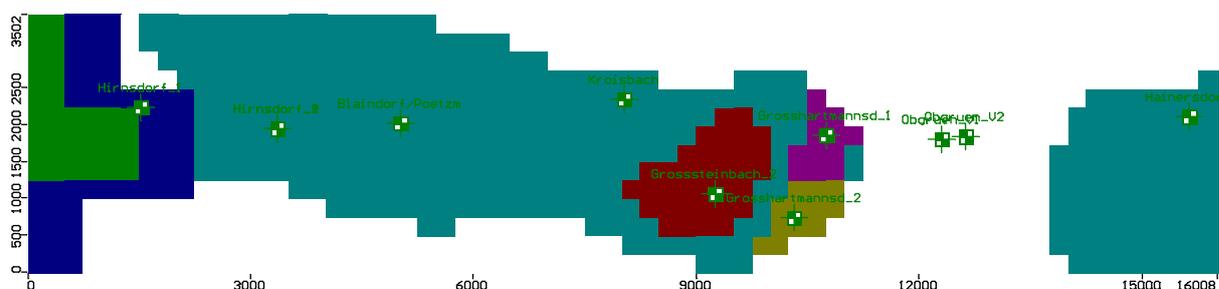


Abbildung 310: Durchlässigkeitsverteilung des mittleren Modellaquifers (Modellschicht 4)

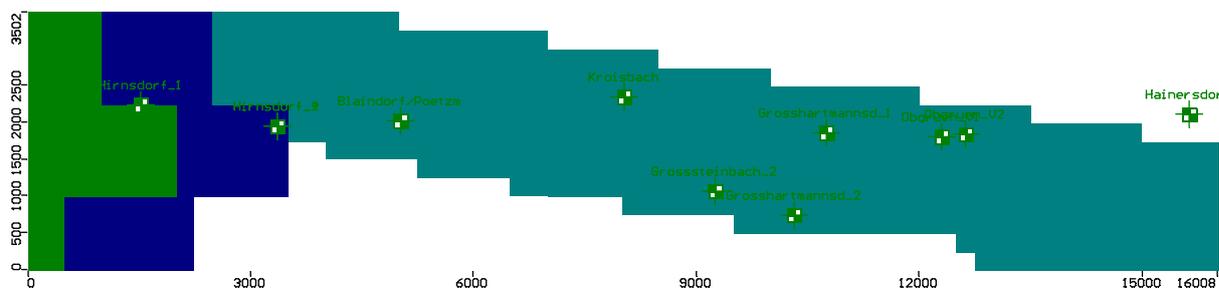


Abbildung 311: Durchlässigkeitsverteilung des unteren Modellaquifers (Modellschicht 2)

Einen Vertikalschnitt durch die Bohrungen Hirnsdorf 1, Blaindorf und Hainersdorf mit der Durchlässigkeitsverteilung zeigt Abbildung 312.

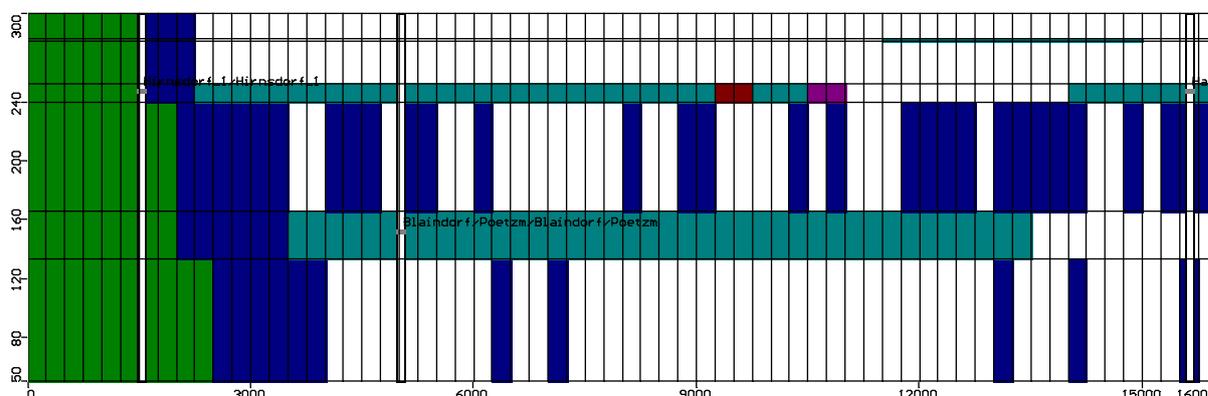


Abbildung 312: Vertikalschnitt durch das Modellgebiet (Bohrungen Hirnsdorf 1, Blaindorf, Hainersdorf)

10.5.1.7 Randbedingungen

Bei 3D-Modellen, in welche mehrere Modellschichten implementiert sind, müssen die Randbedingungen für sämtliche Modellschichten bekannt sein. Im Falle des gegenständlichen Modells waren jedoch die Randbedingungen kaum bekannt. Daher musste mit Hypothesen gearbeitet werden. Für den Südwest-Rand (Bereich Hainersdorf) wurde eine Festpotenzialrand definiert. Das entlang des Randes geltende Potenzial wurde von der Potenzialkarte abgegriffen und zwischen den Endpunkten des Randabschnittes linear interpoliert. Somit wurde das Potenzial in Südwest-Nordost Richtung zwischen 286 und 300 m ü. A. festgelegt.

An der Oberfläche, d.h. in der obersten Modellschicht wurde an der Grenze zwischen Kristallin und Konglomerat eine Grundwasserneubildung von 90 mm/Jahr angenommen. Im übrigen Modellgebiet wurde keine Grundwasserneubildung angegeben, weil sie für die tiefen, gespannten Aquifere nicht relevant ist (Abbildung 313).

Wie bereits erwähnt, wurde die beim Auskeilen der Aquifere an der Oberfläche wirksame Grundwasserneubildung durch Schluckbrunnen simuliert. Dabei wurde die Grundwasserneubildung auf die Fläche einer Zelle bezogen und auf diese Weise ein punktueller (zellbezogener) Zufluss (m^3/Tag) in der entsprechenden Modellschicht berücksichtigt.

Die Feistritz, als Hauptfluss im Modellgebiet, wurde im Modell weder als innere Potenzialrandbedingung noch als Randbedingung 3. Art (nach Leakage-Prinzip) berücksichtigt. Dazu wäre die genaue Kenntnis der Wasserspiegellagen sowie des hydraulischen Widerstandes des Flussbettes im Modellgebiet erforderlich gewesen. Die zwei benachbarten Feistritz-Pegel, Anger und Maierhofen, die den im Modellgebiet gelegenen Abschnitt der Feistritz abgrenzen, liegen ca. 48 km voneinander und auch von den Modellgrenzen mehrere Kilometer weit entfernt. Daher ist die

Interpolation der Wasserspiegellinie mit modelltechnisch gewünschter Genauigkeit nicht möglich. Es wurde trotzdem versucht, ausgehend von den Daten des bei Obgrün Anfang der 90er Jahre betriebenen Pegels und aufgrund des geschätzten Gefälles von 4,2 m/km zwischen Anger und Maierhofen den Wasserstand der Feistritz abschnittsweise zu berechnen und im Modell einzubauen. Von dem Ansatz, die Feistritz nach dem Leakage-Prinzip zu berücksichtigen, wurde letztendlich nach einigen Kalibrierungsschritten Abstand genommen und die Infiltration aus der Feistritz mit Hilfe von Schluckbrunnen im Modell realisiert (Randbedingung 2. Art).

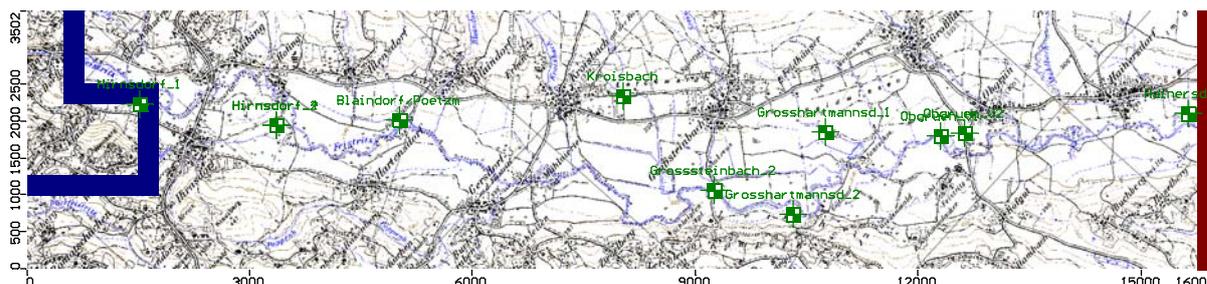


Abbildung 313: Randbedingungen in der obersten Modellschicht
blau – Grundwasserneubildung; dunkelrot – Festpotenzial

10.5.1.8 Wasserentnahmen im Modellgebiet

Im Modell wurde der ursprüngliche, unbelastete Zustand ohne nennenswerte Wasserentnahmen angenommen. Daher wurden im Modellgebiet keine Entnahmebrunnen gesetzt.

10.5.1.9 Kalibrierung des Modells

Zur Kalibrierung des Modells wurden die 11 im Modellgebiet gelegenen Versuchsbohrungen mit den ermittelten Ruhedruckspiegelhöhen herangezogen. Die Druckspiegelhöhen in den Bohrungen charakterisieren unterschiedliche Aquifere (

Tabelle 36).

	Bohrung	Druckspiegelhöhe [m ü. A.]
Oberer Modellaquifer	Obgrün V1	304,76
	Obgrün V2	304,41
Mittlerer Modellaquifer	Hainersdorf	294,89
	Großhartmannsdorf 1	320,40
	Großhartmannsdorf 2	320,43
	Großsteinbach 2	322,25
	Kroisbach	326,69
	Hirnsdorf 1	347,56
Unterer Modellaquifer	Blaindorf-Pötzmühle	312,05
	Hirnsdorf 2	312,43
	Hirnsdorf 4	312,65

Tabelle 36: Ruhedruckspiegelhöhen im Modellgebiet

Das Modell wurde unter stationären Bedingungen durch das Variieren der Durchlässigkeiten und deren Verteilung sowie der Randbedingungen sämtlicher Modellaquifere kalibriert. Zur Kalibrierung ist anzumerken, dass diese Aufgabe mehrfach unbestimmt und aus diesem Grund sehr erschwert war. Einerseits gibt es keine näheren Hinweise auf die Durchlässigkeitsverteilung der Aquifere. Der Abbildung 312 kann entnommen werden, dass in den Modellaquiferen 2 bis 6 Werte vorliegen (auf 56 km²!), die nicht gleichmäßig verteilt sind. Andererseits sind die Randbedingungen der einzelnen gespannten Horizonte und somit der Modellaquifere nicht im Detail bekannt. Den einzigen indirekten Hinweis liefert die Potenzialkarte des Gebietes. Von der Potenzialkarte können Fließrichtungen abgelesen werden, die allgemeine Hinweise auf Zu- und Abflüsse im Modellgebiet geben.

Trotz der oben dargelegten Schwierigkeiten der Modellentwicklung und Kalibrierung wurde in einem ersten Schritt die Durchlässigkeitsverteilung der Modellaquifere kalibriert. Nach dieser groben Kalibrierung der Durchlässigkeitsverteilungen wurden im zweiten Schritt die Randzu- und abflüsse variiert, um einerseits den Verlauf der Potenziellinien besser nachbilden zu können und andererseits die Wasserbilanz im Modellgebiet plausibel zu machen. Schließlich wurde in einem dritten Kalibrierungsschritt versucht, aufgrund der aus den ersten Kalibrierungsschritten gewonnen Erkenntnisse, in Teilgebieten des Modells die Durchlässigkeitsverteilung und die Randzu- und abflüsse gleichzeitig zu variieren und auf diese Weise bessere Kalibrierungsergebnisse zu erzielen. Weiters wurde versucht, die Feistritz als innere Randbedingung in das Modell zu integrieren. Im Laufe der Kalibrierung wurde der Abschnitt der Feistritz zwischen Großsteinbach und Kroisbach als Festpotenzial definiert. Dies führte jedoch dazu, dass die berechneten Druckspiegelhöhen im Kerngebiet aus der zu tiefen Lage zwar um einiges angehoben wurden, dadurch wurden jedoch auch die anderen Druckspiegelhöhen wesentlich angehoben, was im Hinblick auf eine plausible Wasserbilanz durch andere Maßnahmen nicht ausgeglichen werden konnte.

Nach zahlreichen Kalibrierungsschritten musste festgestellt werden, dass die Kernzone des Modellgebietes und die darin gelegenen und den mittleren Modellaquifer repräsentierenden Bohrungen nicht mit befriedigender Güte kalibriert werden konnten. Die Gegenüberstellung der berechneten und der gemessenen Druckspiegelhöhen ist in Abbildung 314 dargestellt.

Von den insgesamt elf Punkten liegen acht Punkte innerhalb des 95%-Konfidenzintervalles (strichlierte Linien) und weisen somit nur eine Differenz zwischen Messwert und berechnetem Wert von weniger als 2,0 m auf. Diese Punkte haben einen mittleren absoluten Fehler von 0,53 m. Der Punkt Blaindorf liegt mit einer Differenz von 2,06 m nur knapp außerhalb des 95%-Konfidenzintervalles.

Die zentral im Modellgebiet gelegen Bohrungen (Kroisbach, Großhartmannsdorf 1) des mittleren Modellaquifers konnten nur unbefriedigend an das Modell angepasst werden. Die berechneten Druckspiegelhöhen dieser Bohrungen weisen eine negative Differenz von -6,90 bzw. -4,15 m auf, liegen also wesentlich niedriger als die gemessenen Werte. Die absolute mittlere Differenz zwischen

Messwert und Kalibrierung liegt unter 1,6 m. Der normierte mittlere quadratische Fehler (NRMS), der bei einem gut kalibrierten Modell unter 5 % liegen sollte, beträgt 4,9 %.

Die berechneten Isolinien der Druckspiegelhöhen im Modellgebiet sind in Abbildung 315 dargestellt. Der Verlauf der berechneten Isolinien weist teilweise eine akzeptable Übereinstimmung mit dem Isolinienplan auf. Eine gute Übereinstimmung ist im nordwestlichen und im südöstlichen Bereich des Modells zu beobachten. Im zentralen Bereich des Modells konnte die Schleife der Isolinie von 320 m nicht reproduziert werden.

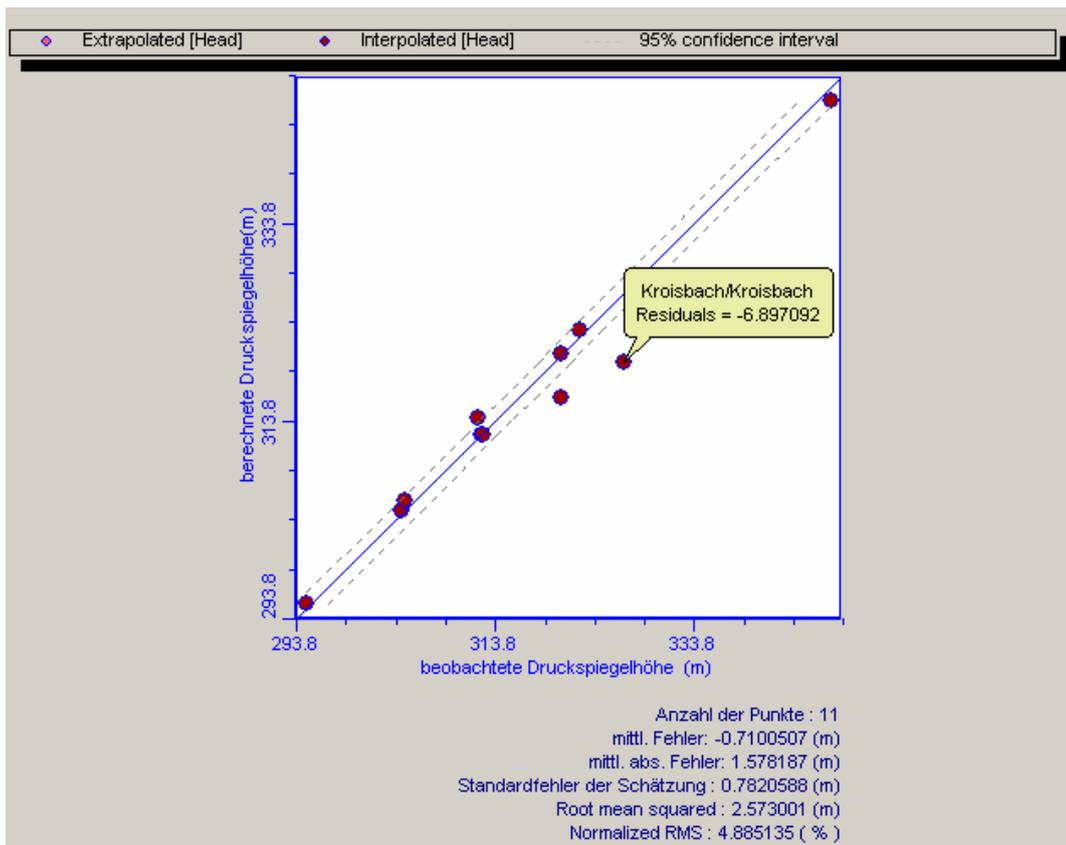


Abbildung 314: Die Gegenüberstellung der berechneten und der gemessenen Druckspiegelhöhen

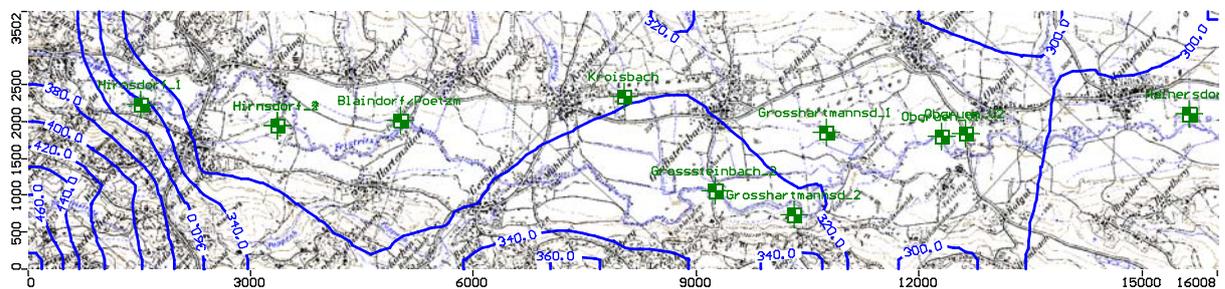


Abbildung 315: Berechnete Isolinien der Druckspiegelhöhe im Modellgebiet

In Abbildung 316, Abbildung 317 und Abbildung 318 sind die Zu- und Abflüsse im kalibrierten Modell für die einzelnen Modellaquifere dargestellt.

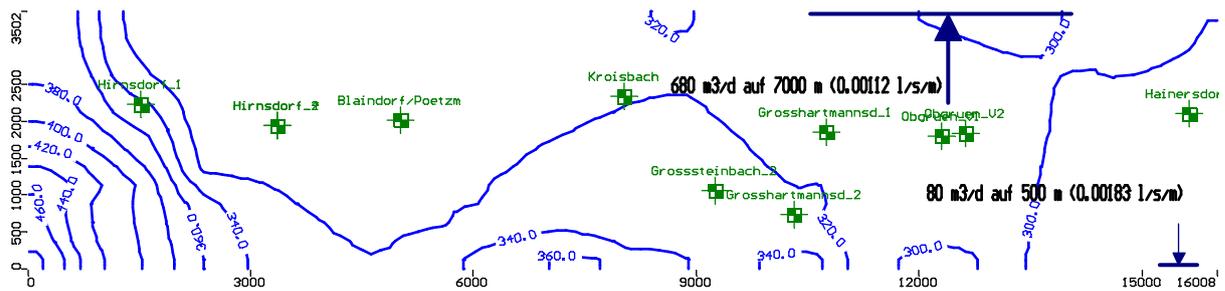


Abbildung 316: Zu- und Abflüsse im oberen Modellaquifer

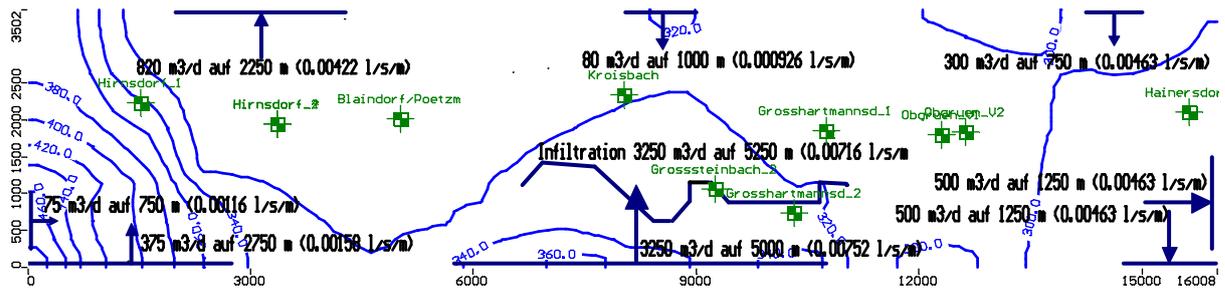


Abbildung 317: Zu- und Abflüsse im mittleren Modellaquifer

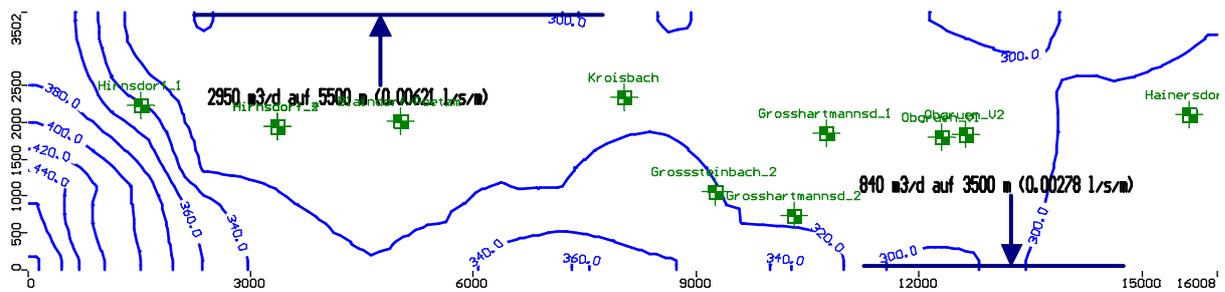


Abbildung 318: Zu- und Abflüsse im unteren Modellaquifer

Die Wasserbilanz kann demnach mit folgenden Zahlen charakterisiert werden:

Der Gesamtwasserumsatz im Modellgebiet beträgt $7685 \text{ m}^3/\text{Tag}$ ($88,9 \text{ l/s}$). Die Grundwasserneubildung aus Niederschlag vom Grundgebirge her liegt bei $309 \text{ m}^3/\text{Tag}$ ($3,6 \text{ l/s}$). Der Zustrom ins Modellgebiet inklusive Einspeisung aus der Feistritz in den mittleren Modellaquifer ($2950 \text{ m}^3/\text{Tag}$) kann mit rund $7330 \text{ m}^3/\text{Tag}$ ($84,8 \text{ l/s}$) quantifiziert werden. Der Abstrom durch den Potenzialrand ergibt sich mit $1315 \text{ m}^3/\text{Tag}$ ($15,2 \text{ l/s}$). Der Abstrom durch die Ränder beträgt $6370 \text{ m}^3/\text{Tag}$ ($73,7 \text{ l/s}$).

10.5.1.10 Erkenntnisse aus der Modellentwicklung und der Kalibrierung

Wie in den vorangegangenen Kapiteln ausgeführt konnte die Kalibrierung des Modells nur teilweise mit befriedigender Güte abgeschlossen werden. Die mittlere absolute Abweichung zwischen Messwert und Rechenwert liegt bei $1,58 \text{ m}$, was unter Berücksichtigung dessen, dass die der Kalibrierung zugrunde gelegten Druckspiegelhöhen in einer Bandbreite von $304,41 \text{ m}$ bis $347,56 \text{ m}$ variieren als akzeptable Differenz Fehler angesehen werden kann. Die gemessenen Potenziale der Bohrungen Kreisbach und Großhartmannsdorf I weisen jedoch einen erheblichen Fehler auf, welcher

darauf hinweist, dass in diesem Bereich des Aquifersystems nicht die richtigen Strömungsverhältnisse dargestellt und simuliert werden konnten. In Abbildung 319 ist das auf die untere Begrenzungsfläche projizierte Strömungsbild dargestellt. Die Startpunkte der Stromlinien liegen in der untersten Modellschicht.

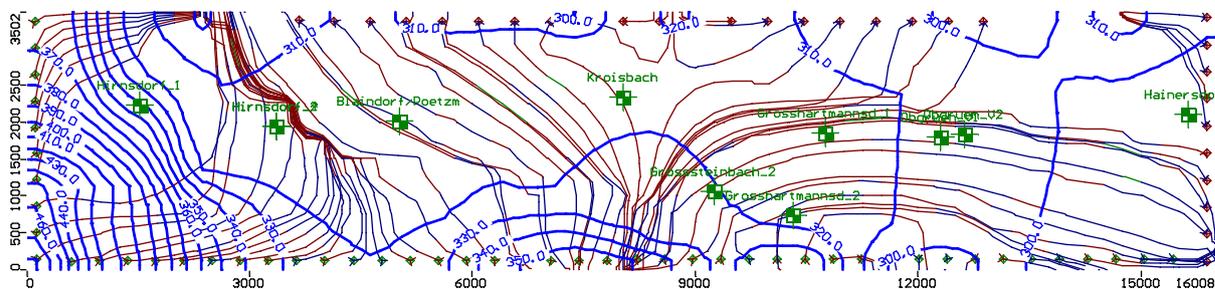


Abbildung 319: Projiziertes Strömungsbild im Modellgebiet

Der Hauptgrund für die Abweichung der Kalibrierung von den Messwerten war die im Vergleich zur Komplexität des Aquifersystems (trotz enormer Datenerhebungen zur Aquifersystemanalyse und Gewinnung neuer Erkenntnisse über die gespannten Aquifere) bescheidene Datenlage. Zumindest waren die zur Verfügung stehenden Daten und Informationen nur bedingt ausreichend um ein dreidimensionales Modell im mittleren Feistritztal zu entwickeln. Dies bedeutet jedoch nicht, dass die Grundwasserströmung in den einzelnen Horizonten in 2D-Modellen nicht mit ausreichender Genauigkeit nachgebildet werden kann. Daher soll im Weiteren versucht werden, die Aquifere in 2D-Modellen zu erfassen und bei positiven Ergebnissen der Kalibrierung in einem Mehrschichtenmodell miteinander zu koppeln, wobei die Modellaquifere hydraulisch unabhängige Drucksysteme darstellen, welche miteinander durch das Leakage-Prinzip kommunizieren.

Um ein mit ausreichender Güte kalibriertes 3D-Modell entwickeln zu können, wären weitere Bohrungen in den einzelnen Aquifern, Pumpversuche in diesen Bohrungen, Erfassung der möglichen hydraulischen Verbindung zwischen Feistritz und den auseinanderliegenden Aquifern durch weitere präzise Durchflussmessungen und Messung der Wasserspiegellage erforderlich.

10.5.2 Erfahrungen - Modell Mittleres Safental

Für das mittlere Safental wurde von VASVÁRI (1996) ein zweidimensionales Strömungsmodell entwickelt. Die verwendete Software HPP-GMS löst die Strömungsgleichung mit der Finite-Elemente-Methode. Da es sich im Safental um ein Multiaquifersystem handelt, wurde das Aquifersystem aufgrund einer unzureichenden Kenntnis der einzelnen Aquifere und einer zu geringen Datendichte in einem äquivalenten Einzelaquifer zusammengefasst und modelliert. Im mittleren Safental von Kaindorf-Dombachtal im Norden bis Jobst-Blumau im Süden wurde ein Modellgebiet mit einer Größe von 173,7 km² abgegrenzt. Die Mächtigkeit des Modellaquifers lag zwischen 2 und 10 m. In diesem Modellaquifer wurden die wasserführenden Horizonte einer etwa 100 m mächtigen Schichtfolge

zusammengefasst. Für die südliche Modellgrenze wurde aufgrund von Druckspiegelmessungen ein Festpotenzialrand angenommen. Die übrigen Randabschnitte wurden als Zu- bzw. Abflussränder definiert. Entsprechend der generellen Fließrichtung Nordwest-Südost wurden der West- und der Nordrand als Zuflussbereiche und der Ostrand als Abflussbereich im Modell berücksichtigt. Bei der Ermittlung der Transmissivitätsverteilung wurde die Schüttungsrichtung der fluviatilen Ablagerungen im Pannon (quer zum heutigen Tal) mit berücksichtigt (ZOJER, 1987) und im Laufe der Kalibrierung präzisiert. Mit der gleichen Transmissivitätsverteilung (Werte zwischen $1,8 \cdot 10^{-4}$ und $2,1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$) wurden zwei Modellvarianten durchgerechnet. Bei der Modellvariante A wurden die Transmissivitätswerte in ihrem unteren Wertebereich, bei der Modellvariante B in ihrem oberen Wertebereich angenommen. Dementsprechend mussten bei der Modellvariante B die Zu- und Abflüsse erhöht werden. Die Kalibrierung erfolgte mit einem mittleren absoluten Fehler von 0,81 m bei Modellvariante A und von 0,79 m bei Modellvariante B. Bei der Modellvariante A betrug der Wasserumsatz $2330 \text{ m}^3/\text{d}$ ($\sim 26 \text{ l/s}$), bei der Modellvariante B ergab sich ein Wasserumsatz von $4650 \text{ m}^3/\text{d}$ ($\sim 53 \text{ l/s}$).

Die zwei Modellvarianten können als mögliche, wenn auch stark schematisierte Realisierungen der Untergrundstrukturen und Strömungsverhältnisse der gespannten Aquifere im mittleren Safental angesehen werden. Somit gelang es, mit Hilfe des Modells außer dem generellen Strömungsbild auch die Bandbreite des möglichen Wasserumsatzes zu ermitteln. Weiters führten die Modellrechnungen zur Annahme einer Störungszone zwischen den Bohrungen Waltersorf Süd und Blumau. Diese Zone stellt eine Trennzone zwischen dem Jobst-Blumau-Aquifer und dem nördlich davon gelegenen Modellgebiet dar. Diese Trennzone kann auch bedeuten, dass der Jobst-Blumau-Aquifer ein vom zentralen Modellgebiet hydraulisch praktisch unabhängiges System darstellt.

Mit den kalibrierten Modellvarianten wurden Simulationsberechnungen durchgeführt. Simuliert wurde die Wasserentnahme sämtlicher Versorgungsbrunnen im Modellgebiet in der Höhe der Summe der Konsensentnahmemengen von $27,1 \text{ l/s}$. Bei unveränderten Randbedingungen ergaben die beiden Modellvarianten großflächige Druckspiegelabsenkungen (Modellvariante A: 15 bis 45 m; Modellvariante B: 9 bis 26 m). In diesem Ausmaß wurden bisher jedoch keine Absenkungen beobachtet. Dies muss mit einem höheren Wasserumsatz gedeutet werden, was durch höhere Zu- und Abflüsse simuliert werden kann.

10.5.3 Hydraulische Simulation von Vertikalschnitten (Profilm Modelle)

10.5.3.1 Allgemeines

Innerhalb dieses Kapitels werden die hydraulischen Zusammenhänge und Mechanismen, die für die Neubildung und die Fließpfade der Tiefengrundwässer relevant sind, in hydraulischen Strömungsmodellen untersucht. Die Modellrechnungen, erfolgen mittels des Softwarepaketes FEFLOW (WASY-Software) nach dem Prinzip der finiten Elemente. Die Umsetzung der hydraulischen

Fragestellungen erfolgt zweidimensional-stationär in vertikalen Profilschnitten. Die Basis dieser Profilmolelle stellen die in Kapitel 9.4 erläuterten Profilschnitte dar. In diesen Profilmolellen werden die hydraulischen Zusammenhänge analysiert, mögliche Szenarien der Grundwasserneubildung verifiziert bzw. falsifiziert und Strömungsgeschwindigkeiten ausgewertet. Die Umsetzung der Profilschnitte bezieht sich auf einen Querschnitt von 1m (Profilmquerschnitt = 1m). Im folgenden wird dafür die Bezeichnung Qm=Querschnittsmeter verwendet (siehe Abbildung 320). Die gewählten Rahmen- und Randbedingungen sowie die Berechnungsergebnisse werden auf die relevanten Talquerschnitte übertragen und bewertet.

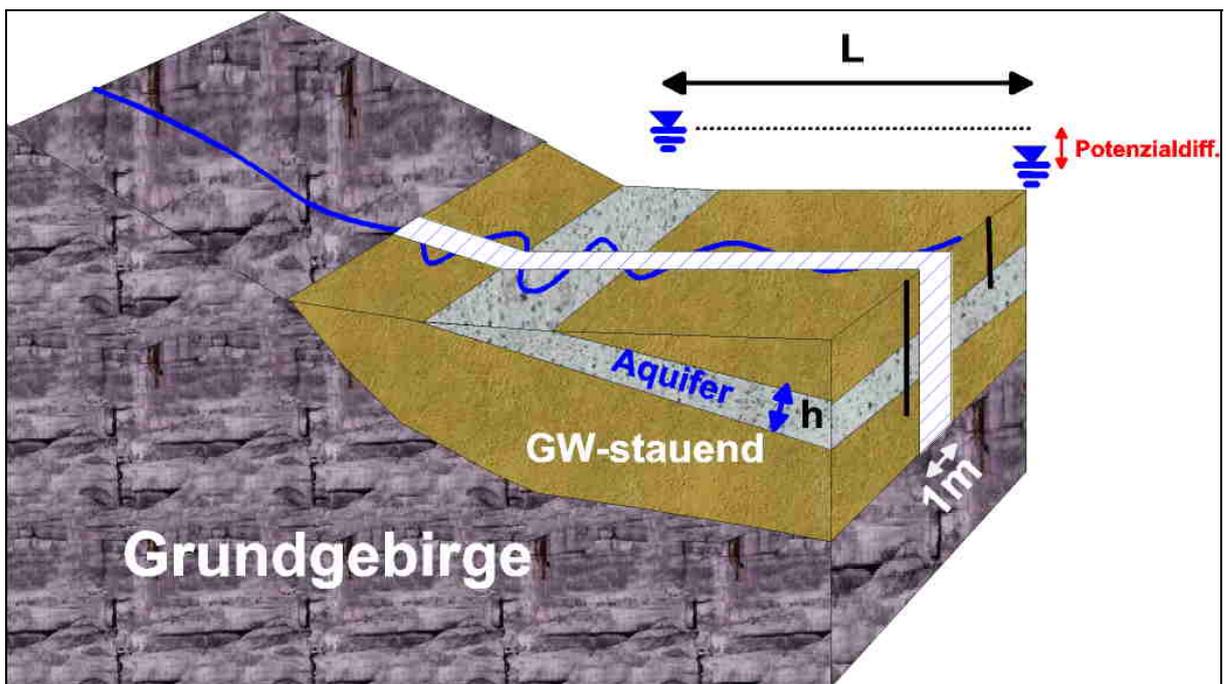


Abbildung 320: Prinzip der Profilmolelle

Diese beschriebene Methodik wird für verschiedene Fragestellungen angewendet, welche in den folgenden Kapiteln detailliert beschrieben werden.

10.5.3.2 Profilmolelle Oberes Lafnitztal

Das Profilmolelle „Oberes Lafnitztal“ basiert auf der Überlegung, dass die Grundwasserneubildung im wesentlichen durch eine Versickerung der Lafnitz, welche hier aus dem Grundgebirge in die Sedimente übertritt, bestimmt wird. Die Abflussmessungen im Bereich der oberen Lafnitz (siehe Kapitel 10.1.3.1.2) bilden eine wesentliche Grundlage dieses Profilmolelles.

Abbildung 320 stellt die grundlegenden Rahmenbedingungen des Profilmolelles Oberes Lafnitztal dar.

Im Modell wurden die hydrogeologischen Rahmenbedingungen maßstabsgetreu, vereinfacht umgesetzt. Ziel dieses Konzeptmodells ist es, den zugrundegelegten Neubildungsmechanismus, welcher wesentlich von der direkten Alimentation des Tiefengrundwassers durch die Lafnitz bestimmt zu sein scheint, zu quantifizieren. Die detaillierte Situationsbeschreibung, welche die Basis dieses Profilmodells bildet, erfolgt in Kapitel 10.1.3.1.2.

Auf Basis verschiedener Überlegungen wurden die möglichen Rahmen- und Randbedingungen, sowie die Fließparameter (k_f -Werte) variiert. Innerhalb dieses Kapitels erfolgt eine Dokumentation der Modellierungsschritte und eine Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse der berechneten Varianten.

Im folgenden werden nur jene Modellvarianten beschrieben, die aufgrund einer abschließenden Bewertung der Ergebnisse relevant sind.

Abbildung 321 stellt die geometrischen Rahmenbedingungen und das in FEFLOW generierte FE-Netz dar. Dieses Modellnetz ist die Basis aller Variantenberechnungen innerhalb dieses Kapitels.

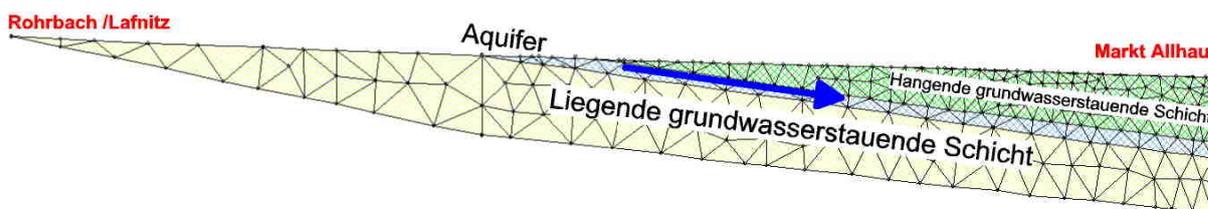


Abbildung 321: Modellnetz – Profilmodell Oberes Lafnitz

10.5.3.2.1 Variantenbeschreibung V02

In den verschiedenen Varianten V02 (a-d) wurden die k_f -Werte des Aquifers und der Stauer variiert. Die Potenziale wurden etwa entsprechend der Geländeoberkante angenommen. Dies ist eine generalisierte Annahme, die aufgrund der in Kapitel 10.1.5 durchgeführten Analyse der Potenzialverteilung im NANUTIWA-Gebiet zulässig erscheint und für alle in Kapitel 10.5.1 berechneten Profilmodelle herangezogen wird. Im Detail weichen die Annahmen und daher auch die Ergebnisse von den tatsächlichen Bedingungen ab. Für die generellen und szenarienhaften Minimum-Maximum-Betrachtungen und Berechnungen der hydraulischen Möglichkeiten ist diese Vorgangsweise jedoch zielführend.

Im Bereich der unterstromigen Modellgebietsgrenze wurde ein konstantes Potenzial einer Entnahme über den gesamten Querschnitt vorgegeben (siehe Abbildung 322). In V02 (a-d) wurde das Potenzial nur im Bereich des Aquiferauskeilens an der Oberfläche aufgebracht. Die Zwischenstauer nehmen daher nur passiv als Reaktion auf die Infiltration im Bereich des Aquiferauskeilens an der Durchströmung teil.

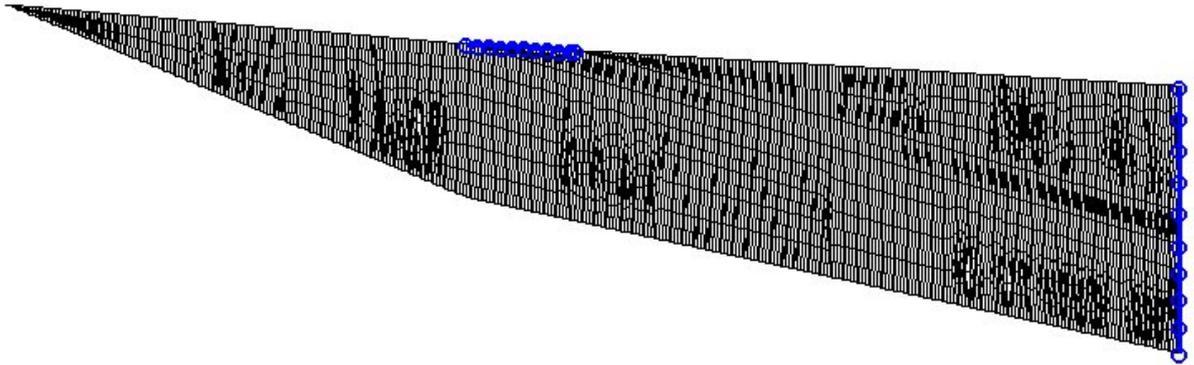


Abbildung 322: Randbedingungen für Profilmodell Oberes Lafnitztal V02

Der Hauptdurchsatz verhält sich entsprechend der k_f -Wert-Verteilung. Die Potenzialverteilung verläuft senkrecht. D.h. ein Großteil der Infiltration erfolgt entlang der definierten Aquiferschicht. Auch die grundwasserstauenden Schichten weisen ein den Transmissivitäten und den definierten Randbedingungen entsprechendes Fließbild auf. Im grundwasserstauenden Bereich ohne Potenzial besteht nahezu keine Fließbewegung (siehe dazu Abbildung 323).

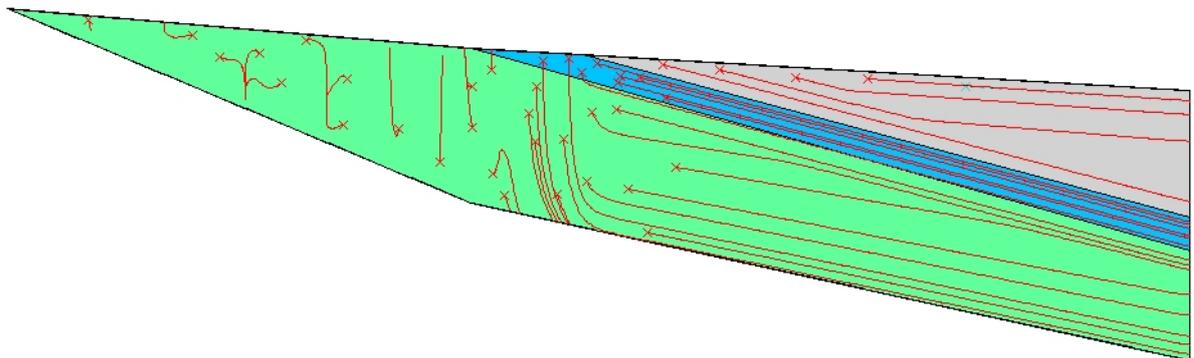


Abbildung 323: Fließpfade - Variante V02c

10.5.3.2.2 Variantenbeschreibung V03

In dieser Variante wurde versucht die Unterschiede zwischen V02 und V03 zu erarbeiten. Der Unterschied zwischen diesen beiden Varianten bestand im Wesentlichen in der Potenzialverteilung entlang der Oberfläche. Während in Variante V02 das Potenzial nur im Bereich des Aquiferauskeilens an der Oberfläche angelegt wurde, wurde das Potenzial in V03 entlang der gesamten Modelloberfläche, also auch im Bereich der grundwasserstauenden Schichten angelegt (siehe Abbildung 324).

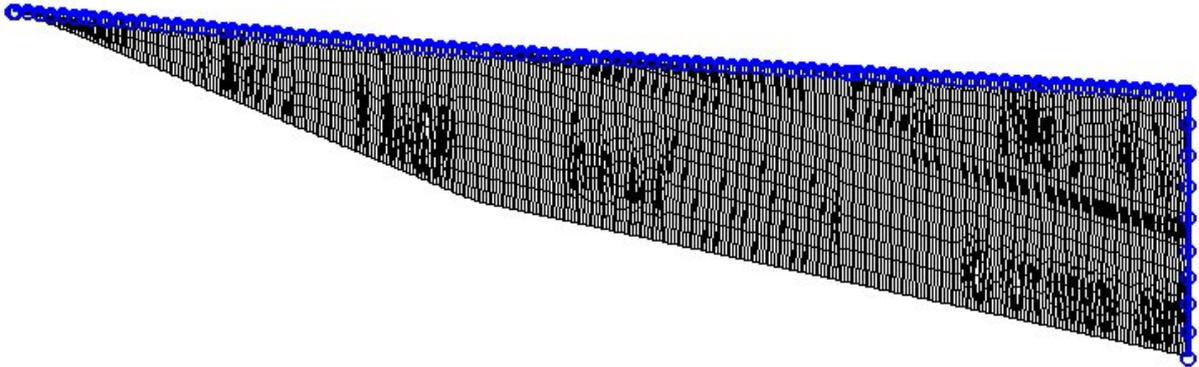


Abbildung 324: Randbedingungen für Profilmodell Oberes Lafnitztal V03

Die Durchsatzmengen variieren entsprechend den k_f -Werten.

Die Fließpfade (siehe Abbildung 325) zeigen die generelle Ausrichtung entlang des Aquifereinfalls. In den grundwasserstauenden Schichten (grundwasserstromaufwärts des Aquifers) besteht im Gegensatz zu V02 eine Fließbewegung. Die Fließpfade in diesem Bereich deuten ein kleinräumiges Zirkulationssystem mit einer Exfiltration in den Aquifer an. Dieses Fließbild stellt einen prinzipiellen Fließmechanismus dar, der für die Tiefengrundwasserzirkulation und die Tiefengrundwasserneubildung von grundlegender Bedeutung ist.

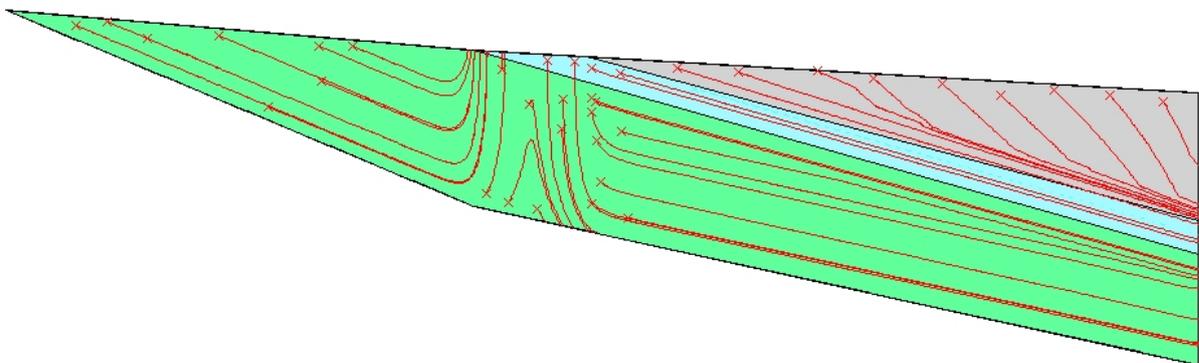


Abbildung 325: Fließpfade - Variante V03

10.5.3.2.3 Variantenbeschreibung V04

In Variante V04 wurde versucht im Bereich des Auskeilens des Aquifers eine Infiltrationsmenge Q vorzugeben und diese zu variieren und damit das Verhalten des Gesamtsystems zu analysieren. Die Infiltrationsmenge Q wurde zwischen 10000 l/s und 1 l/s pro 100 Qm variiert, das Potenzial am rechten (unterstromigen) Modellrand konstant gehalten.

Das Ergebnis zeigt, dass bei den gegebenen Fließparametern sehr rasch ein Aufstau des Wassers im Infiltrationsbereich entstehen würde. Nach dem Gesetz von Darcy baut sich das Potenzial dabei theoretisch so weit auf, bis die vorgegebene Durchflussrate (bei gegebener Geometrie und gegebenen k_f -Werten) erreicht wird.

Neben der Infiltrationsmenge wurden auch die k_f -Werte des Aquifers variiert.

Eine Lösung des Systems besteht, wenn in 100m Talquerschnitt eine Neubildung von 5 l/s erfolgt. Bei einem k_f -Wert von $2 \cdot 10^{-4}$ m/s ergibt diese Variante ein Potenzial, welches etwa im Bereich des Geländeneiveaus liegt und daher realistisch ist. In Abbildung 326 sind die Ergebnisse grafisch umgesetzt zusammengefasst.

Die Tatsache, dass dieses System hydraulisch-mathematisch lösbar ist zeigt, dass die Infiltrationsrate aus der Lafnitz unter den gegebenen geometrisch-hydraulischen Rahmenbedingungen ein möglicher Ansatz für die Grundwasserneubildung in diesem Bereich sein kann. Die im Rahmen der Abflussmessungen nachgewiesenen Verlustmengen in der Lafnitz (siehe Kapitel 10.1.3.1.2) von etwa 100 l/s können innerhalb dieser Variante jedoch nicht nachvollzogen werden. Für diesen Widerspruch können einige Faktoren verantwortlich sein, die mit der Vereinfachung des Modellgebietes zusammenhängen. Im Detail wird an dieser Stelle nicht auf diese Faktoren eingegangen.

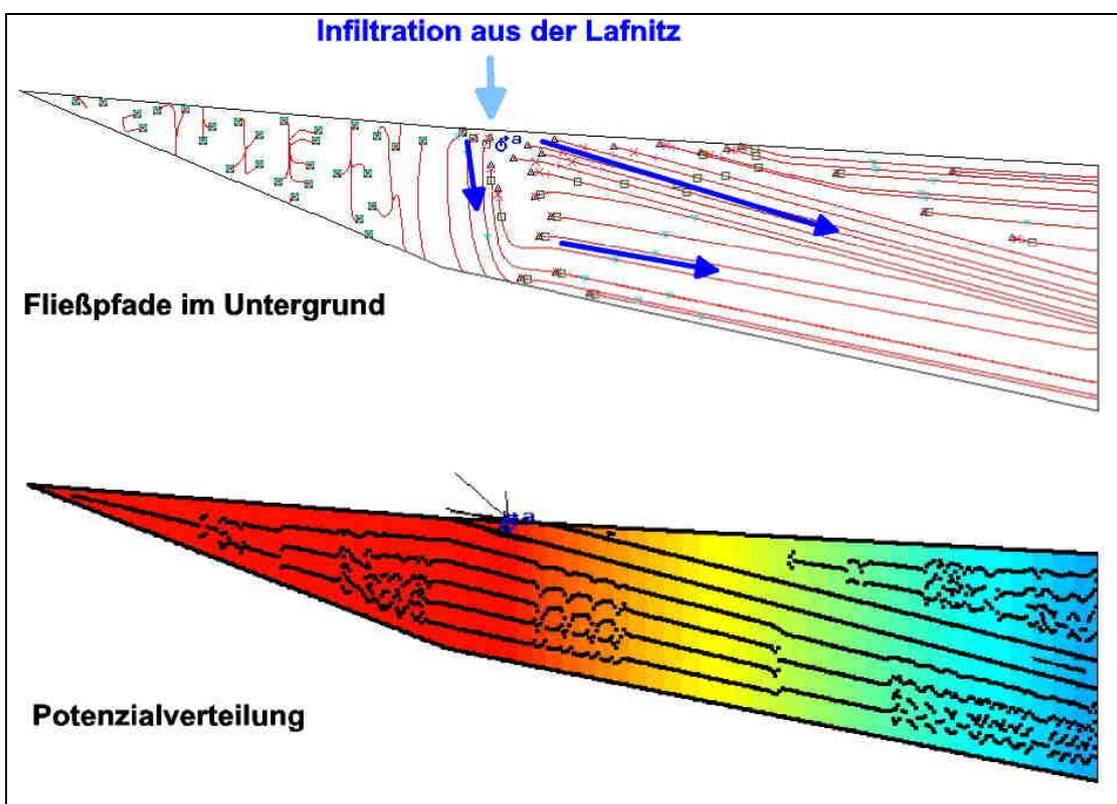


Abbildung 326: Zusammenfassung der Ergebnisse der Variante V04

10.5.3.2.4 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die berechneten Varianten liefern eine mathematisch-hydraulische Umsetzung der Grundwasserneubildung aus den Flüssen in die Tiefenaquifere. Generell ist anzumerken, dass es sich beim Modell „Oberes Lafnitztal“ um keine prognosefähige Simulation handelt, sondern dieses Strömungsmodell nur der Verifizierung des zugrundegelegten Neubildungsmechanismus dient. Für den dargestellten Fall des oberen Lafnitztales existieren Lösungen unter realistischen Annahmen für die Potenzial- und die k_f -Wert-Verteilung. Die berechneten Fließgeschwindigkeiten sind generell sehr gering und deuten sehr lange Verweilzeiten an, die mit den Wasseraltern der Wässer in Übereinstimmung gebracht werden können.

10.5.3.3 Profilmodell Pinkatal

Das Profilmodell Pinkatal, welches die Grundwasserfließmechanismen im Untergrund entlang des Pinkatales quantifiziert, basiert auf den Aquiferkorrelationen, welche in Kapitel 9 näher beschrieben sind.

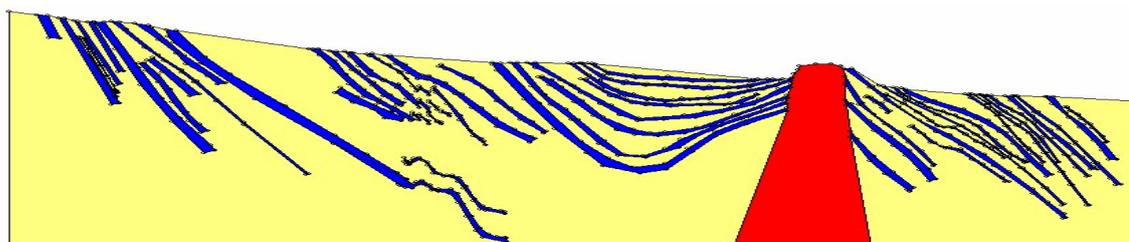


Abbildung 327: Aquifergeometrie – Profilmodell Pinkatal

Der Vertikalschnitt A aus Kapitel 9.4 wurde vereinfacht und in ein Modellnetz umgesetzt (siehe Abbildung 327). Aufgrund der extremen Geometrie des Systems (etwa 300 m Gesamtmächtigkeit bei einer Längserstreckung von etwa 50km) erwies sich die Generierung des Modellnetzes als sehr aufwendig. Einfache Modellnetze waren mathematisch instabil und führten zu keiner plausiblen Lösung. Verfeinerte Modellnetze überlasteten die Computer z.T. erheblich. Schließlich gelang es dennoch mathematisch stabile Lösungen der Fließvorgänge zu erhalten.

Da die Mächtigkeiten entlang der korrelierten Schichten nicht im Detail bekannt sind, können diese hinsichtlich der Geometrie nur angenähert dargestellt werden. Für die Umsetzung und Kalibrierung in hydraulischen Modellrechnungen kann diese Tatsache durch Variieren der Durchlässigkeitswerte berücksichtigt werden.

Auch im Profilmodell Pinkafeld wurde das Potenzial etwa im Bereich der Geländeoberkante festgelegt (nähere Erläuterungen dazu siehe Kapitel 10.5.3.1).

Im Rahmen des Profilmodells Pinkatal wurden verschiedene Varianten simuliert, die eine Darstellung der Neubildungsmechanismen ermöglichten. Einerseits wurden Varianten ohne die Berücksichtigung der Südburgenländischen Schwelle berechnet, da diese Variante anfangs mathematisch instabil war. Nach einer Stabilisierung der Berechnungsvarianten wurde die Südburgenländische Schwelle wieder in das Modellgebiet einbezogen und alle folgenden Varianten unter Einbindung der Südburgenländischen Schwelle berechnet. Innerhalb der verschiedenen Variantenberechnungen wurde die kf-Wert-Verteilung, die Potenzialverteilung und die Entnahme- bzw. Neubildungsmechanismen in Form der Randbedingungen variiert.

Aufgrund der mathematischen Instabilität der Modellrechnungen wurde Variante V02a ohne die Einbeziehung der Südburgenländischen Schwelle realisiert (Ergebnisse siehe Abbildung 328).

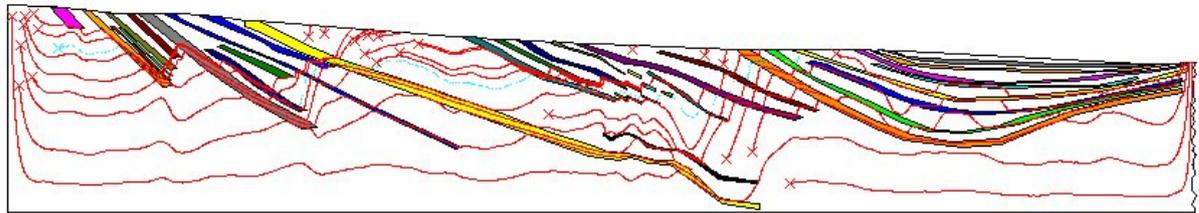


Abbildung 328: Fließpfad aus Modellvariante V02a

Die prinzipiellen Ergebnisse der verschiedenen Modellvarianten der Profilmodells Pinkatal variieren nur geringfügig. Aus diesem Grund erfolgt eine zusammenfassende Darstellung.

Die Ergebnisse des Profilmodells Pinkatal bilden eine wesentliche Grundlage für die hydraulisch nachvollziehbare Darstellung und das Verständnis der Grundwasserneubildungsmechanismen sowie der hydrochemischen und isotopehydrologischen Genese der Tiefengrundwässer.

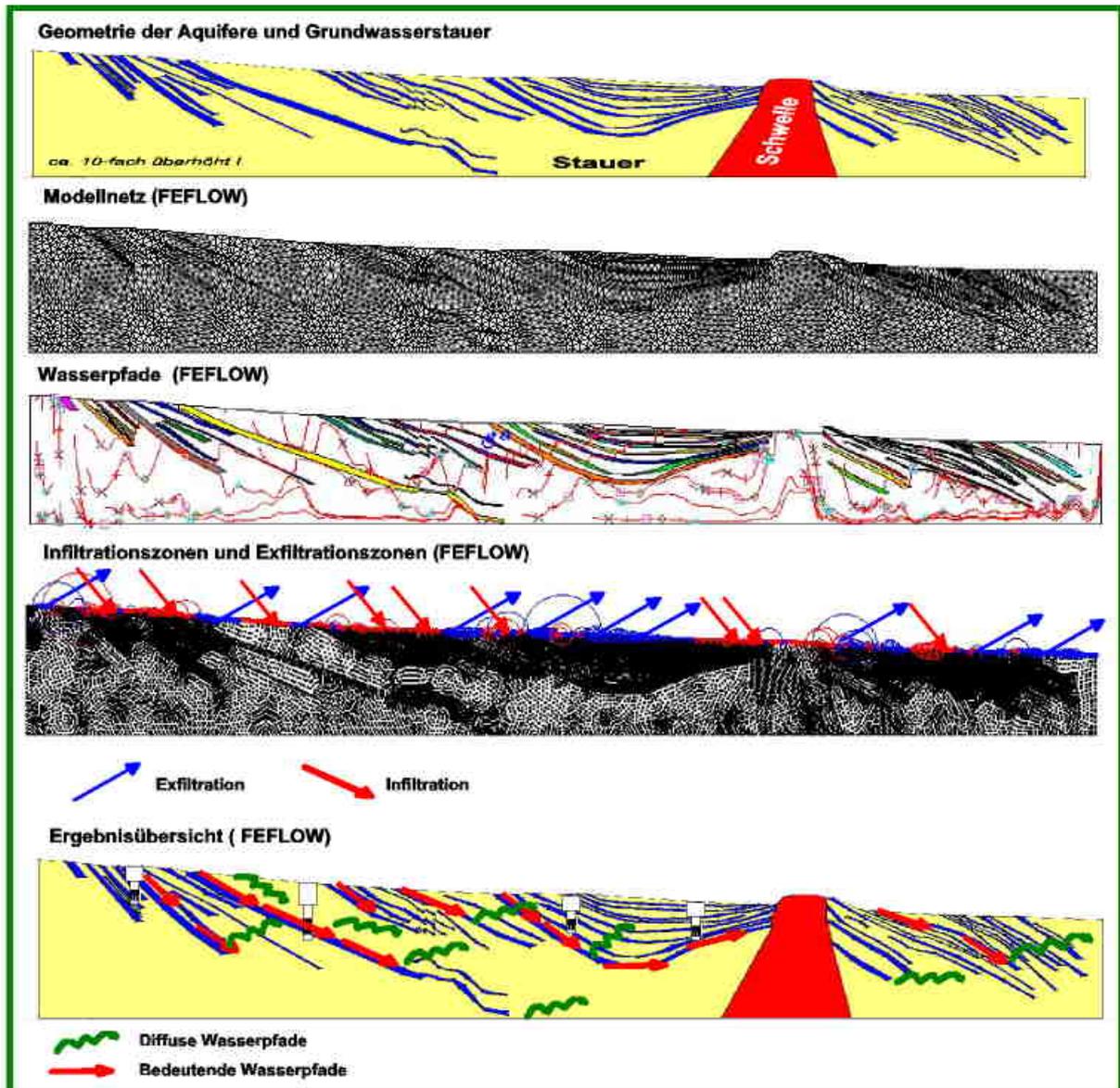


Abbildung 329: Ergebnisübersicht - Profilmodell Pinkatal

Abbildung 329 fasst die Grundlagen, die Bearbeitungsmethodik sowie die wesentlichen Ergebnisse des Profilmodells Pinkatal zusammen.

In dem Teilbild Geometrie der Aquifere und Grundwasserstauer wurde der Profilschnitt A aus dem Kapitel 9 - Aquifersystemanalyse - für die hydraulische Modellierung aufbereitet und anschließend in das Modellnetz transformiert. Die resultierenden Wasserpfade stellen ein Bild der Gesamtheit der Wasserpfade im Profilmodell Pinkatal dar. Die Darstellung der Wasserpfade zeigt, dass die sogenannten „grundwasserstauenden“ Schichten mit geringen k_f -Werten einen signifikanten Einfluss auf die Wasserpfade der Tiefengrundwässer ausüben. Die Wasserpfade sind einerseits entsprechend

den einfallenden z.T. an der Oberfläche auskeilenden Aquiferschichten, andererseits jedoch auch quer zu den grundwasserleitenden Schichten orientiert.

Einerseits bestimmt die Geometrie der Aquifere und der grundwasserstauenden Schichten die Verteilung von Exfiltrations- und Infiltrationszonen und andererseits wird dadurch die Grundlage für die Bewertung der hydrochemischen Genese gelegt, welche eine Vermischung von Wässern aus grundwasserstauenden Schichten mit Wässern aus grundwasserleitenden Schichten andeutet. Es kommt daher zu einer Vermischung von rascher zirkulierenden Wasserkomponenten mit Wässern sehr geringer Fließgeschwindigkeiten. Diese Tatsache ist für die Darstellung der hydraulischen Zusammenhänge und die hydrochemisch-isotopenhydrologischen Interpretationen zu berücksichtigen.

10.5.4 Übertragung der Erfahrungen aus dem Bereich der Modellierung in seichtliegenden Grundwassersystemen und Tiefengrundwasser

Da innerhalb des Projektes NANUTIWA die Durchführung von vollständigen hydraulischen Grundwassermodellen (dreidimensional, instationär) aufgrund der komplexen hydrogeologischen Rahmenbedingungen und dem hohen Aufwand nicht möglich war, wird hier auf die Erfahrungen aus dem Bereich der Modellierung von „seichtliegenden“ Grundwassermodellen eingegangen, die sehr oft vergleichbare Rahmenbedingungen aufweisen.

Grundsätzlich hat sich im Bereich der hydraulischen Modellrechnungen erwiesen, dass zweidimensionale, stationäre Strömungsmodelle in Abhängigkeit von den Fragestellungen nur bedingt tauglich für die Realisierung prognosefähiger Modellvarianten sind. Für die Berechnung von prognosefähigen Modellen sollen daher instationäre Strömungsmodelle bevorzugt verwendet werden. Dies erfordert das Vorliegen von Zeitreihen sämtlicher Potenzialpunkte und eine genaue Kenntnis der hydraulischen Gesteinsparameter. Für Tiefengrundwasser ist weiters die Umsetzung der Strömungsmechanismen in dreidimensionaler Weise erforderlich, da auch vertikale Fließkomponenten (z.B. hydraulische Zusammenhänge zwischen Grundwasserstockwerken) und vertikal veränderliche Durchlässigkeiten vorliegen. Im Modellgebiet von NANUTIWA wäre dies aus derzeitiger Sicht aufgrund der Erfüllung dieser Voraussetzungen vorrangig in den Brunnenfeldern Heiligenkreuz und Oberwart-Untervart zielführend und könnte Gegenstand weiterer Forschungsaktivitäten sein.

10.5.5 Zusammenfassende Bewertung von Grundwassermodellen im Bereich von Tiefenaquiferen

Die dargestellten Grundwasserströmungsmodelle bieten die Möglichkeit der mathematischen Verifizierung zugrundegelegter Fließmechanismen.

Die Modelle bieten ein ausgezeichnetes Instrument zur Visualisierung von Fließpfaden und deren Umsetzung im Bereich anderer Themenbereiche (z.B. hydrochemische Genese der Wässer)

Die dargestellten Grundwassermodelle dienen der szenarienhaften Lösung von hydrogeologischen Ansätzen, sind jedoch derzeit in dieser Form noch nicht prognosefähig.

Die hydraulische Simulation von Vertikalschnitten und die Datensituation zeigt, dass nur die Modellierung von dreidimensionalen, instationären Grundwassermodellen zum Ziel führen kann, wenn man von der Zielvorstellung eines prognosefähigen, hinreichend kalibrierten Grundwassermodells ausgeht.

Dies erfordert die Kenntnis der Aquifergeometrie, der k_f -Werte, der Porositäten und der Anisotropiekennwerte hinsichtlich der vertikalen Durchlässigkeit. Weiters ist eine umfassende Datenbasis in Form von Druck- und Entnahmemengenzereihen erforderlich. Diese Voraussetzung wäre aufgrund des im Burgenland aufgebauten Brunnen Monitoring Systems Burgenland erfüllt. Hinsichtlich bestehender Voruntersuchungen bezüglich der Geometrie und der Aquiferverteilung würde sich für die Berechnung eines hydraulischen Modells das untere Lafnitztal im Bereich von Heiligenkreuz oder das Brunnenfeld Oberwart-Untervart anbieten.

11 Chemisch-physikalische Gliederung der Wässer

11.1 Allgemeines

Die hydrochemischen und die physikalischen Eigenschaften der Wässer bilden eine wesentliche Grundlage für die Typisierung der Wässer und die Untersuchung der Genese der Tiefengrundwässer. Einerseits kann eine lokale Unterscheidung der Wässer erfolgen, andererseits können die qualitativen Eigenschaften der Wässer und deren zeitliche Änderung dokumentiert werden. Vor allem die zeitliche Entwicklung der hydrochemischen und isotopehydrologischen Parameter kann Auskunft über die Nachhaltigkeit einer Bewirtschaftung, Veränderungen in aquatischen Systemen und brunnen-spezifische Veränderungen geben.

Im folgenden wird der Datenbestand und die isotopehydrologische und hydrochemische Auswertemethodik beschrieben und die daraus resultierenden Interpretationen dargelegt.

11.2 Datenbasis PRODATA

Der gesamte Datenbestand an hydrochemischen und isotopehydrologischen Datensätzen liegt in PRODATA vor. Neben den analysierten Ionengehalten und Isotopenkonzentrationen wurden die gemessenen Feldparameter und die berechneten mittleren Verweilzeiten der Tiefengrundwässer in PRODATA übernommen und für die folgenden Interpretationen herangezogen. Die Analysedaten in

der Datenbank PRODATA wurden einerseits von den beiden getrennten Datenbanken der Vorprojekte übernommen und zusammengeführt und andererseits im Rahmen von NANUTIWA neu erhoben und gemessen.

11.3 Probennahmearbeiten – Analysen

Die Probennahmearbeiten erfolgten während des gesamten Bearbeitungszeitraumes des Projektes NANUTIWA. Die Organisation der Probennahmearbeiten und deren Durchführung erfolgten durch das WRM. Die hydrochemischen Analysen und die Analysen der Gehalte an den stabilen Isotopen ^{18}O und ^2H erfolgten größtenteils im Wasserlabor des WRM. Die Analysen der Gehalte an Tritium, ^{13}C und ^{14}C erfolgten bei Arsenal Research, bei der IAEA und bei der Firma Hydroisotop GmbH.



Abbildung 330: Probenahmearbeiten im Rahmen von NANUTIWA

11.4 Auswertemethodik

Der gesamte Bestand an hydrochemischen Daten wurde in die PRODATA eingegeben bzw. lag schon aus den beiden ursprünglichen Datenbanken vor. Um die Auswertemethodik zu optimieren und die in der Hydrogeologie üblicherweise angewandten Diagrammtypen für eine Typisierung der Wässer heranziehen zu können, wurden die Datensätze aus PRODATA mit Hilfe der Spezialsoftware AQUACHEM weiterverarbeitet und für die Interpretation aufbereitet.

11.5 Kombinierte Interpretation der Daten

Da die Bewertung der qualitativen Eigenschaften und der Genese der Wässer meist eine kombinierte Anwendung hydrochemischer und isopenhydrologischer Parameter erfordert, erfolgt innerhalb des vorliegenden Endberichtes keine starre methodische Trennung zwischen diesen Interpretationsverfahren.

11.5.1 Hydrochemische Typisierung

11.5.1.1 Gesamtmineralisierung, Elektrische Leitfähigkeit

Eine erste Gliederung der Tiefengrundwässer im NANUTIWA-Gebiet erfolgt auf Basis der elektrischen Leitfähigkeiten der Wässer. Die elektrische Leitfähigkeit der Wässer stellt ein Maß für deren Gesamtmineralisierung dar und ist jener Parameter, der von den meisten Wässern bestimmt wurde. Angenähert kann die elektrische Leitfähigkeit der Wässer deren Gesamtmineralisierung in mg/l gleichgesetzt werden.

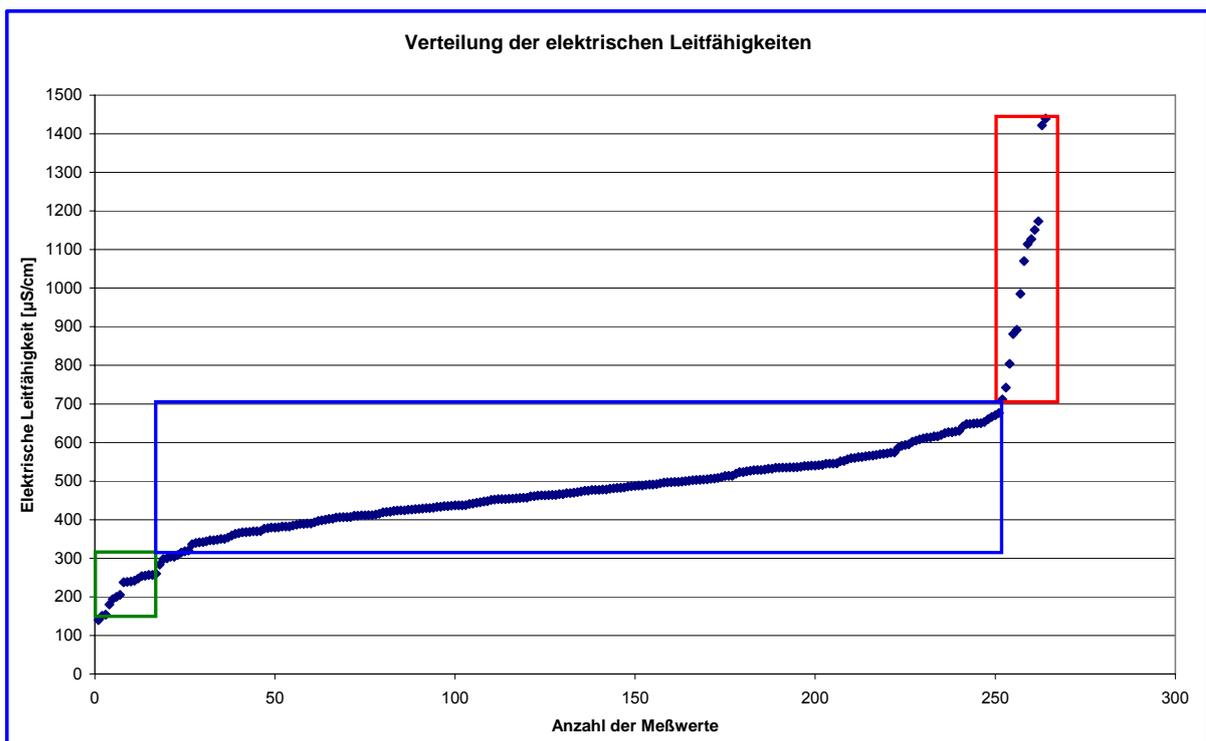


Abbildung 331: Verteilung der LF-Werte

Abbildung 331 zeigt die Verteilung der elektrischen Leitfähigkeiten im NANUTIWA-Gebiet auf Basis eines entsprechenden Diagramms. Der wesentliche Anteil der Wässer besitzt Leitfähigkeiten zwischen 300 und 700 $\mu\text{S/cm}$ (blauer Bereich). Ein kleiner Anteil der Wässer weist Leitfähigkeitswerte unter 300 $\mu\text{S/cm}$ bzw. über 700 $\mu\text{S/cm}$ auf (grüner bzw. roter Bereich).

Abbildung 332 zeigt die räumliche Verteilung der elektrischen Leitfähigkeiten der Wässer.

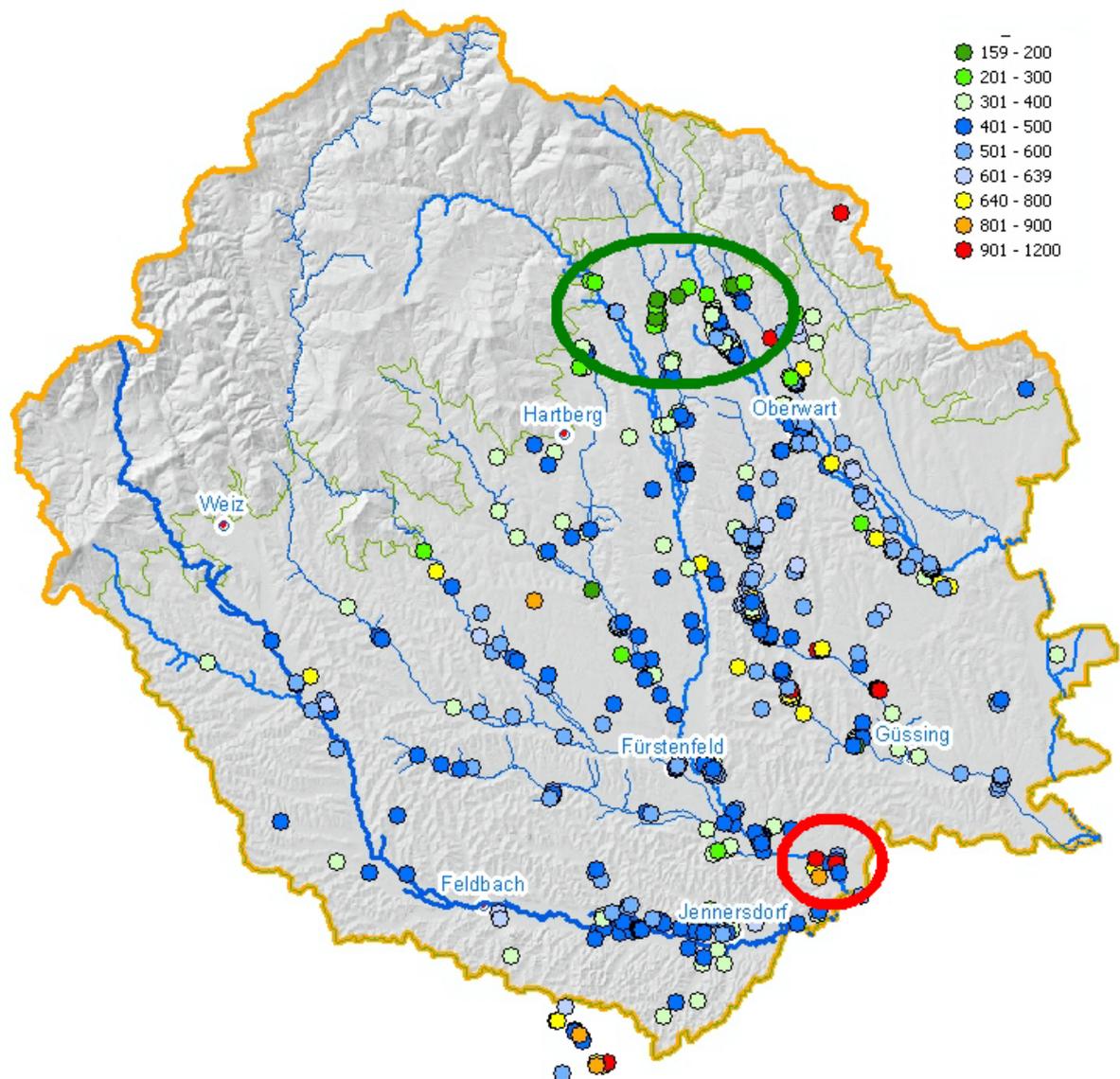


Abbildung 332: Verteilung der elektrischen Leitfähigkeiten [$\mu\text{S}/\text{cm}$] im NANUTIWA-Gebiet

In Abbildung 332 ist die Konzentration geringer Leitfähigkeitswerte im Bereich des oberen Lafnitz- und Pinkatales ersichtlich (grüne Ellipse). In diesem Bereich weisen die Wässer offensichtlich sehr geringe Gesamtmineralisierungen auf. Die aktuellsten Analysen von Brunnen im Bereich von Pinkafeld (Brunnen Römerbrücke 1-3, Brunnen 6 – Gortan) weisen Leitfähigkeitswerte von nur 150-200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ auf. Wie auch andere Parameter weisen die elektrischen Leitfähigkeiten in diesem Gebiet auf rasch zirkulierende Systeme hin.

Die höchsten Leitfähigkeiten für Tiefengrundwässer zur Trinkwassernutzung liegen im Bereich des unteren Lafnitztales vor (roter Kreis). Hier weisen einzelne Brunnen Leitfähigkeiten von über 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ auf. Die z.T. sehr hoch mineralisierten Thermalwässer sind in den Darstellungen dieses Kapitels nicht beinhaltet, da diese Spezialfälle der Tiefengrundwässer darstellen.

In Abbildung 333 wird der Zusammenhang der Gesamtmineralisierung von Tiefengrundwässern mit der Tiefenlage des Aquifers untersucht. In diesem Diagramm wurde dazu die mittlere Filterstreckentiefe der beprobten Brunnen den elektrischen Leitfähigkeiten der Wässer gegenübergestellt. Offensichtlich besteht im untersuchten Tiefenbereich (bis etwa 350 m bzgl. GOK) kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Tiefenlage des Aquifers und der Gesamtmineralisierung der Wässer. Die Gründe für einen fehlenden diesbezüglichen Zusammenhang sind in den hydrogeologischen und hydraulischen Rahmenbedingungen und der davon abhängigen Lösungsgenese der Wässer zu suchen. Theoretische Modellvorstellungen der Zunahme der Gesamtmineralisierung der Wässer mit der Tiefe treffen aufgrund der vorliegenden kleinräumigen Zirkulationssysteme, der Mischung verschiedener Aquifertypen und der begrenzten Lösungskapazität aufgrund der bestehenden hydrochemischen Rahmenbedingungen und dem Mineralbestand der Aquifere nicht zu.

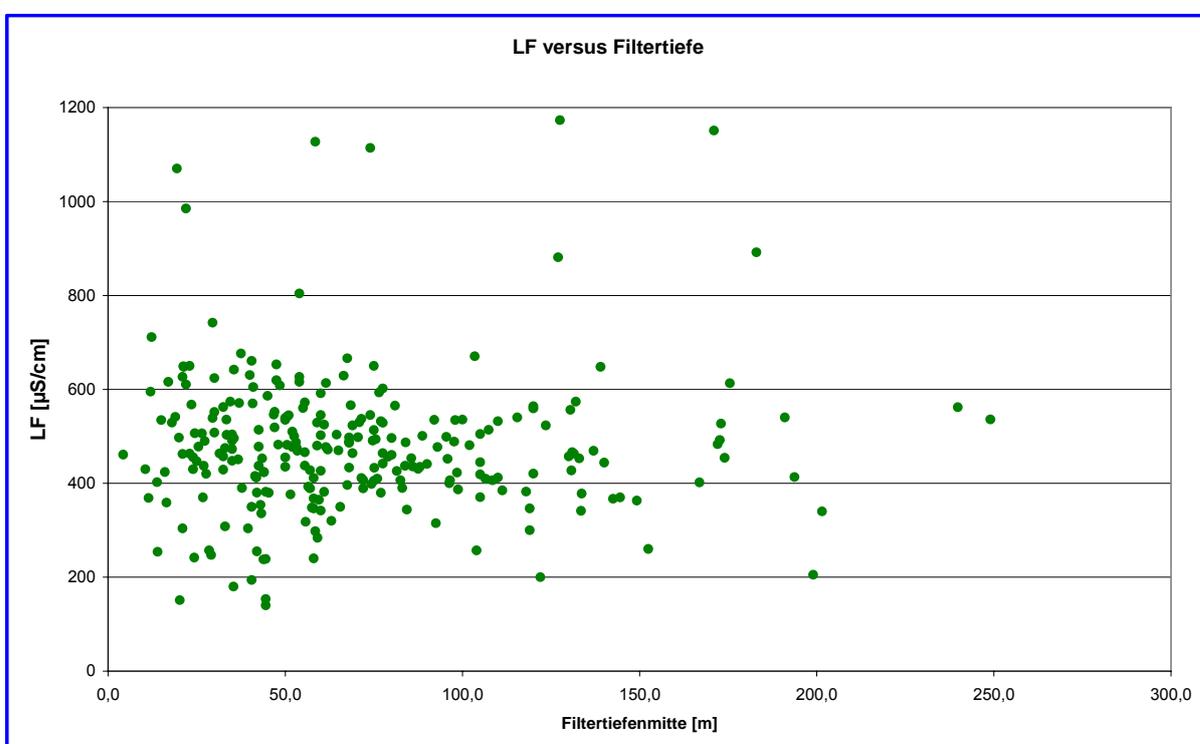


Abbildung 333: Elektrische Leitfähigkeit versus Filterstreckentiefe

11.5.1.2 Verteilung der Hauptionen - Wassertypisierung

Piper-Diagramm

Das Piper-Diagramm ist eine übersichtliche Form der grafischen Umsetzung der Hauptionen-Gehalte verschiedener Wassertypen. Neben den Kationen Ca, Mg sowie der Summe Na+K werden die Anionen HCO_3 , SO_4 und Cl in einer Darstellung zusammengefasst. Das Piper-Diagramm (siehe Abbildung 334) bildet daher eine ideale Grundlage für die hydrochemische Gliederung der

Tiefengrundwässer im NANUTIWA-Gebiet. Abbildung 335 zeigte eine Umsetzung der Hauptionengehalte auf Basis einer GIS-Darstellung.

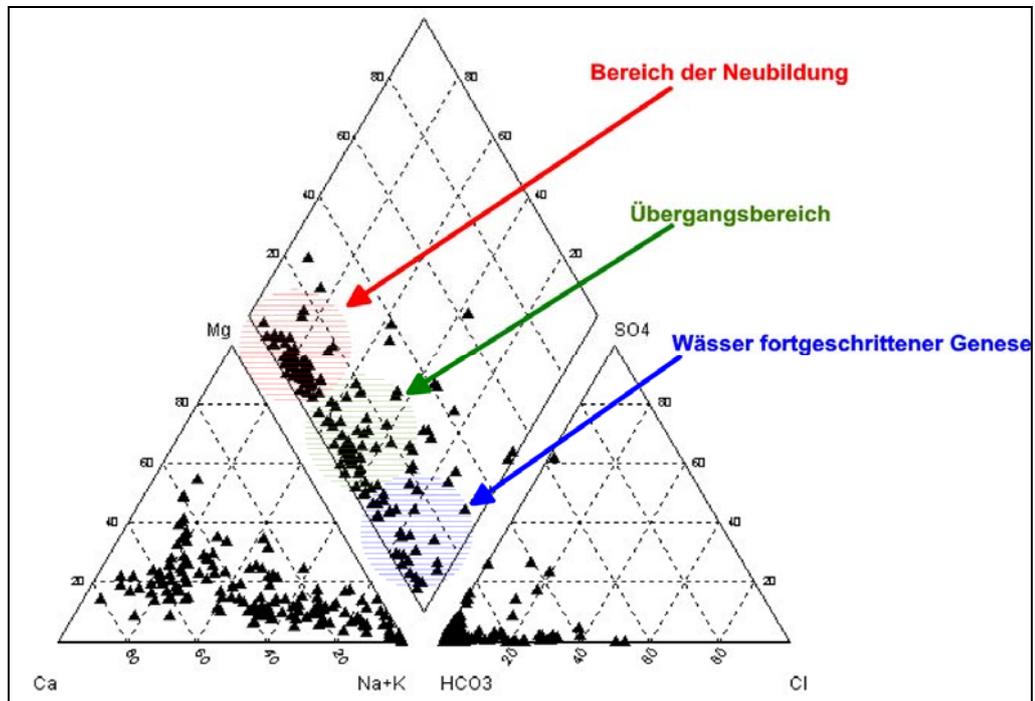


Abbildung 334: Piper-Diagramm der Tiefengrundwässer im NANUTIWA-Gebiet

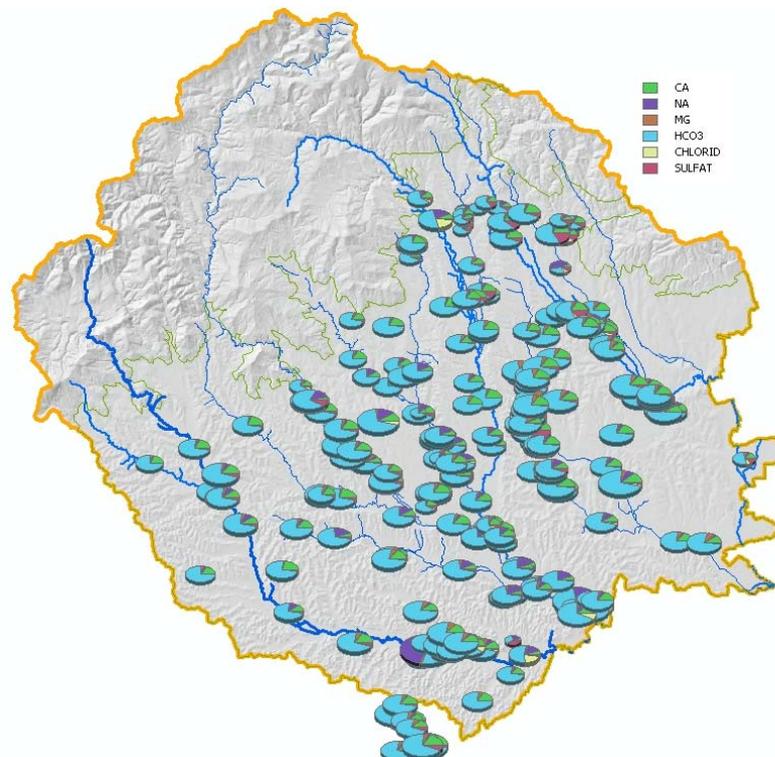


Abbildung 335: Hydrochemische Gliederung der Tiefengrundwässer

Kationenseitig dominieren Natrium und Kalzium. Anionenseitig sind die meisten Wässer vom Hydrogenkarbonat-Typus. Chlorid und Sulfat treten weitgehend in den Hintergrund. Nur wenige Wässer weisen erhöhte Chlorid-Konzentrationen auf (siehe Abbildung 336).

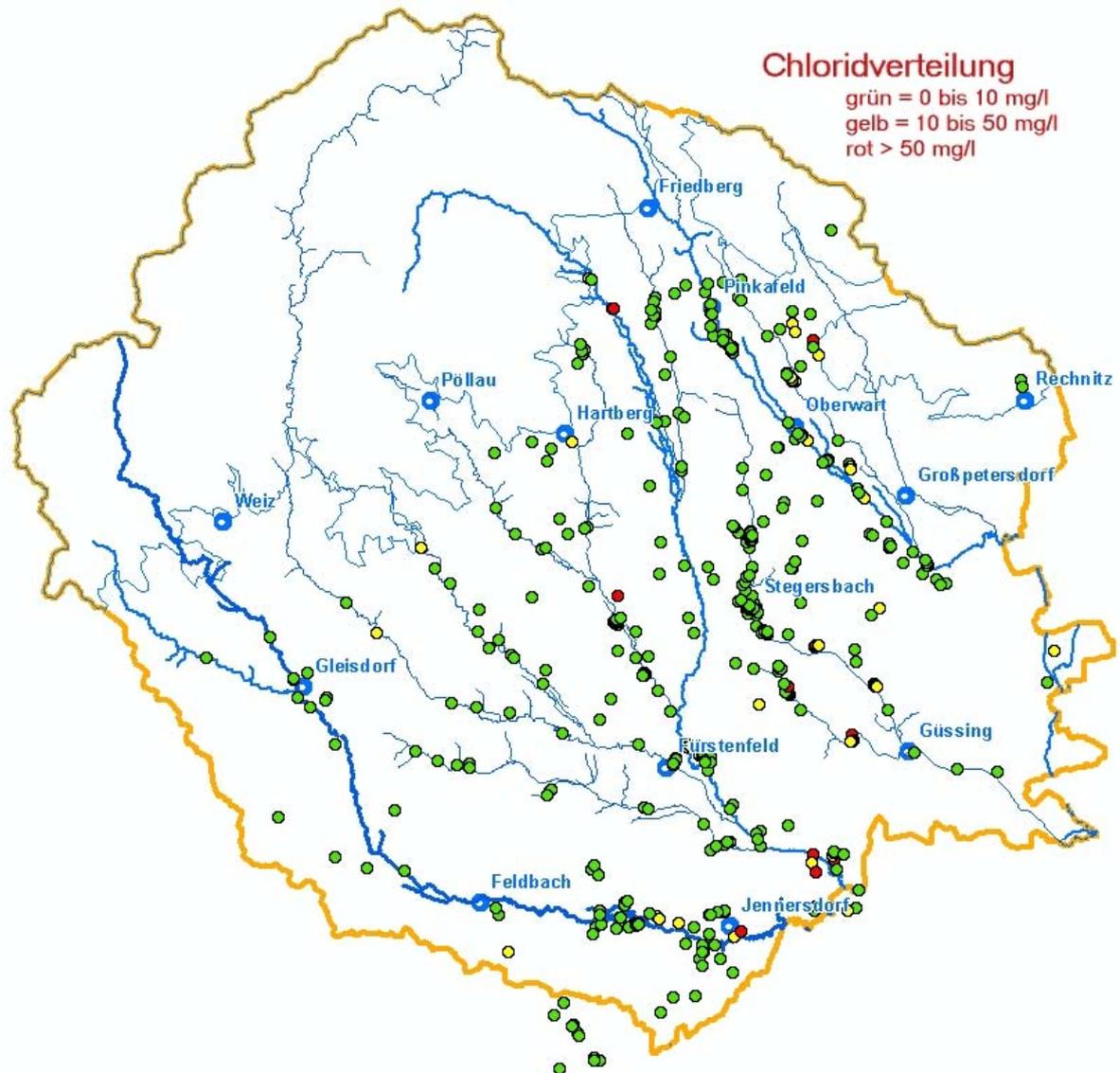


Abbildung 336: Chlorid-Gehalte der Wässer

Hinsichtlich der Chlorid-Konzentrationen der Wässer kann davon ausgegangen werden, dass Chlorid-Gehalte unter etwa 10 mg/l den geogenen Background darstellen. Chlorid-Konzentrationen zwischen etwa 10 mg/l und 50 mg/l hängen mit großer Wahrscheinlichkeit mit Restbeständen des z.T. marinen Ablagerungsmileus zusammen. Nur wenige Wässer weisen noch höhere Werte (rote Punkte = 50 bis 200 mg/l) auf. Bei diesen Wässern besteht verstärkter Einfluss des marinen Ablagerungsmileus. Möglicherweise besteht Kontakt mit stagnierenden, höher mineralisierten Tiefengrundwässern (z.B. einzelne Brunnen im Brunnenfeld von Heiligenkreuz), die sich beimischen.

Der Wassertypus verändert sich generell mit fortschreitender Genese der Tiefengrundwässer im Untergrund. Von Ca-dominierten Wässern ausgehend kommt es aufgrund von Ionenaustausch und diversen anderen hydrochemisch-physikalischen Prozessen zu einer Verlagerung des Wassertypus hin zu Na-dominierten Typen. In Abbildung 334 sind die daraus resultierenden Bereiche dargestellt. Während der „Bereich der Neubildung“ Ca-dominiert ist, ist der „Bereich der fortgeschrittenen Genese“ eher vom Natrium-Typus. Abbildung 337 zeigt eine kartografische Verteilung der Na-Ca-Verhältnisse. In dieser Darstellung deuten sich einige Zonen vergleichbarer Verhältnisse an. Beispielsweise deutet sich nördlich von Stegersbach eine Zone mit deutlicher Ca-Dominanz an (blauer Kreis), während südöstlich von Stegersbach eine Na-Zunahme (roter Kreis) angezeigt wird. Im Bereich von Gleisdorf, im unteren Safen-, Lafnitz-, Raabtal zeigen sich ebenfalls erhöhte Na-Ca-Verhältnisse.

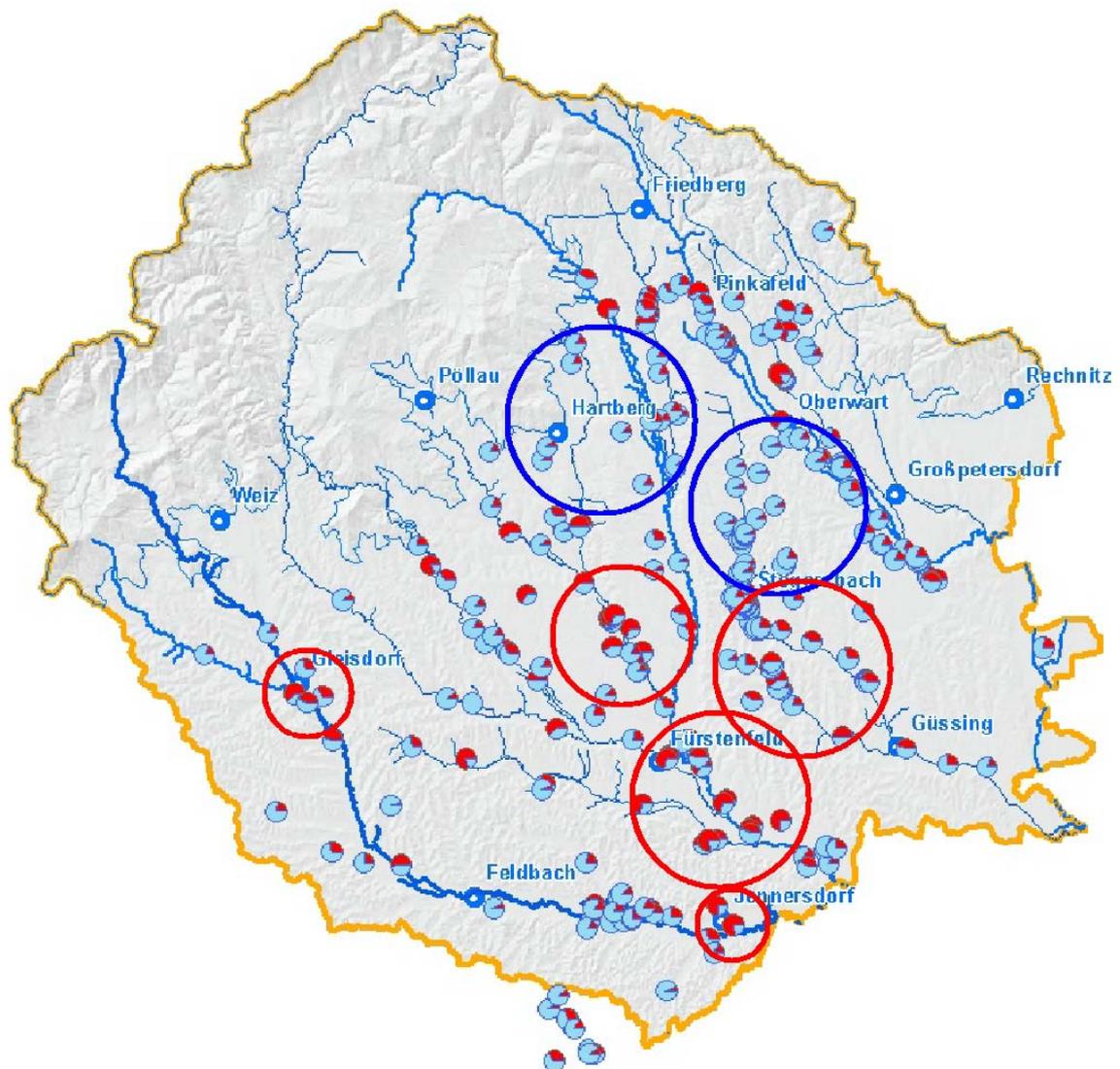


Abbildung 337: Natrium-Kalzium-Verhältnis in mval/l (Na=rot, Ca=blau)

11.5.1.3 Stickstoff-Verbindungen

Gegenüber den oberflächennahen Grundwasserkörpern weisen die Tiefengrundwässer im NANUTIWA-Gebiet generell keine signifikanten Nitratgehalte auf. Dies resultiert aus den hohen Verweilzeiten und dem daraus resultierenden Mangel von gelöstem Sauerstoff. Aufgrund der hohen Verweilzeiten erfolgte daher bei der Grundwasserneubildung nahezu kein Nitratreintrag von der Erdoberfläche und andererseits ist Nitrat im sauerstoffarmen Milieu nicht stabil und wird umgewandelt und abgebaut. Die zulässige Höchstkonzentration von 50 mg/l (gemäß BGBl. 304/2001) wird daher nur bei 5 von 686 Analysen überschritten. Die Anwesenheit von Ammonium und Nitrit in geringen Konzentrationen resultiert aus den reduzierenden Verhältnissen in den Tiefengrundwasseraquiferen (siehe Abbildung 338 bis Abbildung 340) und dem damit einhergehenden Nitratab- bzw. Umbau.

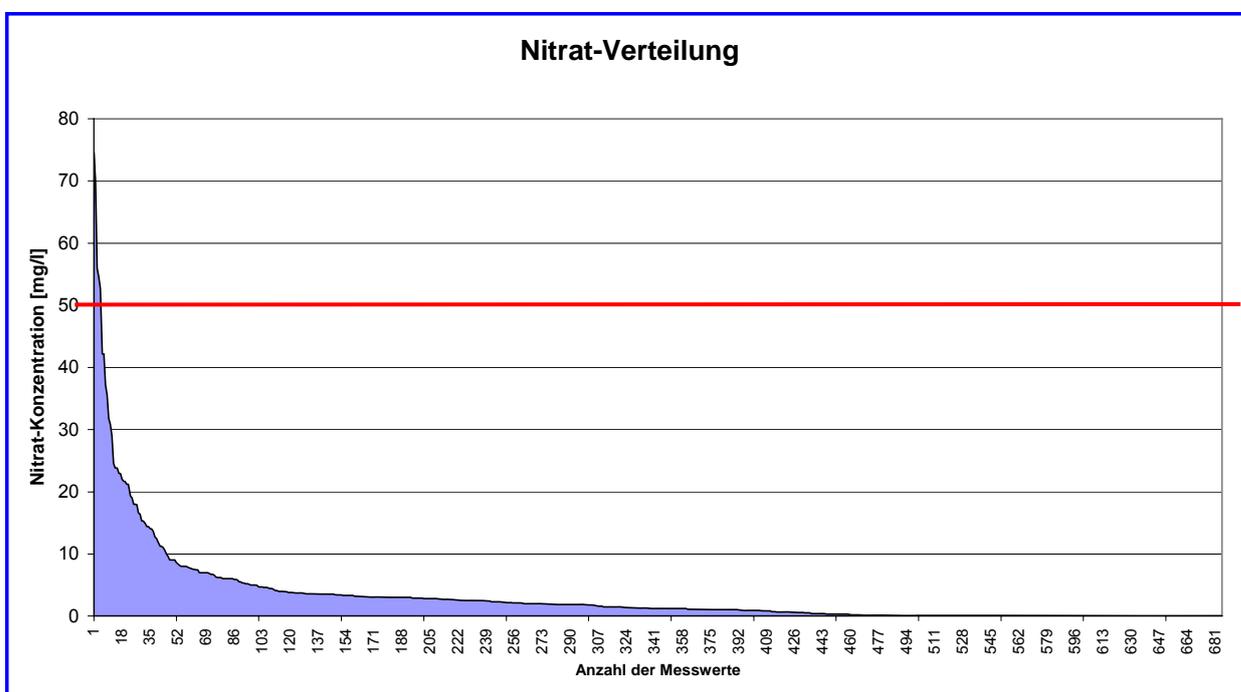


Abbildung 338: Nitrat-Verteilung der Wässer im NANUTIWA-Gebiet

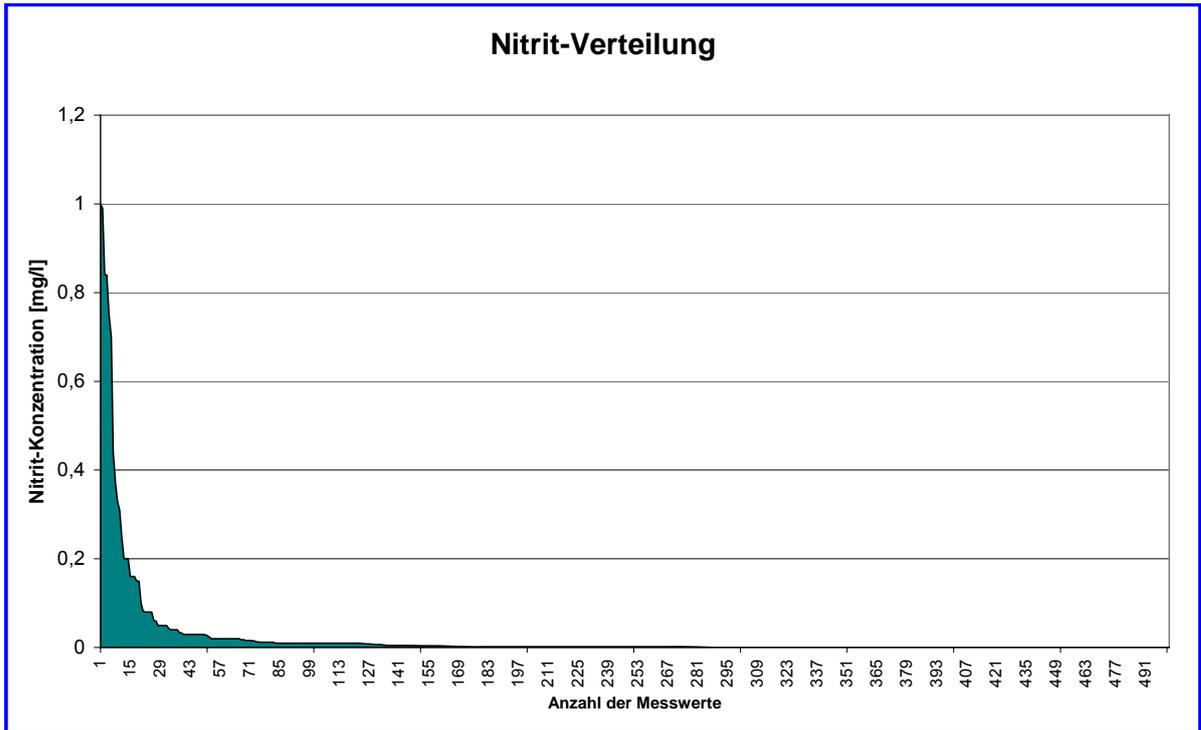


Abbildung 339: Nitrit-Verteilung der Wässer im NANUTIWA-Gebiet

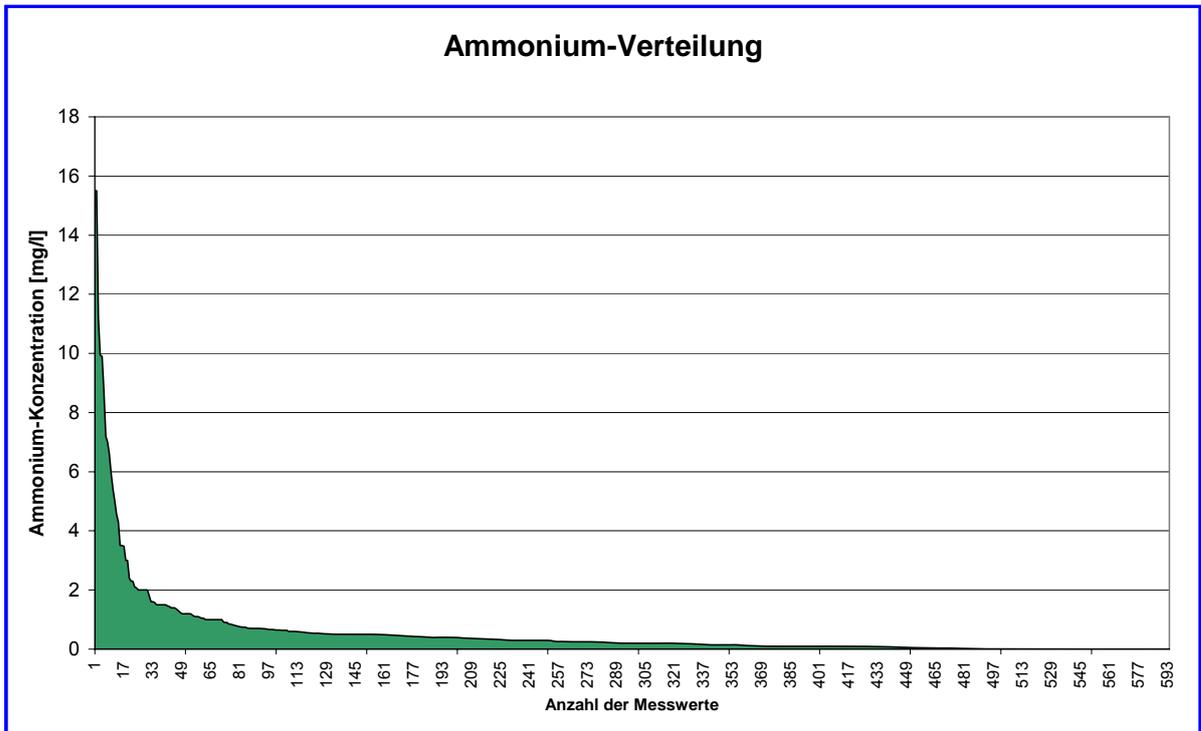


Abbildung 340: Ammonium-Verteilung der Wässer im NANUTIWA-Gebiet

11.5.1.4 Sulfat-Gehalte

Schwefel und dessen Verbindungen kommen hauptsächlich in Evaporiten (z.B. Gipslagen) vor. Das Liefergebiet der Lockersedimente der Aquifere im NANUTIWA-Gebiet liegt im Bereich des kristallinen Grundgebirges. Hier kann generell von geringen Schwefelgehalten im Mineralbestand ausgegangen werden. Daraus resultieren die geringen Konzentrationen von Sulfat in den analysierten Tiefengrundwässern. Weiters wird Sulfat unter reduzierenden Bedingungen in Zusammenhang mit biogenen Vorgängen reduziert und es kommt zur Bildung von H_2S . Geringe Gehalte an H_2S sind daher in vielen Wässern nachweisbar.

Unter diesen Voraussetzungen ist der außergewöhnlich hohe Sulfat-Gehalt im Brunnen B7 des Wasserverbandes Südliches Burgenland 1 (60 bis 120 mg/l) schwer zu erklären. Ein LF-Datensammler wurde eingebaut um Mineralisierungsschwankungen zu dokumentieren. Leider wurde dieser nach kurzer Betriebszeit bei Brunnenwartungsarbeiten zerstört, wodurch die erhofften Auswertungen nicht durchgeführt werden konnten. Der Grund für die hohen Sulfatgehalte müsste im Detail untersucht werden, da es sich beim Brunnen B7 um einen wichtigen Versorgungsbrunnen mit hoher Ergiebigkeit handelt. Die aufgezeichneten LF- und T-Werte wurden der Zeitreihe der Wasserspiegellagen (zur Verfügung gestellt vom Wasserverband Südliches Burgenland 1) gegenübergestellt. Eindeutige Interpretationen sind aufgrund der Kürze der verfügbaren Zeitreihen nicht möglich. Es zeigt jedoch, dass sowohl die elektrische Leitfähigkeit als auch die Wassertemperatur einer systematischen Schwankung unterliegen (siehe Abbildung 342 und Abbildung 343). Ein Zusammenhang mit den schwankenden Sulfatgehalten und unterschiedlichen Förderraten (und damit zusammenhängend unterschiedliche Förderanteile der verschiedenen Filterstrecken) könnte hier bestehen, ist im Detail jedoch noch nachzuweisen.

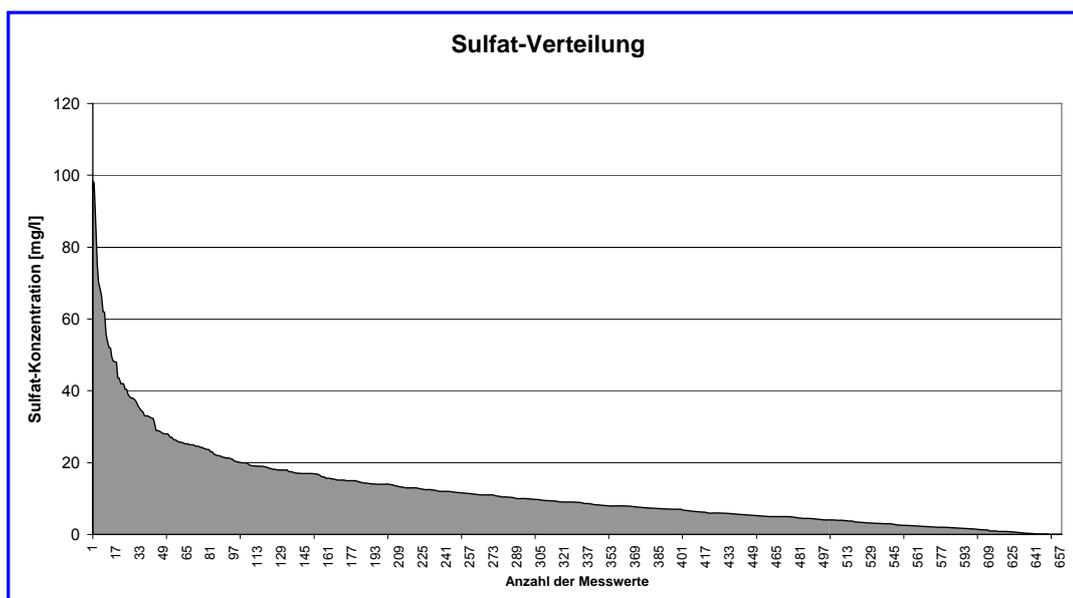


Abbildung 341: Sulfat-Gehalte der Tiefengrundwässer im NANUTIWA-Gebiet

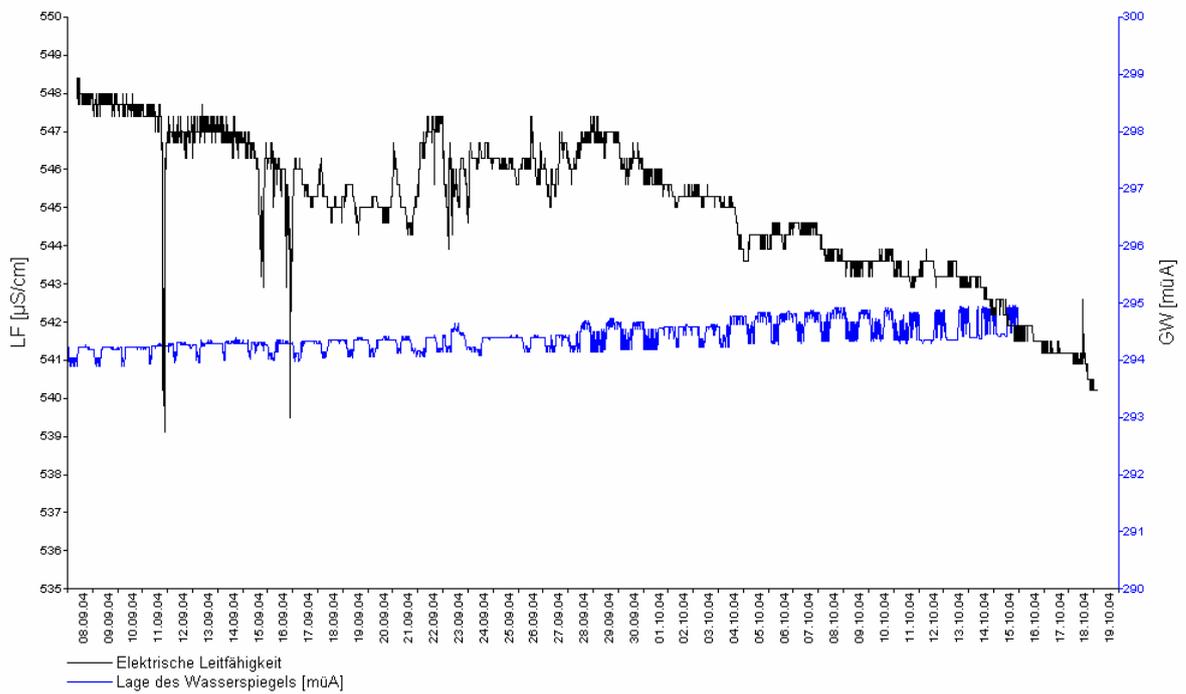


Abbildung 342: Lage des Wasserspiegels und elektrische Leitfähigkeit

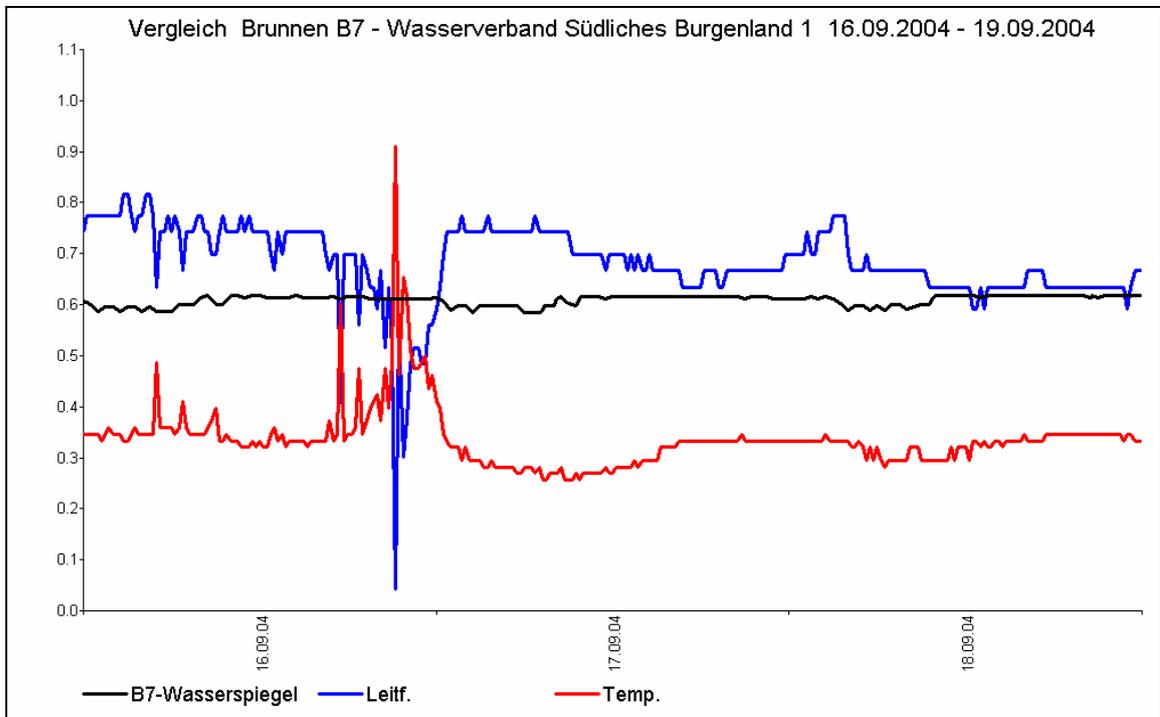


Abbildung 343: Detailvergleich (LF-T-Wasserspiegellage – Werte normiert)

11.5.1.5 Mangan, Eisen

Da Eisen und Mangan ähnliche Bildungs- bzw. Existenzbedingungen aufweisen, erfolgt deren Beschreibung gemeinsam. Generell kann Eisen und Mangan nur unter reduzierenden Bedingungen bei Abwesenheit oder Mangel von Sauerstoff in Lösung bleiben. Im Kontakt mit Sauerstoff fallen Eisen und Mangan rasch in Form schwerlöslicher Oxide aus. Da Mangan und Eisen im Leitungsnetz der Wasserversorger unerwünscht ist, ist sehr oft eine entsprechende Aufbereitung der Tiefengrundwässer erforderlich. Siehe dazu Kapitel 12.10. Die Eisenkonzentrationen sind in Tiefengrundwässern z.T. sehr hoch, was gelegentlich mit erhöhter Lösungskapazität infolge eines erhöhten CO₂-Angebotes begründbar ist. Auch in einigen oberflächennahen Grundwasserkörpern des NANUTIWA-Gebietes bestehen z.T. sehr hohe Eisenkonzentrationen. Diese Tatsache und die daraus abgeleiteten Interpretationen sind in Kapitel 10.1.2 näher erläutert. Die Histogramme der Eisen- und Mangangehalte sind in Abbildung 344 und Abbildung 345 dargestellt.

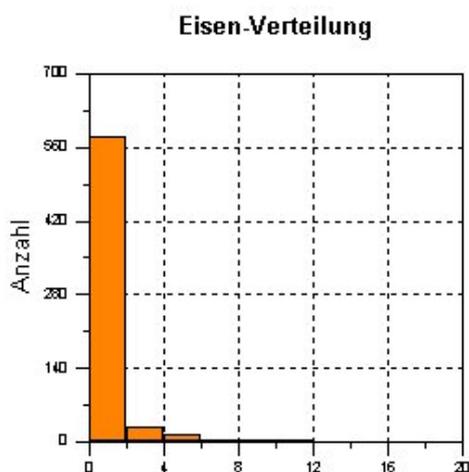


Abbildung 344: Eisenkonzentration der Wässer im NANUTIWA-Gebiet

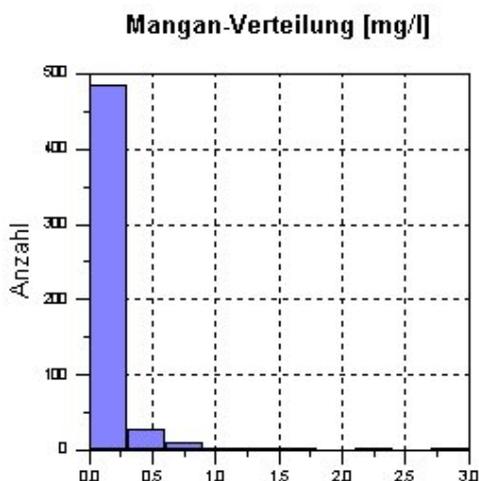


Abbildung 345: Mangan-Gehalte der Wässer im NANUTIWA-Gebiet

11.5.1.6 pH-Werte, CO₂-Sättigungsindizes

Die Analyse der geografischen Verteilung der bei der Probenahme gemessenen pH-Werte ergibt ein mit der Verteilung der Gesamtmineralisierung vergleichbares Bild.

Der Großteil der gemessenen pH-Werte liegt im Bereich zwischen 7 und 8 (siehe Abbildung 346 und Abbildung 347). Innerhalb des NANUTIWA-Gebietes existieren jedoch auch zahlreiche Tiefengrundwassernutzungen, die pH-Werte unter 7 und über 8 aufweisen. Bei pH-Werten unter 6,5 kann man davon ausgehen, dass diese Wässer von aufsteigendem CO₂ (z.B. im Bereich Bad Tatzmannsdorf) beeinflusst werden. Eine weitere Möglichkeit für niedrige pH-Werte ist die Anwesenheit von Boden-CO₂, welches bei Mangel an karbonatischen Gesteinen nicht verbraucht wird und daher im Wasser in Lösung bleibt.

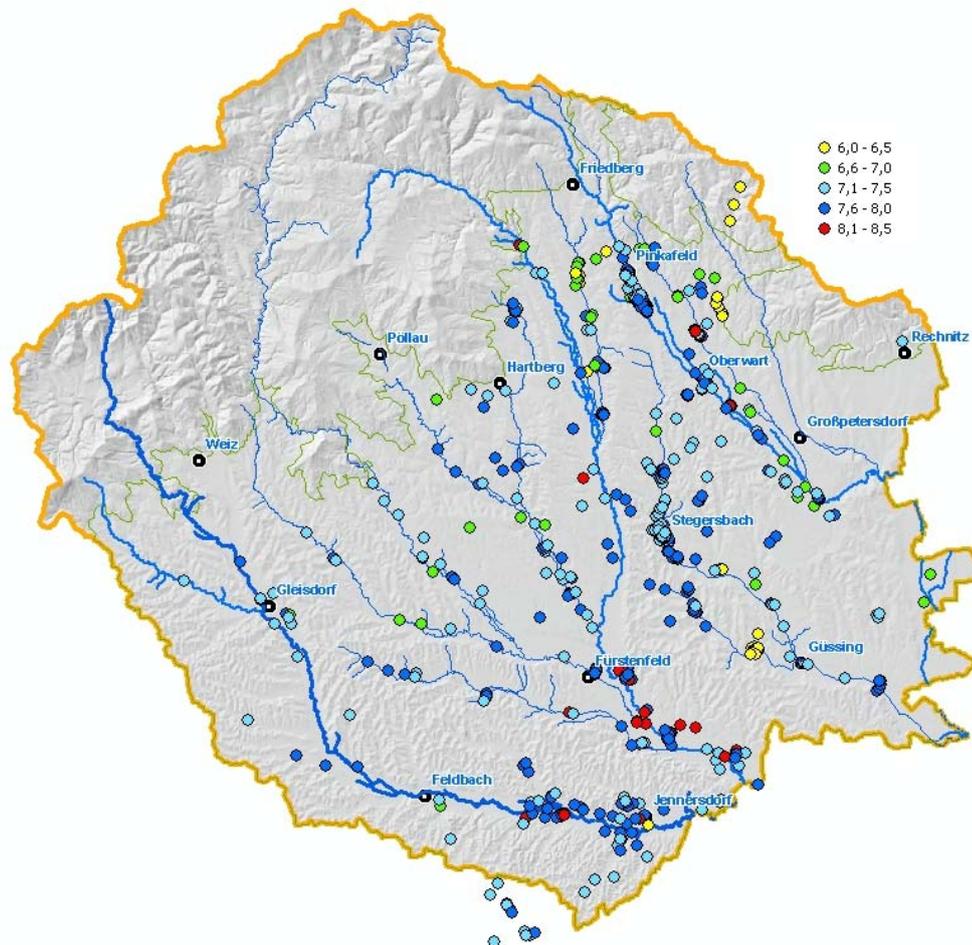


Abbildung 346: Verteilung der pH-Werte der Wässer

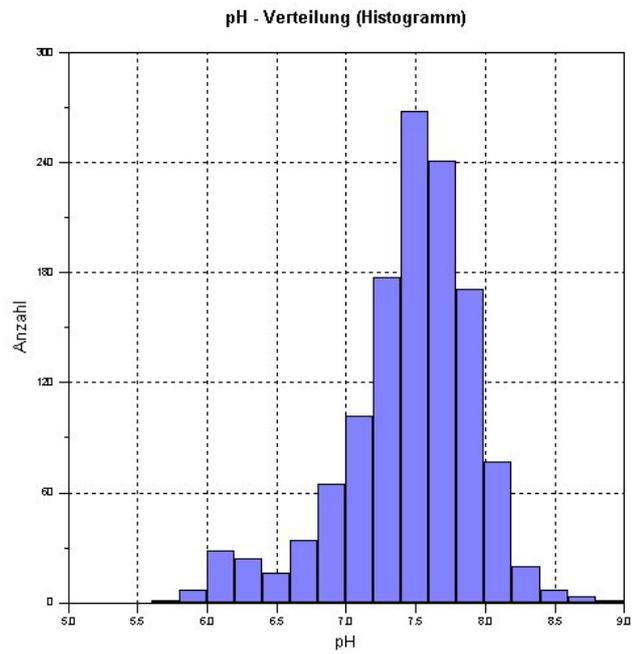


Abbildung 347: Histogramm der pH-Werte

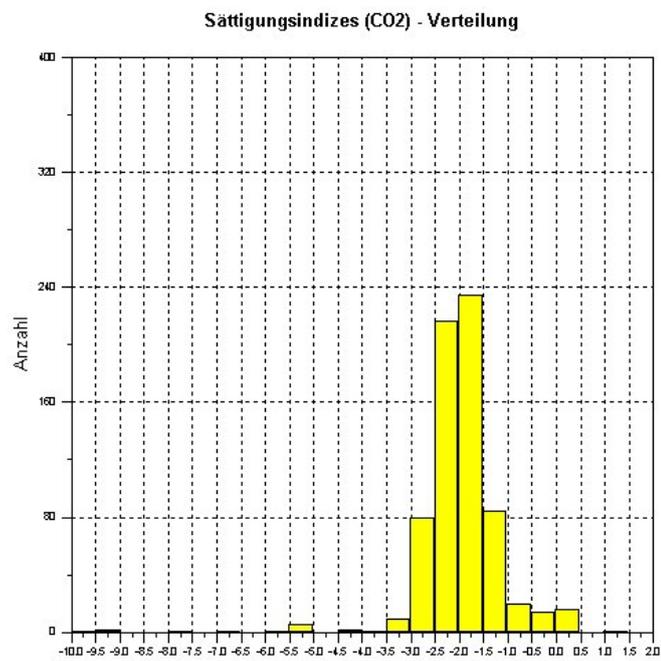


Abbildung 348: Verteilung der log pCO₂

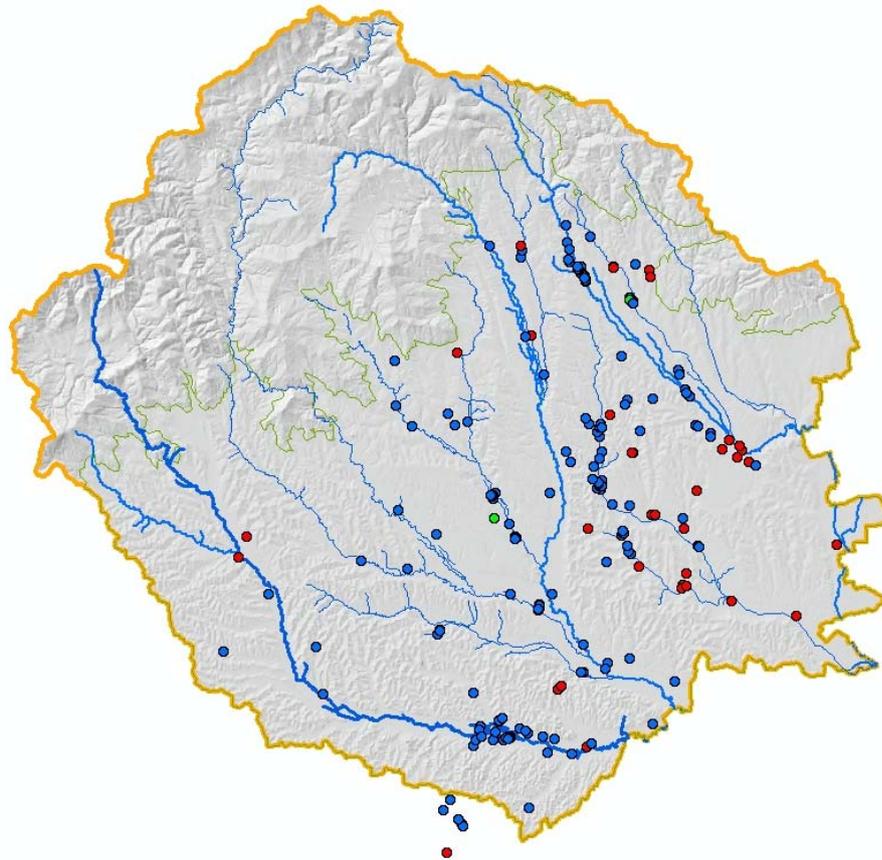


Abbildung 349: Verteilung der $\log p\text{CO}_2$

In Abbildung 348 und Abbildung 349 sind die in der Software AQUACHEM berechneten CO_2 -Partialdrücke logarithmisch dargestellt. Rote Punkte in Abbildung 349 charakterisieren Wässer, die von aufsteigendem CO_2 beeinflusst sind. Da der pH-Wert Basis dieser Berechnungen ist, und die pH-Wert-Messung bei früheren Analysen oft fragwürdig scheint, können einzelne Berechnungsergebnisse unzutreffend sein.

11.5.1.7 Halogenierte Kohlenwasserstoffe, Pestizide

Zusätzlich zu den hydrochemischen „Standardanalysen“ liegen im Bereich des NANUTIWA-Gebietes Analysen aus dem Beprobungsnetz, welches im Rahmen der Wassergüte-Erhebungsverordnung aufgebaut wurde, vor. Neben der zusätzlichen Analyse der Gehalte an Schwermetallen wurden auch eine Reihe von halogenierten Kohlenwasserstoffen und Pestiziden analysiert (siehe Tabelle 37). Nur einige Schwermetalle sind in geringsten Konzentrationen nachweisbar. Pestizide und halogenierte Kohlenwasserstoffe sind in den beprobten Tiefengrundwässern nicht nachweisbar. Generell ist in diesem Zusammenhang zu bemerken, dass Pestizide und halogenierte Kohlenwasserstoffe vor allem in den letzten Jahrzehnten verstärkt zum Einsatz gelangen und daher aufgrund der hohen Verweilzeiten der Tiefengrundwässer auch nicht zu erwarten waren. In diesem Zusammenhang ist auf

die Bedeutung der Tiefengrundwässer im Zusammenhang mit der Notwasserversorgung im Fall von Umweltkatastrophen hinzuweisen.

Metalle	Pestizide, halogenierte Kohlenwasserstoffe
CADMIUM mg/l	TETRACHLORETHEN µg/l
QUECKSILBER mg/l	TRICHLORETHEN µg/l
ZINK mg/l	1,1,1-TRICHLORETHAN µg/l
KUPFER mg/l	TETRACHLORMETHAN µg/l
ALUMINIUM mg/l	CHLOROFORM (Trichlormethan) µg/l
BLEI mg/l	TRIBROMMETHAN µg/l
CHROM-GESAMT mg/l	BROMDICHLORMETHAN µg/l
NICKEL mg/l	DIBROMCHLORMETHAN µg/l
ARSEN mg/l	DICHLORMETHAN µg/l
	1,1-DICHLORETHEN µg/l
	1,2-DICHLORETHAN µg/l
	ATRAZIN µg/l
	DESETHYLATRAZIN µg/l
	DESISOPROPYLATRAZIN µg/l
	SIMAZIN µg/l
	ALACHLOR µg/l
	METOLACHLOR µg/l
	CYANAZIN µg/l
	PROMETRYN µg/l
	PROPAZIN µg/l
	TERBUTYLAZIN µg/l
	SEBUTYLAZIN µg/l
	PENDIMETHALIN µg/l
	TERBUTRYN µg/l

Tabelle 37: Zusätzliche Parameter der WGEV

11.5.1.8 Fluorchlorkohlenwasserstoffe (CFC)

Im Rahmen einer Forschungszusammenarbeit mit der IAEA (Dr. Gröning) wurden im Projekt NANUTIWA 24 Wasserproben hinsichtlich des Gehaltes an CFC analysiert. Dabei lagen die CFC-Konzentrationen generell unter der Nachweisgrenze. Das heißt, dass die Neubildung des beprobten Wassers der Proben vor 1940 liegt. Dies bestätigt auch das Fehlen von Tritium in diesen Wässern und die hohe mittlere Verweilzeit gemäß der ¹⁴C-Datierung.

11.5.1.9 Bakteriologische Befunde

Die routinemäßigen Trinkwasseranalysen umfassen ergänzend zu den hydrochemischen „Standardanalysen“ auch bakteriologische Befunde. Vom Wasserverband Südliches Burgenland 1 liegt eine Zusammenfassung dieser Befunde vor. Diese zeigen generell keinen Nachweis von Indikatorkeimen (Fäkalkeimen). Nur einzelne KBEs (koloniebildende Einheiten) wurden festgestellt, deren Anzahl jedoch weit unterhalb des gültigen Grenzwertes liegt. Eine detaillierte Analyse dieser möglicherweise spezialisierten Stämme von Mikroorganismen erfolgte nicht.

Grundsätzlich resultiert aus dieser Tatsache die Aussage, dass Tiefengrundwässer generell keine Belastung mit Fäkalkeimen und nur geringe Populationen unspezifizierter KBEs aufweisen. Diese Tatsache entspricht den Erwartungen aufgrund der hydrogeologischen Rahmenbedingungen und unterstreicht die qualitative Hochwertigkeit von Tiefengrundwässern.

11.5.1.10 Stabile Isotope

Im Rahmen des Projektes NANUTIWA kamen vor allem die stabilen Umweltisotope des Wassermoleküls Sauerstoff 18 (^{18}O) und Deuterium (^2H) zum Einsatz.

Abbildung 350 zeigt die Verteilung der ^{18}O -Gehalte der Wässer im NANUTIWA-Gebiet. Die Bandbreite der ^{18}O -Gehalte liegt zwischen etwa -12‰ und -8‰ . Wie Abbildung 351 zeigt, liegen die Wertepaare von ^{18}O und ^2H weitestgehend auf der Niederschlagsgeraden, welche aus den Wertepaaren der Messstation Graz resultiert. Das bedeutet, dass die Wässer generell eine niederschlagsgebundene Genese aufweisen. Dies ist für die Untersuchung der Neubildungsmechanismen der Tiefengrundwässer von Relevanz. Aufgrund dieses Zusammenhanges ist zu erwähnen, dass daher auch keine separate Interpretation der Deuterium-Gehalte erforderlich ist.

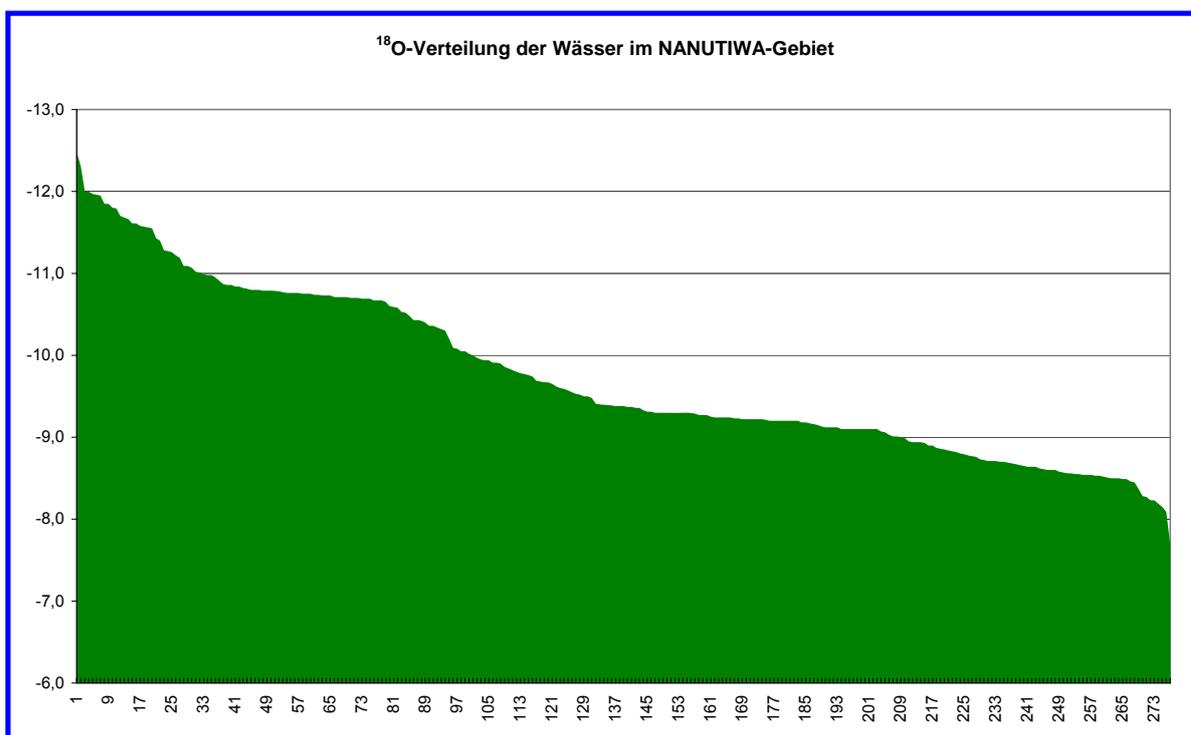


Abbildung 350: Verteilung der ^{18}O -Gehalte

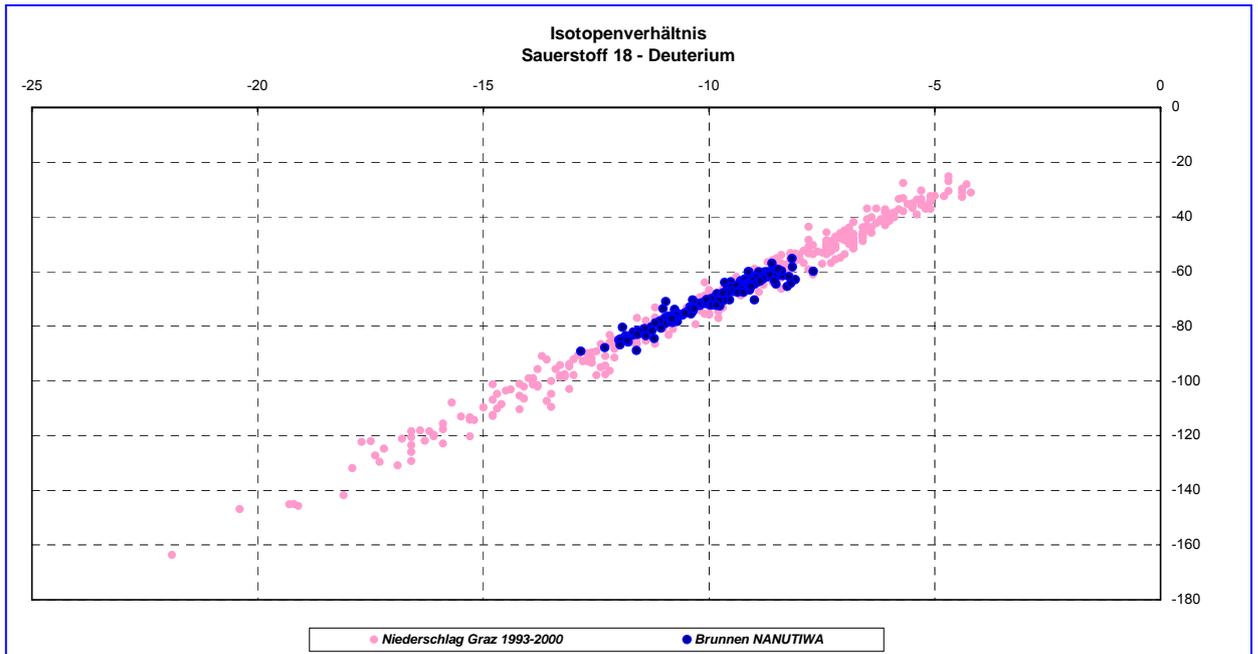


Abbildung 351: Niederschlagsgerade Graz – NANUTIWA-Wässer

Aufgrund der Überlegung, dass die Flüsse eine maßgebliche Komponente der Tiefengrundwasserneubildung darstellen, wurde versucht den Zusammenhang der Gehalte der stabilen Isotope von Brunnen und von an diesen Brunnen vorbeifließenden Flüssen zu untersuchen. Die analysierten ^{18}O -Werte der Flüsse liegen zwischen $-8,3$ und $-9,6$ ‰ auf (siehe Tabelle 40 und Abbildung 354). Daraus resultiert, dass Brunnen mit noch geringeren ^{18}O -Gehalten eine Neubildung aufweisen, die unter kühleren Rahmenbedingungen erfolgte. Einerseits kann dies mit einer jahreszeitlich-selektiven Grundwasserneubildung (z.B. hauptsächlich im Winter) zusammenhängen, andererseits kann dies als langfristiger klimatischer Effekt gedeutet werden (siehe Abbildung 353). Ergänzend wird erwähnt, dass eine Referenz-Quelle im obersten Einzugsgebiet des Projektgebietes von NANUTIWA ^{18}O -Gehalte von nahezu konstanten -11 ‰ aufweist. Diese Tatsache unterstreicht den Einfluss des beschriebenen Klimaeffektes in der letzten Eiszeit (siehe Abbildung 353), da ^{18}O -Werte kleiner als -11 ‰ kaum anders erklärbar sind. Nähere Erläuterungen sind in 11.5.1.12 beinhaltet.

In Abbildung 352 wurde versucht, die Korrelation zwischen Flüssen und den „zugehörigen“ Brunnen grafisch umzusetzen. Es zeigt sich, dass manche Brunnen nahezu idente isotopische Zusammensetzungen wie die vorbeifließenden Flüsse aufweisen (teilweise korrelieren sogar die elektrischen Leitfähigkeiten), einzelne Brunnen jedoch weit von den isotopenhydrologischen Zusammensetzungen der Flüssen abweichen. Beispielsweise zeigen die 4 unterschiedlich tiefen Versuchsbohrungen in Grafendorf eine gute Übereinstimmung mit den Werten des vorbeifließenden Gerinnes (siehe Tabelle 38). Teilweise ist auch im Bereich Mariasdorf-Oberschützen eine gute

Korrelation ersichtlich. Nur der Brunnen Oberschützen Nord differiert hinsichtlich der isotopischen Zusammensetzung stark (siehe Tabelle 39).

	<i>LF</i>	<i>18O</i>	<i>2H</i>
Gerinne - neben Grafendorf 1-4	465	-8.47	-60.37
Grafendorf 1	469	-8.71	-61.73
Grafendorf 2	457	-8.71	-61.98
Grafendorf 3	344	-8.79	-61.48
Grafendorf 4	402	-8.71	-60.81

Tabelle 38: Detailvergleich VB Grafendorf 1-4

		<i>LF</i>	<i>18O</i>	<i>2H</i>
Zigeunerbach	11.05.2004	269	-8.93	-63.91
Mariasdorf 1	11.05.2004	306	-9.15	-64.00
Oberschützen Nord	11.05.2004	628	-10.60	-76.62
Willersdorf	11.05.2004	242	-9.11	-65.08
Hopfau B4	11.05.2004	547	-9.00	-63.74

Tabelle 39: Detailvergleich Mariasdorf-Oberschützen

Fluss	Sauerstoff 18	Deuterium
Dombach	-8,28	-59,33
Gerinne - neben Grafendorf 1-4	-8,47	-60,37
Lafnitz-Heiligenkreuz	-9,35	-66,1
Lafnitz-Lafnitz	-9,46	-66,9
Lafnitz-Rohrbach	-9,57	-66,62
Pinka-Autobahn	-9,22	-64,33
Pinka-Oberwart-Süd	-8,98	-62,24
Pinka-Oberwart-Süd	-9,44	-65,86
Pinka-Riedlingsdorf	-9,12	-63,41
Pinka-Riedlingsdorf	-8,69	-62,26
Pöllauer Safen	-8,37	-59,18
Stögersbach-Grafenschachen	-8,67	-62,38
Strem-Oberlauf	-8,54	-59,13
Strem-Ollersdorf	-8,60	-62,70
Strem-Pegel Bocksdorf	-8,63	-63,12
Zigeunerbach	-8,93	-63,91

Tabelle 40: Stabile Isotope einiger Flüsse im NANUTIWA-Gebiet

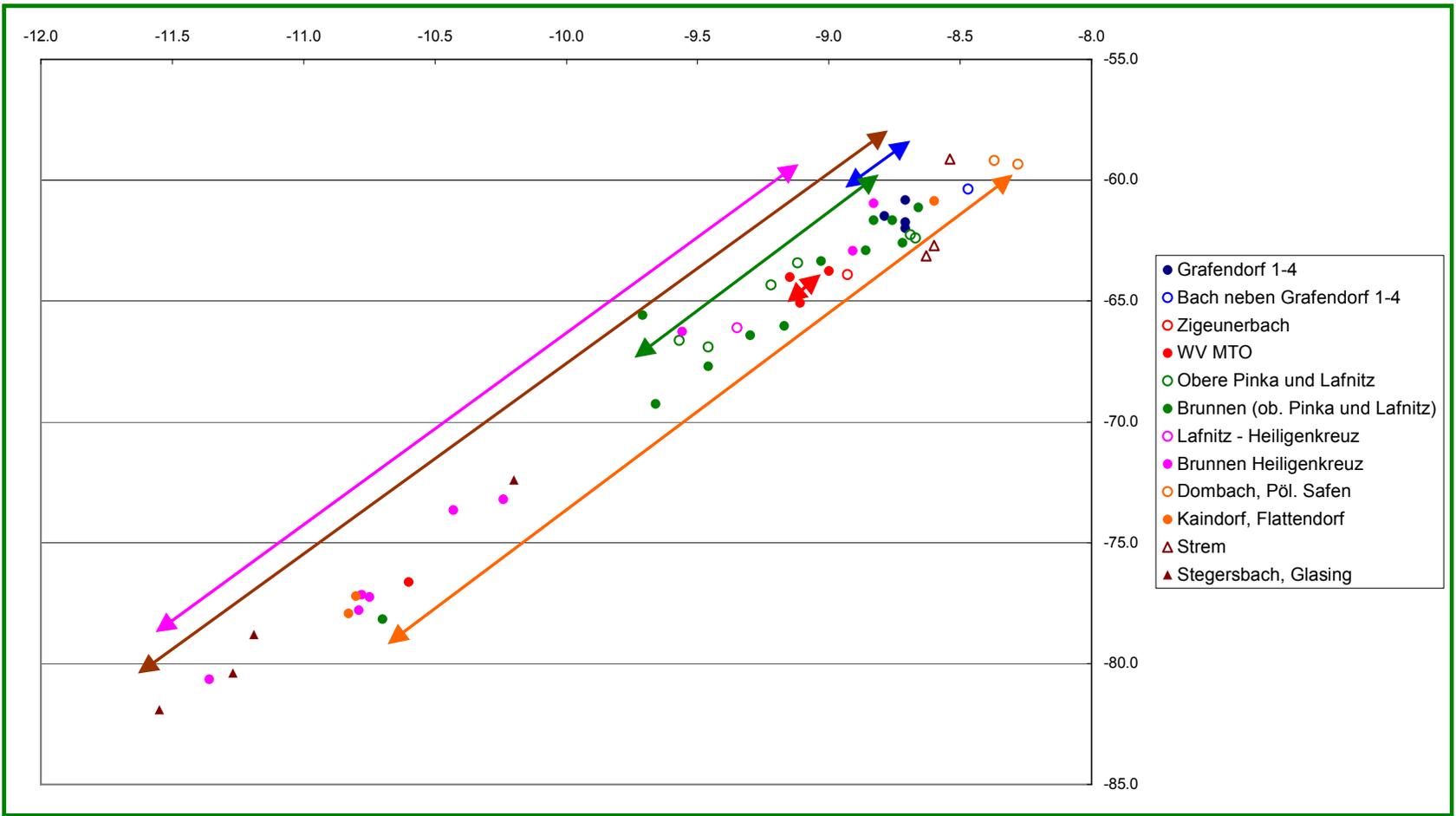


Abbildung 352: Vergleich Flüsse - Brunnen

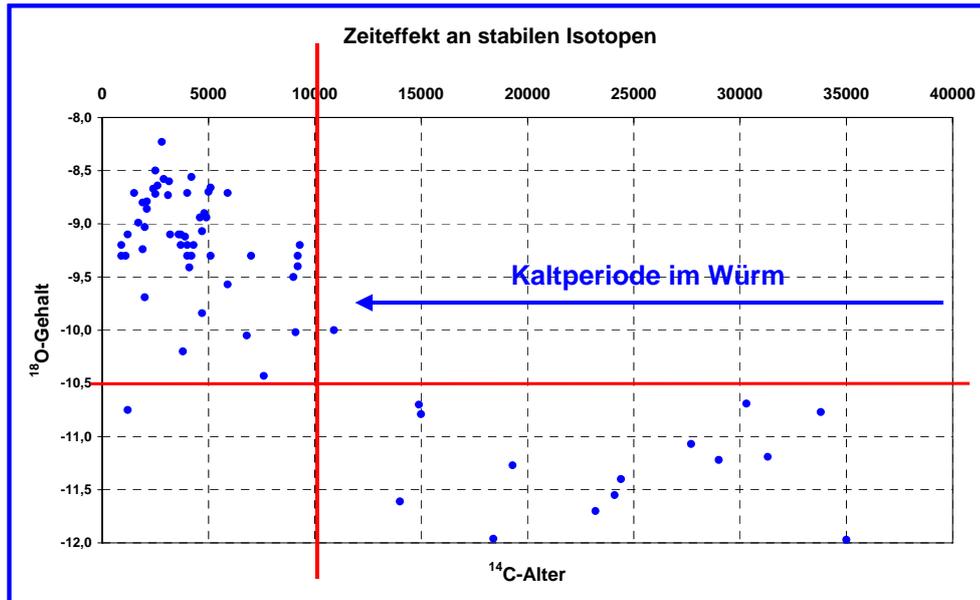


Abbildung 353: Klimatischer Effekt der stabilen Isotope

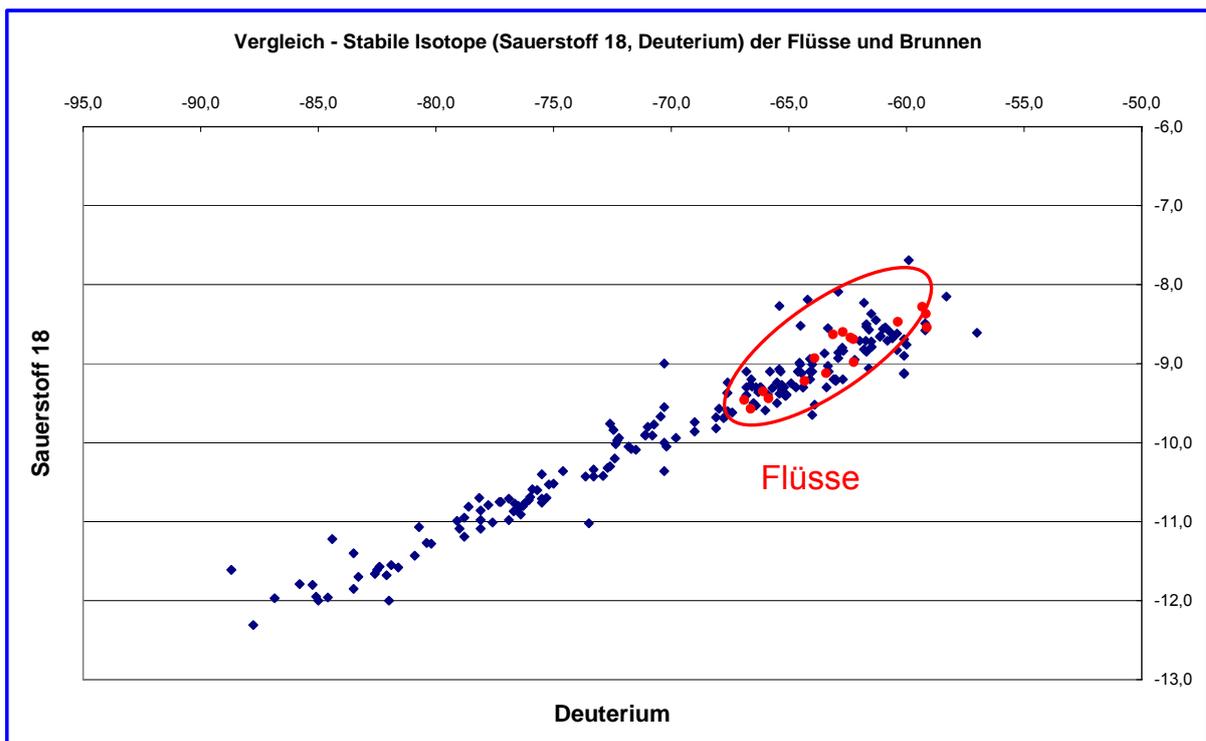


Abbildung 354: Isotopische Zusammensetzung der Flüsse und der Brunnen im NANUTIWA-Gebiet

11.5.1.11 Tritiumverteilung

Tritium gelangte in großen Konzentrationen mit den nuklearen Tests der 50er und 60er-Jahre in die Atmosphäre, entsteht in geringen Konzentrationen aber auch auf natürlichem Weg. Die verfügbare Zeitreihe der Tritium-Gehalte im Niederschlag (Station Graz) ist in Abbildung 355 dargestellt.

Wässer, die vor den Nuklearversuchen in den Untergrund gelangten, sind weitgehend tritiumfrei, da die Halbwertszeit von Tritium bei etwa 12 Jahren liegt und der natürliche Tritiumgehalt schon abgebaut ist. Für Tiefengrundwässer, die relativ hohe Verweilzeiten im Untergrund aufweisen, ist die Tritiumfreiheit daher eine wesentliche Eigenschaft. Im Rahmen der Auswertung der analysierten Wässer zeigte sich jedoch, dass einige Brunnen existieren, die signifikante Tritium-Gehalte aufweisen (siehe Abbildung 356). Diese Wässer sind Wässer, die nach den Nuklearversuchen gebildet wurden, oder mit Wässern geringerer Verweilzeit im Zusammenhang stehen. Wässer mit Tritium-Gehalten unter 2 TU können als tritiumfrei angesehen werden. Die Verweildauer dieser Wässer beträgt mindestens etwa 50 Jahre. In Abbildung 357 ist die geografische Verteilung der Tritiumgehalte dargestellt. Eine geografische Systematik ist nicht erkennbar, was das Vorliegen kleinräumiger Zirkulationssysteme bestätigt.

In diesem Zusammenhang ist die Bedeutung von Tritium im Rahmen einer Notwasserversorgung zu erwähnen. Dies deshalb, weil tritiumfreie Wässer nur extrem verzögert am hydrologischen Kreislauf teilnehmen und daher frei von anthropogenen Beeinträchtigungen sind. Eventuelle qualitative Einflüsse durch z.B. Umweltkatastrophen wirken in tritiumfreien Wässern daher mit großer Verzögerung oder werden reduziert oder überhaupt abgebaut.

Von großer Bedeutung für die Erkundung und Untersuchung der Genese der Tiefengrundwässer ist weiters eine Änderung der Tritium-Gehalte über die Zeit. Es gibt einzelne Brunnen, die am Beginn der Förderung tritiumfrei waren, jedoch nach einigen Betriebsjahren einen Anstieg des Tritiumgehaltes aufwiesen. Dies weist auf den bestehenden bzw. sich ausbildenden Kontakt mit dem seichtliegenden aquatischen System (Flüsse, seichtliegendes Grundwasser, Niederschlag) hin und stellt auch einen weiteren Beweis für die Regeneration der Tiefengrundwässer aus seichtliegenden Systemen dar.

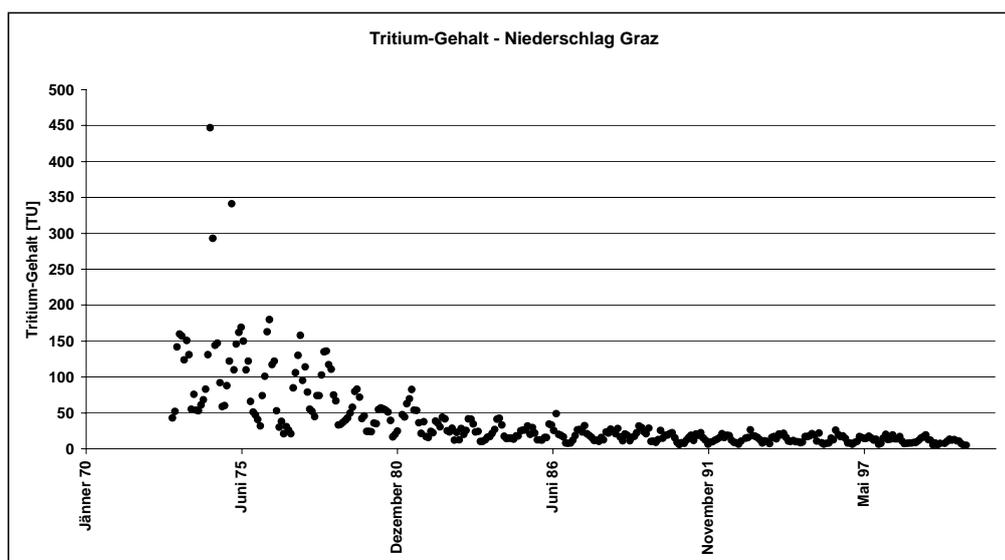


Abbildung 355: Tritiumgehalt des Niederschlags in Graz

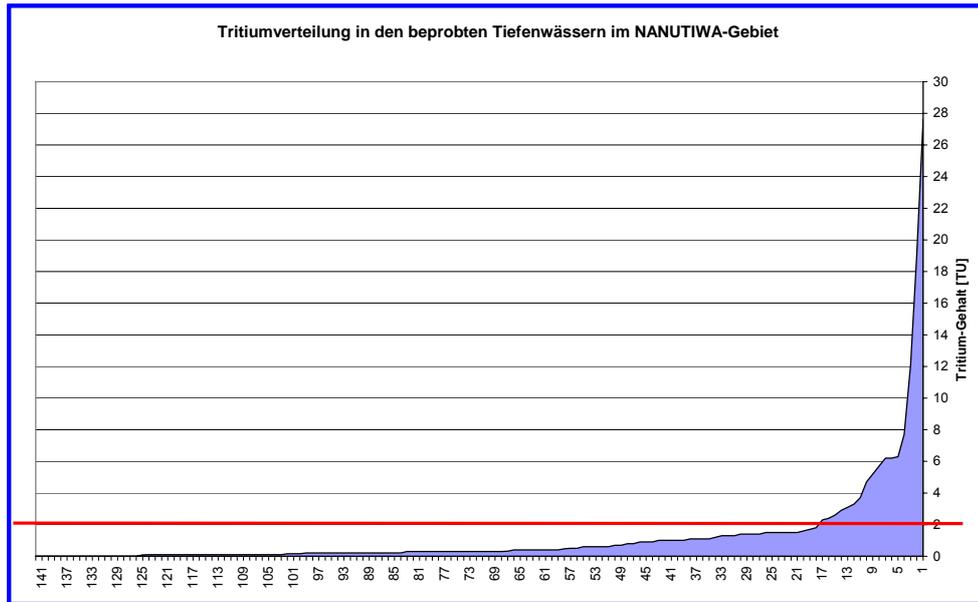


Abbildung 356: Verteilung der Tritiumgehalte in den Wässern des NANUTIWA-Gebietes

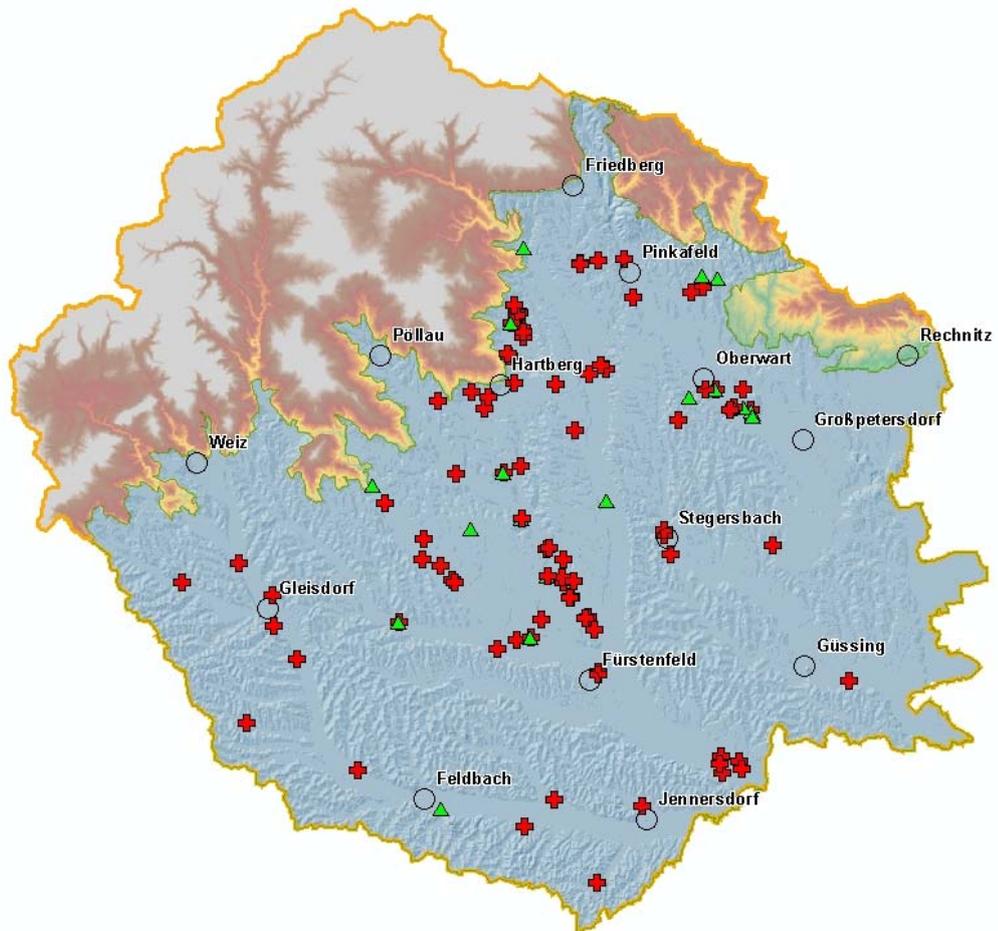


Abbildung 357: Geografische Verteilung der Tritium-Gehalte
(grünes Dreieck Tritiumgehalt >2TU, rotes Kreuz < 2TU)

11.5.1.12 $^{13}\text{C}/^{14}\text{C}$ – Verteilung

Die Analyse des Gehaltes der Kohlenstoffisotope ^{13}C (stabil) und ^{14}C (radioaktiv) dient vorrangig der Bestimmung der mittleren Verweilzeiten der Tiefengrundwässer. Bei der Probennahme wird der gesamte gelöste Kohlenstoff ausgefällt und das so erhaltende Präzipitat analysiert. Anhand verschiedener Berechnungsmodelle wird die mittlere Verweilzeit des Wassers im Untergrund berechnet. Obwohl die Karbon14-Methode nicht uneingeschränkt einsetzbar ist, zeigen die Werte in einem einheitlichen Aquifersystem sehr gute Übereinstimmungen. Da es sich im NANUTIWA-Gebiet um ein lithologisch-sedimentologisch einheitliches Regime handelt, ist die Altersdatierung mittels des ^{14}C -Gehaltes der Wässer ein geeignetes Mittel um Vergleiche der Wasseralter durchführen zu können. Die Messung des Gehaltes an dem stabilen ^{13}C -Isotop erfolgt vordergründig zur Korrektur der ermittelten ^{14}C -Verweilzeiten.

Die berechneten mittleren Verweilzeiten der Wässer differieren zwischen etwa 50.000 Jahren und rezent (siehe Abbildung 358). Bei den Wässern, die signifikante Tritiumgehalte aufwiesen, wurde kein Wasseralter berechnet, da dies fachlich nicht sinnvoll ist.

Die geografische Verteilung der mittleren Verweilzeiten aus dem ^{14}C -Gehalt (siehe Abbildung 359) erbringt keine eindeutige Gliederung der Wässer. Eine generelle Tendenz der Verweilzeiten deutet sich jedoch an. Im westlichen Teil des NANUTIWA-Gebietes scheinen generell jüngere Wässer vorzuliegen. Dies würde mit der Vorstellung der vermehrten Neubildung im Übergangsbereich Grundgebirgsumrahmung-Sedimentbecken übereinstimmen.

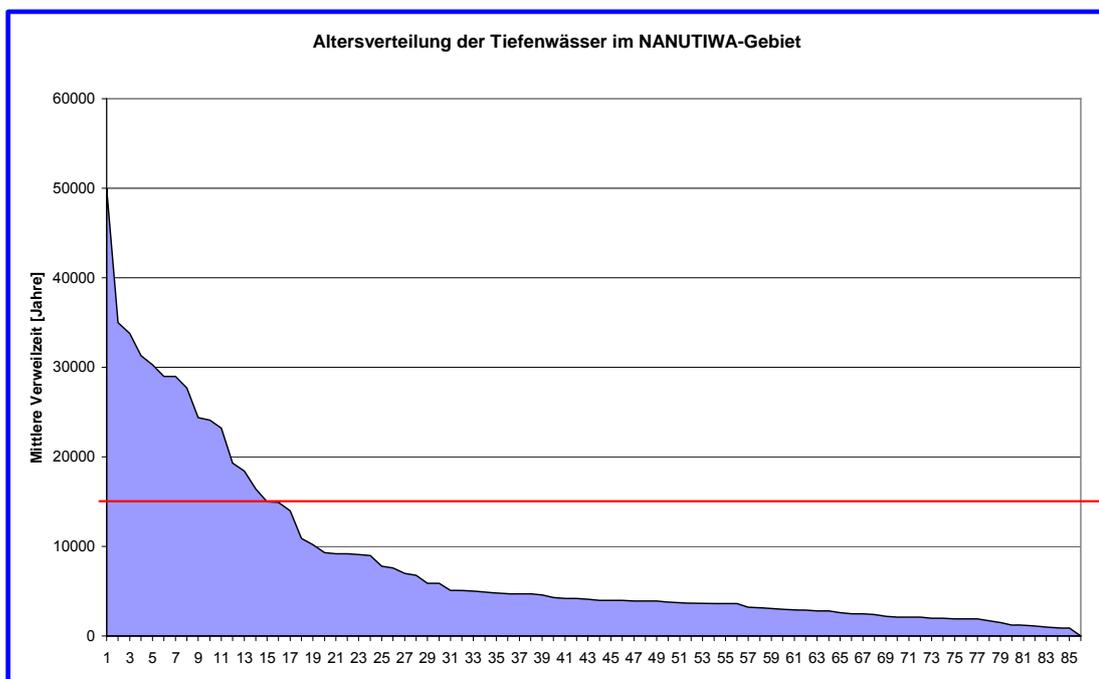


Abbildung 358: Verteilung der mittleren Verweilzeiten

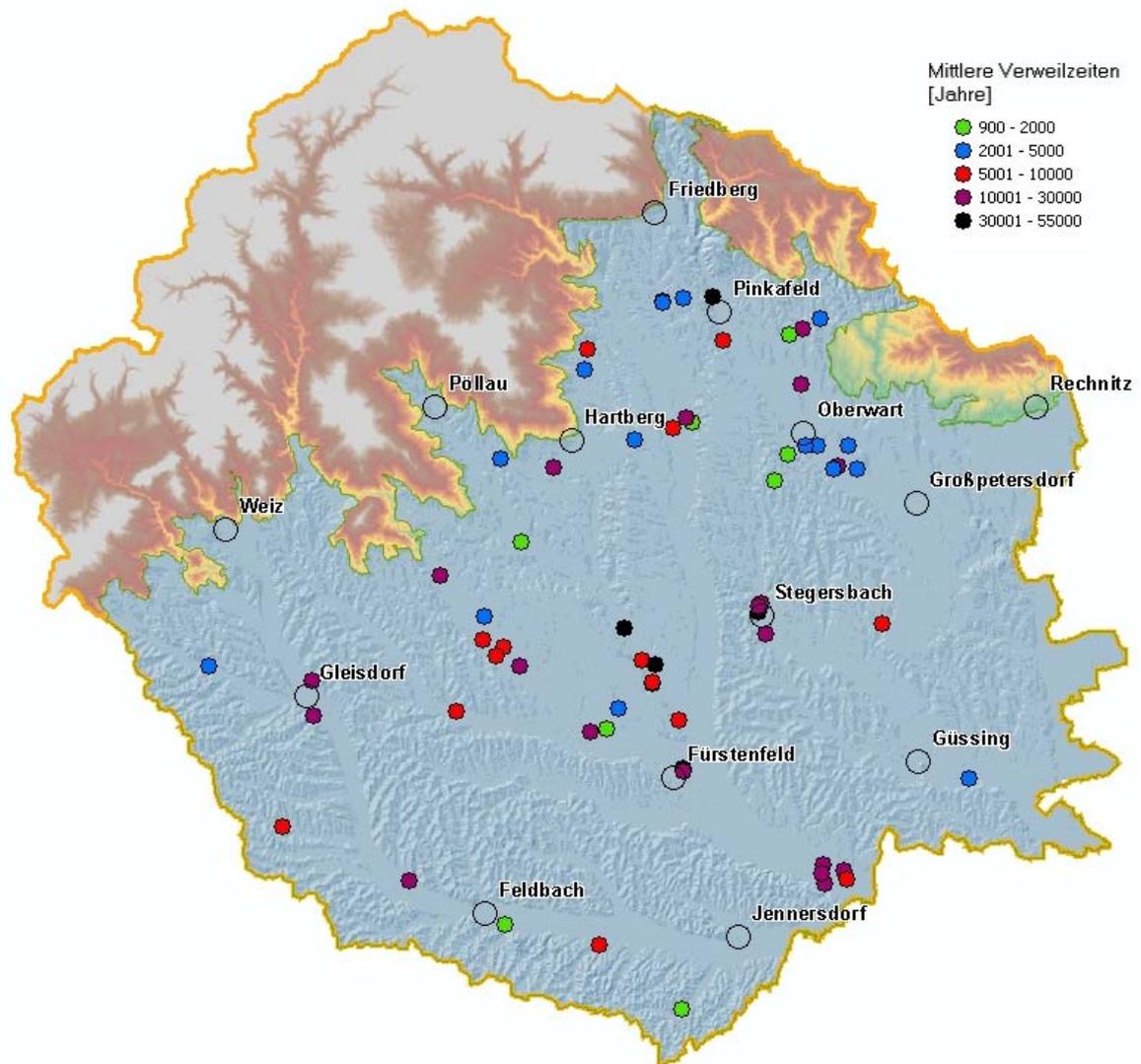


Abbildung 359. Geografische Verteilung der mittleren Verweilzeiten der Wässer

Von Bedeutung ist der Zusammenhang zwischen den Gehalten an ^{18}O bzw. ^2H und den, aus den $^{14}\text{C}_{\text{modern}}$ -Gehalten ermittelten Wasseralters (Verweilzeiten). Dieser Zusammenhang wurde schon in Kapitel 11.5.1.10 erwähnt. Die Überlegung geht grundsätzlich vom Zusammenhang zwischen den mittleren Lufttemperaturen bei Neubildung und der damit verbundenen Fraktionierung des Wassermoleküls aus. Bis vor etwa 10.000 Jahren herrschte in der letzten Eiszeit (Würm) eine Kaltphase, die die sich damals neubildenden Grundwässer signierte. Aus dieser Zeit stammen daher isotopisch leichte Wässer (^{18}O -Gehalt $< -10,5 \text{ ‰}$). Die ermittelten Wasseralter korrelieren hinsichtlich der isotopischen Fraktionierung eindeutig mit dieser Kaltphase (siehe Abbildung 360). D.h. im NANUTIWA-Gebiet existiert anhand der durchgeführten Altersbestimmungen kein einziges Tiefengrundwasser das jünger als etwa 10.000 Jahre ist und ^{18}O -Werte größer als $-10,5 \text{ ‰}$ aufweist. Dieser Zusammenhang könnte teilweise verwendet werden um die aufwendige Probennahme und

Analyse der ^{14}C -Werte zum Teil durch die wesentliche billigere Methode der ^{18}O -Bestimmung zu substituieren.

Abbildung 361 stellt die gemäß dem beschriebenen Zusammenhang berechneten Wasseralter dar. Die praktische Umsetzbarkeit dieses Zusammenhanges wird im Kapitel 13.4 noch näher erläutert. Um diese empirische Annäherung statistisch zu untermauern, wären in jedem Fall ergänzende Analysen und Interpretationen erforderlich.

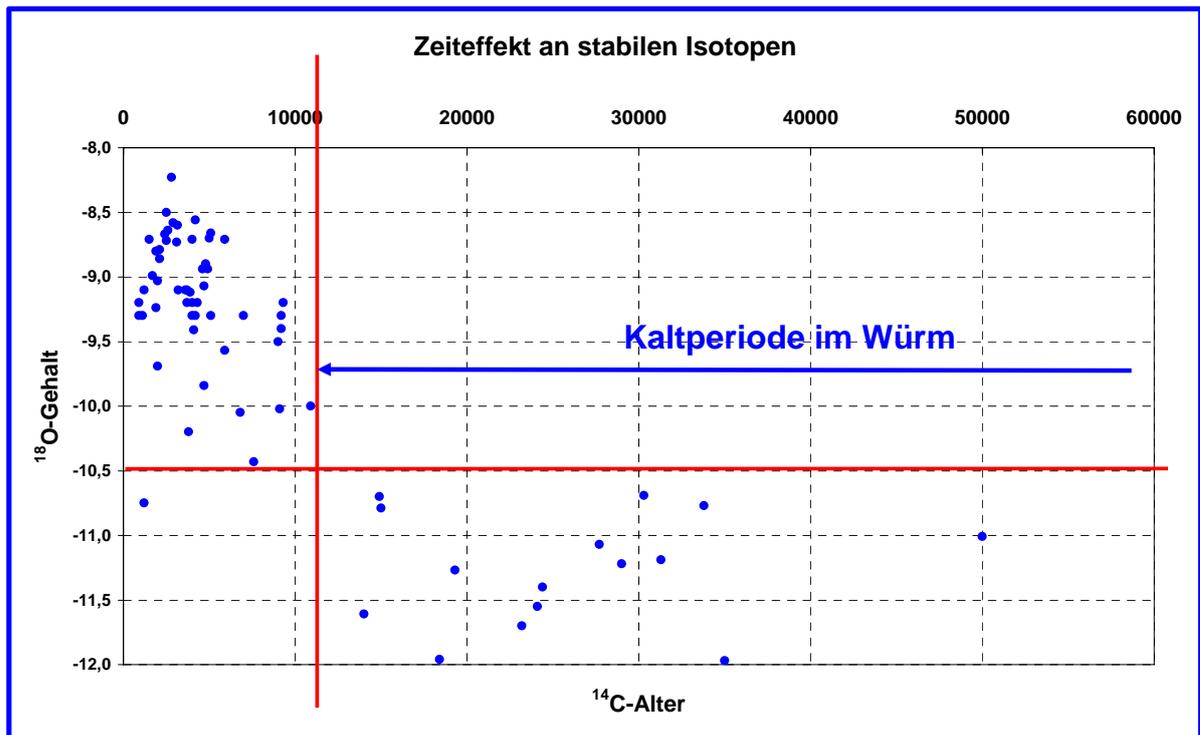


Abbildung 360: Zusammenhang ^{18}O -Gehalt und ^{14}C -Alter

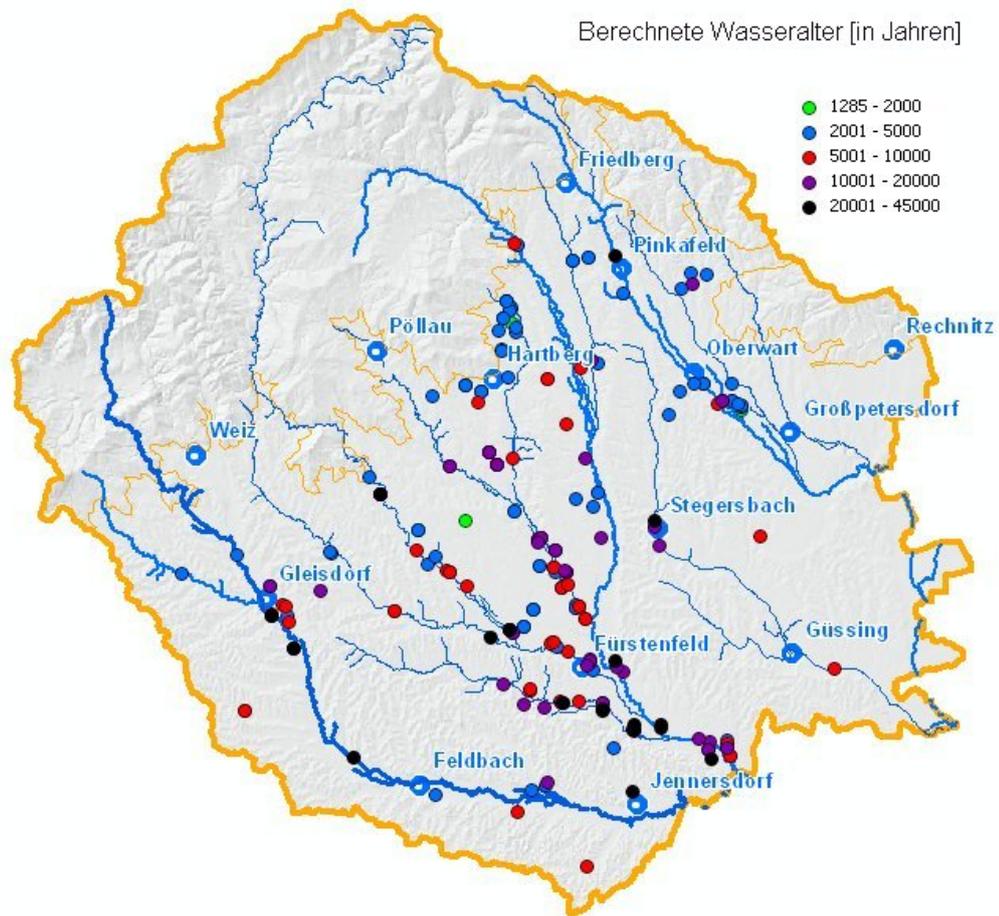


Abbildung 361: Berechnete Wasseralter auf Basis des Zusammenhanges zwischen ^{18}O und ^{14}C -Alter

11.5.1.13 Zeitliche Veränderungen isotopenhydrologischer Parameter

Die zeitliche Veränderung der Isotopengehalte stellt eine wesentliche Grundlage für die Erkennung von Änderungen im aquatischen System der Tiefengrundwässer dar. Im Rahmen der Bearbeitung dieses Kapitels wurden jene Brunnen, von denen mehrere Analysen hinsichtlich der isotopischen Zusammensetzung vorliegen, aus PRODATA gefiltert. Abbildung 362 stellt die vorliegenden Zeitreihen dar.

Die ^{18}O -Gehalte weisen deutliche Schwankungen auf.

Die Ursachen für diese Schwankungen kann mehrere Gründe haben:

- Bei mehrfach verfilterten Brunnen können Mischeffekte bei unterschiedlichen hydraulischen Rahmenbedingungen in Abhängigkeit vom Fördergeschehen entstehen
- Änderung der Regenerationsbedingungen
- Technische Probleme (z.B. Leckagen der Verrohrung)

- Differenzen unterschiedlicher Analyseverfahren und verschiedener Labors (Entwicklung neuer und verbesserter Meßverfahren seit Beginn der wissenschaftlichen Nutzung der Isotopen-Gehalte)

Für eine detaillierte Analyse dieser vielfältigen Zusammenhänge wäre die Einrichtung eines entsprechenden Monitoringsystems (siehe Kapitel 13.4), auch im Sinne der Umsetzung der EU-WRRL erforderlich und wünschenswert.

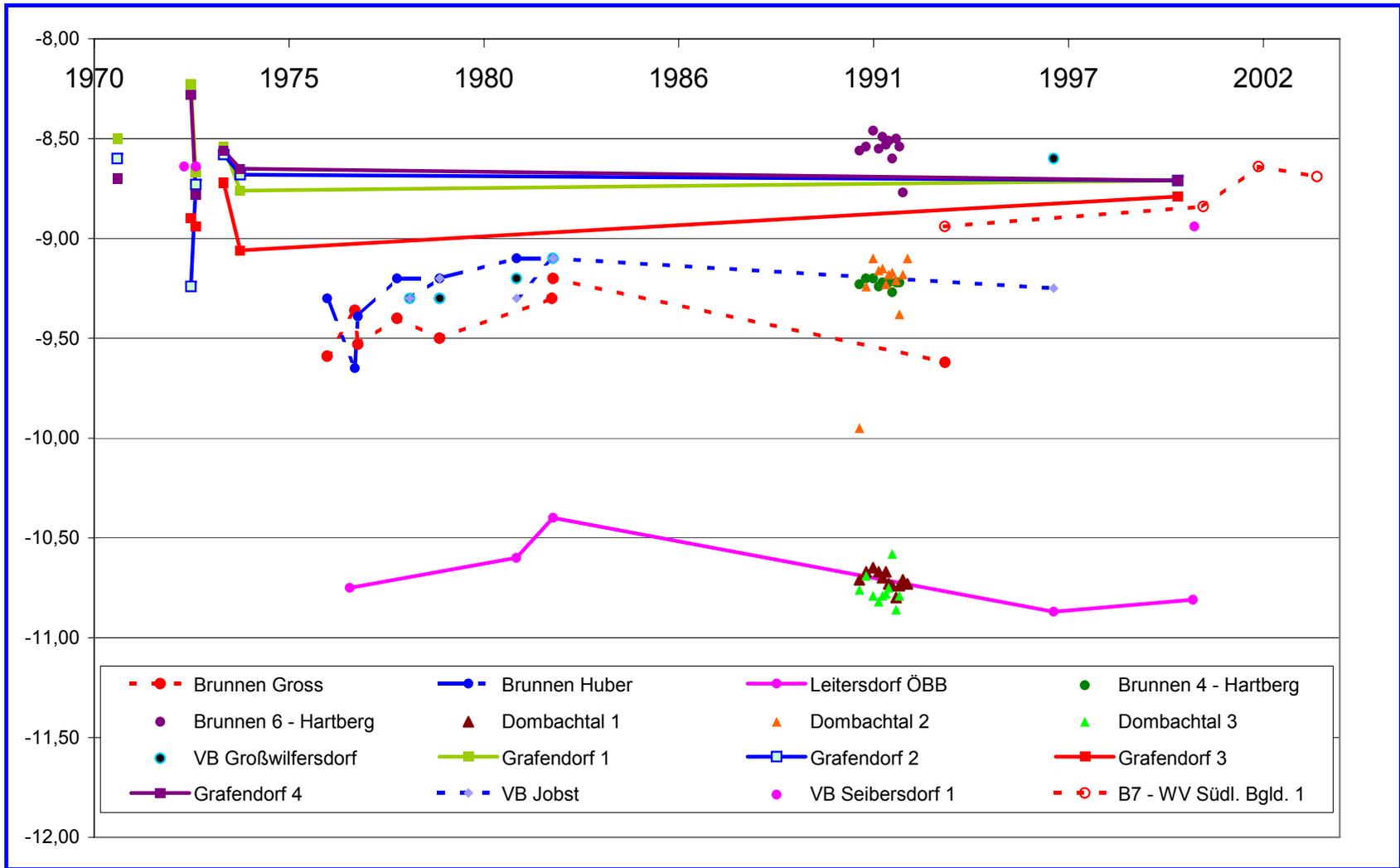


Abbildung 362: Zeitreihen der ^{18}O -Gehalte

11.5.1.14 Detailbetrachtungen ausgewählter Profile

Für die detaillierte Betrachtung der Tiefenabhängigkeit der hydrochemischen und isotopenhydrologischen Eigenschaften wurden einige Beispiele ausgewählt, die diese Zusammenhänge näher untersuchen.

11.5.1.14.1 Detailbetrachtung Fürstenfeld

Ideale Voraussetzungen für die Detailbetrachtung bilden die Tiefbrunnen der Wasserversorgung der Stadtgemeinde Fürstenfeld. Die Brunnen sind etwa linienförmig angeordnet, sehr nah beieinander situiert und teufenselektiv komplettiert.

Die verwendeten Brunnen und die zugehörigen Analyse- bzw. Messergebnisse sind in Abbildung 365 dargestellt. Der zugehörige Lageplan ist in Abbildung 363 zu sehen.

Eine klare Unterscheidung der Wässer aus den verschiedenen Tiefen bringen in diesem Beispiel die Wertepaare der stabilen Isotope. Hier ist eine signifikante Abreicherung des tiefer liegenden Aquifers erkennbar. Die beiden, diesen Aquifer erschließenden Brunnen (FF Gem.10, FF Gem.11) zeichnen sich durch ein Wassertemperatur von über 20°C aus, was per Definition das Minimum im Sinne von Thermalwassereigenschaften darstellt. Die Gesamtmineralisierung weist keinen signifikanten Trend mit zunehmender Tiefenlage der Aquifere auf. Dies bestätigt die in Abbildung 333 dargestellte Situation. D.h. dass im Detailschnitt Fürstenfeld keine Zunahme der Gesamtmineralisierung mit der Tiefenlage des Aquifers gegeben ist, wie dies z.T. in theoretischen Darstellungen angenommen wird.

Der Brunnen FF Gem. 10 weist die größte Verweilzeit im gesamten NANUTIWA-Gebiet auf. Das Wasser ist frei von ^{14}C und das Wasseralter daraus resultierend etwa 50.000 Jahre. Ähnliches wird auch für den Brunnen FF Gem. 11 zutreffen. Auch der wesentlich seichtere Brunnen FF Gem. 9 weist ein sehr hohes Wasseralter von etwa 25.000 Jahren auf.

Abbildung 364 zeigt die reflexionsseismische Linie FF0101, die etwa parallel zum Feistritztal verläuft. Das generelle West-Ost-gerichtete Einfallen der markanten Reflektoren gibt ein übersichtliches Bild der Untergrundstrukturen und könnte den möglichen Wasserpfad der Neubildung andeuten. Der Grund für das hohe Wasseralter kommt jedoch nicht eindeutig zum Ausdruck. Mögliche Aufstiegszonen von Wässern hoher Verweilzeiten durch die Nahelage der Südburgenländischen Schwelle wären denkbar.

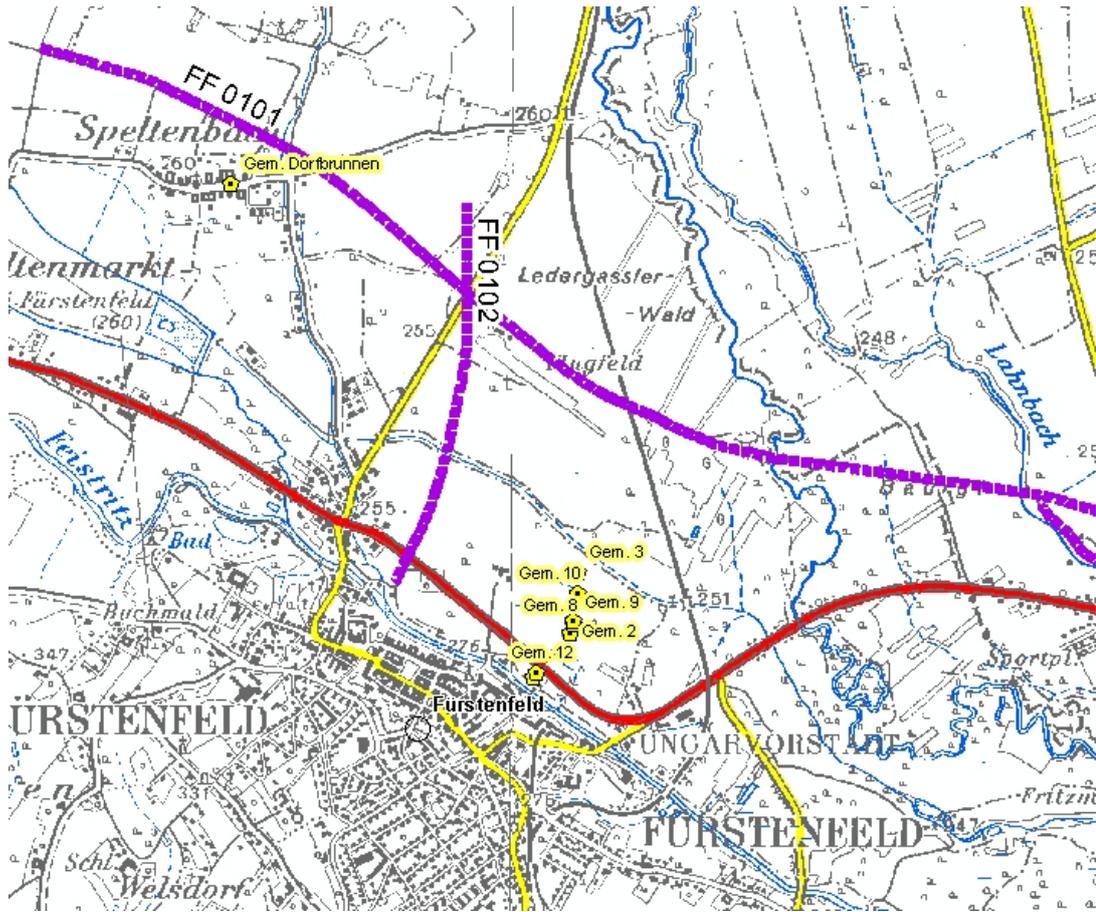


Abbildung 363: Lageplan Bereich Fürstenfeld

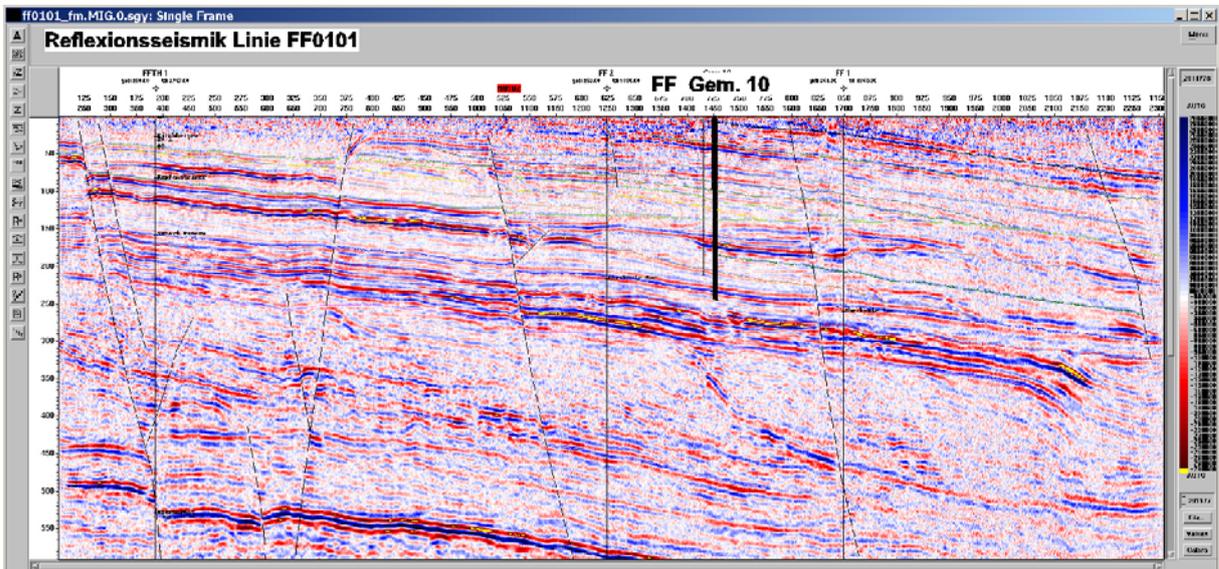


Abbildung 364: Reflexionsseismik Linie FF0101

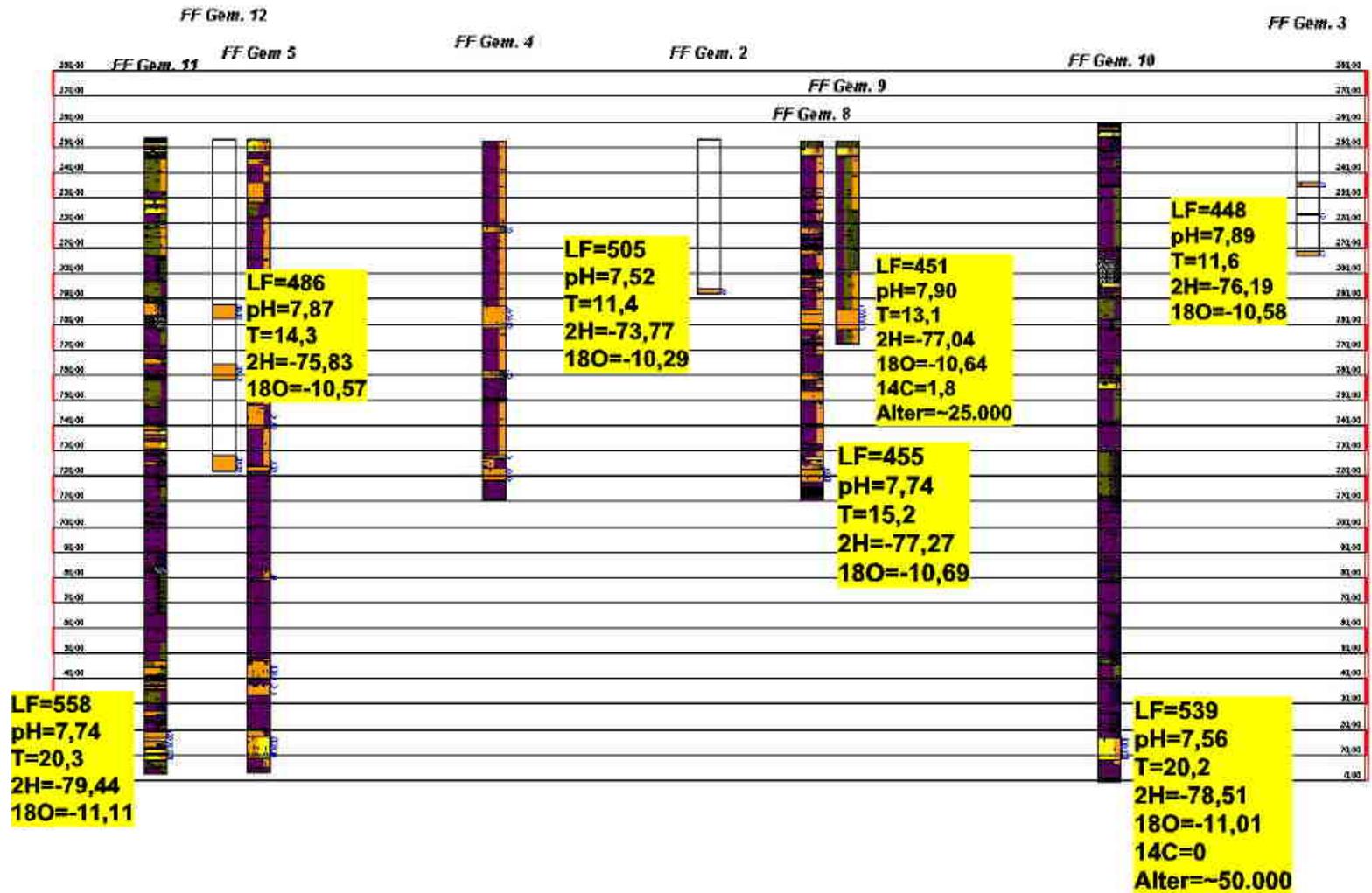


Abbildung 365: Profil Fürstenfeld

11.5.1.14.2 Detailbetrachtung Grafendorf-Seibersdorf

Die Betrachtung der Detailsituation in Grafendorf-Seibersdorf wurde aufgrund der günstigen hydrogeologischen Rahmenbedingungen und Erschließungssituation ausgewählt. Im Bereich von Grafendorf befinden sich 4 Versuchsbohrungen des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung in unmittelbarer Nähe zueinander. Die Versuchsbohrungen sind teufenselektiv ausgebaut und fassen jeweils unterschiedliche Aquifere. Einige km entfernt liegen zwei Versuchsbohrungen im Bereich von Seibersdorf, welche in die Detailbetrachtung einbezogen wurden.

Die Leitfähigkeiten der Wässer liegen im Bereich zwischen etwa 200 und 470 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Mit Ausnahme des artesisch gespannten Wassers aus der Versuchsbohrung Seibersdorf 2 sind alle Wässer tritiumfrei. Die VB Seibersdorf 2 weist eine zeitliche Zunahme des Tritiumgehaltes auf, was den zunehmenden Einfluss junger Wasserkomponenten anzeigt.

Betrachtet man die verschiedenen Wassereigenschaften in Abbildung 366, so zeigt sich, dass keine eindeutige tiefenmäßige Gliederung erkennbar ist. Die elektrischen Leitfähigkeiten sind unsystematisch verteilt. Eine Temperaturzunahme mit der Tiefe ist nachweisbar (die gemessene Wassertemperatur der VB Grafendorf 2 ist durch die Probennahmebedingungen erhöht). Die stabilen Isotope weisen generell ähnliche Wertepaare (^2H , ^{18}O) auf. Ein geringfügiger Unterschied besteht zwischen den Bohrungen in Seibersdorf und Grafendorf.

Auch die ^{14}C -Wasseralter weisen keinen tiefenabhängigen Trend auf.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass keine einheitlichen Tiefentrends der betrachteten Parameter bestehen. Die Wässer der betrachteten Versuchsbohrungen unterscheiden sich nur unsystematisch, was den Schluss nahe legt, dass die hydrochemische und isotopenhydrologische Genese grundsätzlich vergleichbar ist, im Detail jedoch von den lithologischen Eigenschaften der Aquiferschichten und vom technischen Zustand der Bohrungen geprägt ist.

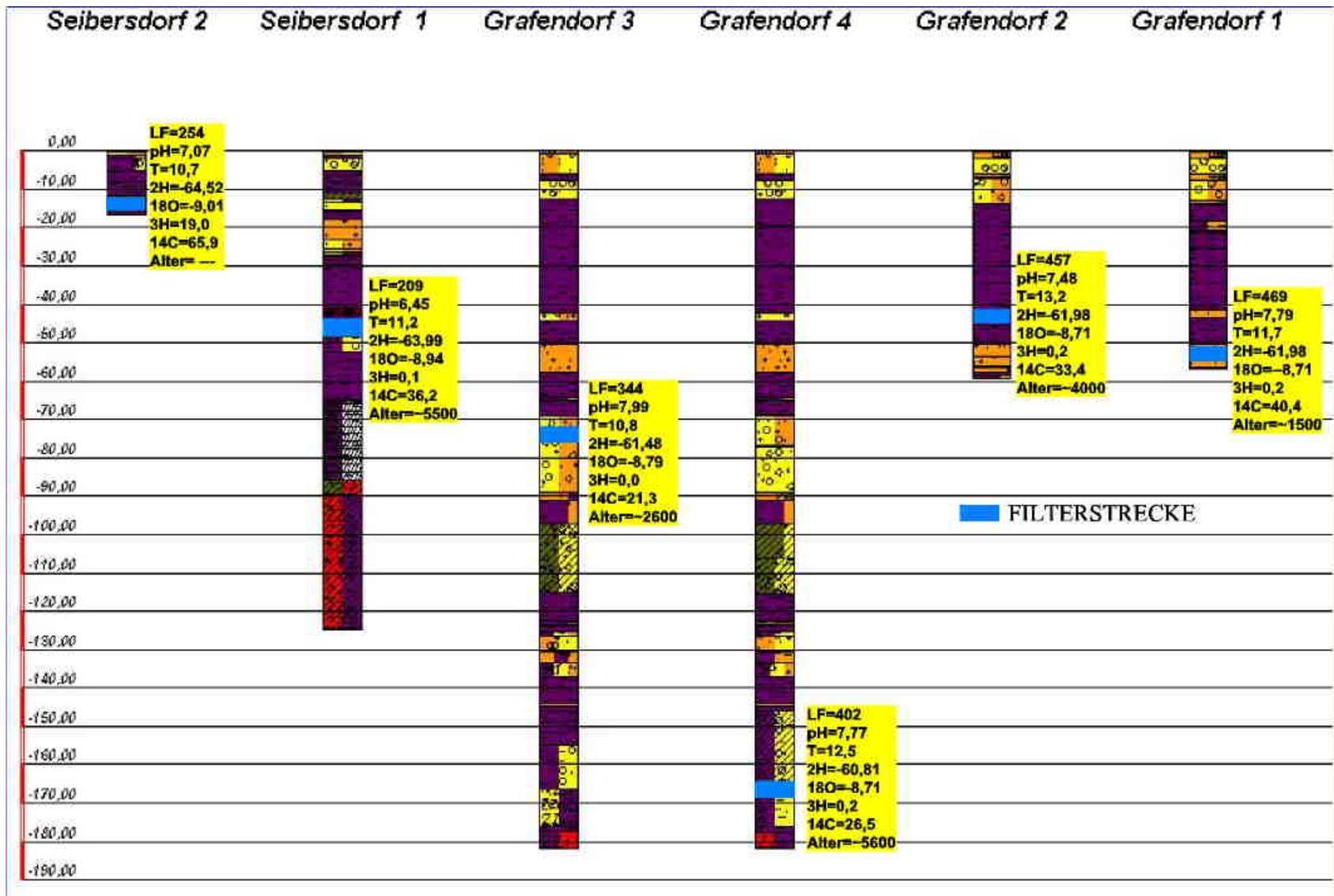


Abbildung 366: Profil Grafendorf-Seibersdorf

11.5.1.14.3 Detailbetrachtung Hirnsdorf

In Hirnsdorf sind vier Bohrungen des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung situiert, die teufenselektiv ausgebaut wurden. 2 dieser Versuchsbohrungen wurden in die Versorgung der Gemeinde Hirnsdorf übernommen.

In Abbildung 367 sind die Bohrprofile und die untersuchten Parameter zusammengefasst dargestellt.

Die Situation in Hirnsdorf entspricht weitgehend der „klassischen“ Vorstellung einer Tiefengrundwasserzirkulation. Mit zunehmender Aquifertiefe nimmt die Mineralisierung der Wässer zu, was in einem Anstieg der elektrischen Leitfähigkeit zum Ausdruck kommt. Ebenso steigt das Wasseralter mit zunehmender Tiefe. Der seichteste Aquifer weist einen geringen Tritium-Gehalt auf, während die tieferen Aquiferschichten tritiumfrei sind. Die Wassertemperaturen deuten einen relativ hohen geothermischen Gradienten an.

Das hohe Wasseralter der beiden tiefen Aquifere korreliert sehr gut mit der isotopischen Abreicherung der stabilen Isotope ^2H und ^{18}O , die die in Kapitel 11.5.1.12 beschriebene Kaltzeit bei der Grundwasserneubildung repräsentiert.

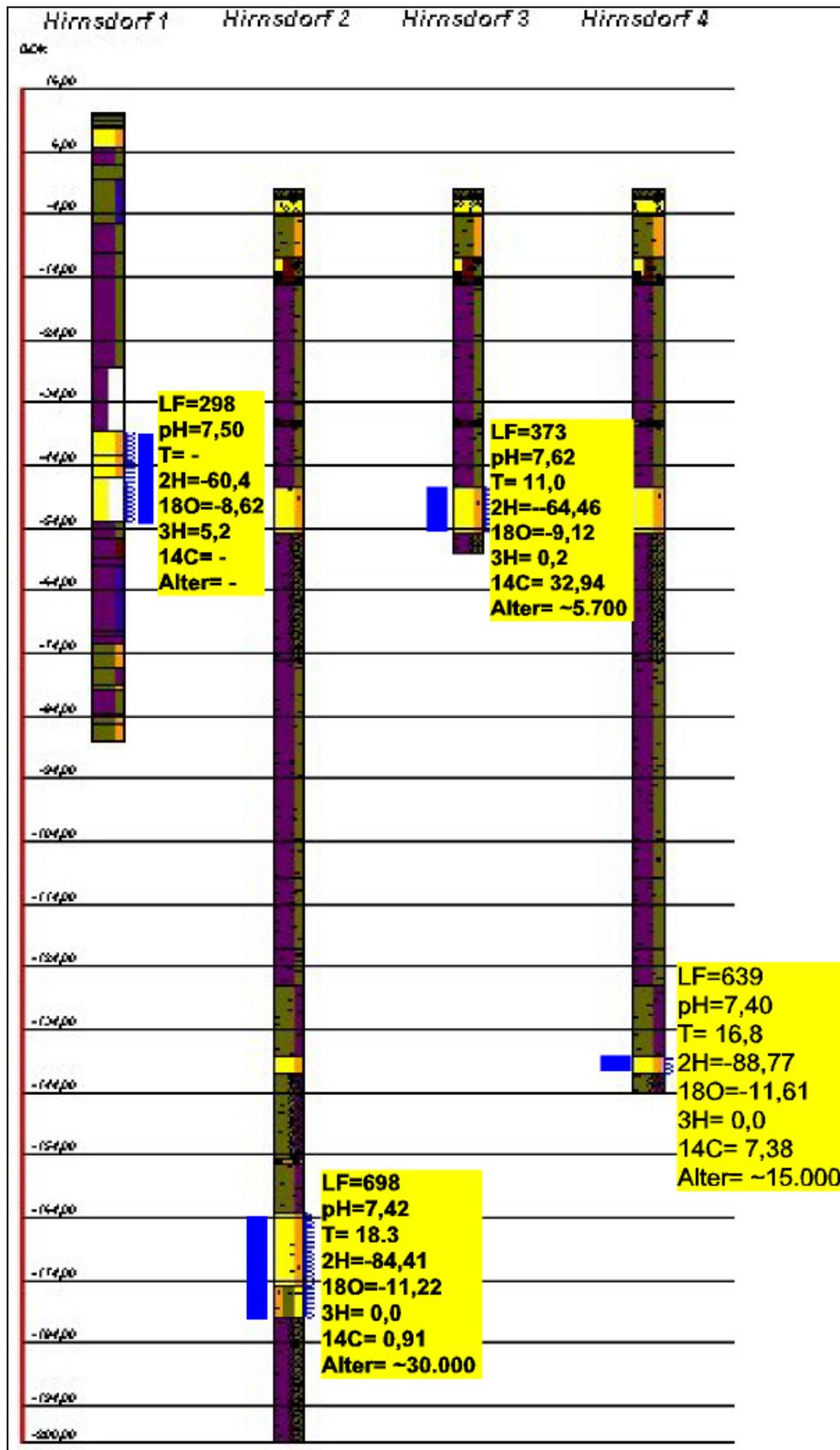


Abbildung 367: Profil Hirnsdorf

11.6 Zusammenfassung

Im Zuge der Interpretation der hydrochemischen und isotopehydrologischen Datenbasis bestätigt sich die komplexe und lokal unterschiedliche Genese der Tiefengrundwässer im NANUTIWA-Gebiet. Im wesentlichen beruht dieses heterogene hydrochemisch-isotopehydrologische Bild auf der ebenso heterogenen Ausbildung der Aquifere. Wie in Kapitel 10.5.3 dargestellt und in Abbildung 368 zusammengefasst, liegen im Bereich der Tiefenaquifere des NANUTIWA-Gebietes kleinräumige Zirkulationssysteme vor, die entsprechende Unterschiede in der hydrochemischen Genese der Wässer bedingen. Bereiche der Grundwasserneubildung wechseln sich kleinräumig mit Exfiltrationszonen ab. Trotz dieser komplexen und im Detail nicht generalisierbaren Situation weisen die Tiefengrundwässer einige grundsätzliche Eigenschaften, die im folgenden beschrieben werden, auf:

- Die hohen Verweilzeiten der Tiefengrundwässer bedingen deren Neubildung zu Zeiten, in denen anthropogene Belastungen durch Landwirtschaft oder Industrie nicht vorhanden waren. Nur wenige Wässer, die im Projektgebiet von NANUTIWA zur Trinkwasserversorgung herangezogen werden, beinhalten junge Wasserkomponenten, die auch anthropogenen Belastungen unterliegen können.
- Der Mangel oder das Fehlen von Sauerstoff sowie die teilweise Anwesenheit von postvulkanischem CO₂ führen zur Ausbildung einer speziellen hydrochemischen Genese der Wässer, die letztendlich die Eigenschaft der Wässer bei den Trinkwasseranlagen prägt. Diese sind generelle Nitratfreiheit, erhöhter Mangan und Eisengehalt, z.T. niedrige pH-Werte.

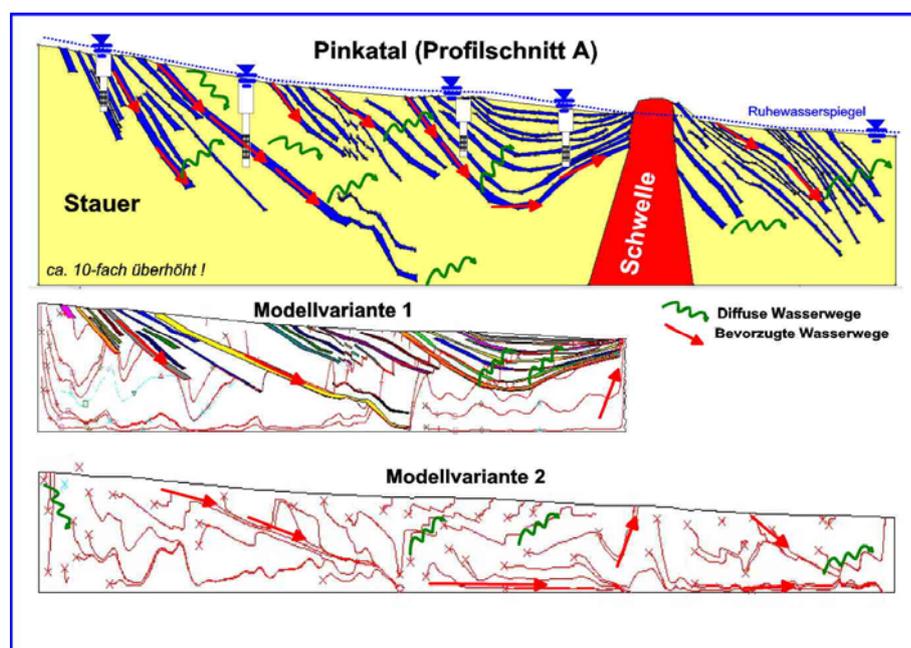


Abbildung 368: Fließpfade entsprechend der Aquifergeometrie entlang des Pinkatales

- Kationenseitig sind die Wässer von Ca und Na dominiert. Anionenseitig dominiert Hydrogenkarbonat.
- Chlorid und Sulfat treten meist nur in untergeordneten Konzentrationen auf. Erhöhte Werte von Chlorid können in den meisten Fällen auf den Kontakt mit marinen Restbeständen in Zusammenhang gebracht werden. Erhöhte Sulfat-Werte und Chlorid-Gehalte können teilweise geogen bedingt sein; diesbezügliche anthropogene Belastungen können jedoch nicht generell ausgeschlossen werden.
- Die Wasseralter liegen zwischen rezent und etwa 50.000 Jahren.
- Die Gesamteigenschaften zeichnen Tiefengrundwässer im besonderen hinsichtlich des Schutzes gegenüber Schadstoffeinträgen von der Oberfläche aus. Tiefengrundwässer sind daher von besonderer Bedeutung im Zusammenhang mit der Trinkwassernotversorgung bei Umweltkatastrophen unterschiedlichen Ausmaßes.

12 Darstellung der gegenwärtigen Nutzung, Erschließungspotenzial und Übernutzungsgebiete

12.1 Einleitung

Die Tiefengrundwässer sind aufgrund der geologisch-lithologischen Rahmenbedingungen und der wirkenden Neubildungsmechanismen gespannte Wässer. Entsprechend den topografischen Gegebenheiten sind Tiefengrundwässer im NANUTIWA-Gebiet vielfach artesisch. Hinsichtlich der Nutzung der Wässer ergibt sich daher die Möglichkeit, Tiefengrundwässer auch ohne den Einsatz von Pumpenergie zu fördern. Seit der Erschließung der Tiefengrundwässer mit Bohrungen entstanden daher zahlreiche frei auslaufende „Hausarteeser“, die z.T. ungenutzt abfließen. Tiefengrundwassernutzungen der kommunalen Wasserversorger erfolgen in den meisten Fällen mit Pumpunterstützung.

Die Beschreibung der gesamten Nutzungssituation und des Bedarfes ist Inhalt dieses Kapitels.

12.2 Förderdaten und Fördergeschichte

Eine nachhaltige Nutzung der Tiefengrundwässer und die Veränderung des gesamten aquatischen Systems kann nur anhand eines Vergleiches der Fördergeschichte mit der aktuellen Situation erfolgen.

Zur Beschreibung der Fördergeschichte stehen insbesondere für die „klassischen“ artesischen Hausbrunnen mit freiem Überlauf (Brunnen mit offenem System) historische Daten aus vergangenen

Untersuchungen und Studien (siehe Kapitel 7) zur Verfügung. Insgesamt liegen aus dem Zeitraum zwischen den Jahren 1948 und 2003 3527 Schüttungsmessungen an 1551 Brunnen im Untersuchungsgebiet vor. Die überwiegende Mehrheit dieser Messungen sind Einzelmessungen. An 960 Brunnen wurde die Schüttung öfter als einmal gemessen (siehe Abbildung 369 und Abbildung 370).



Abbildung 369: Schüttungsmessungen pro Brunnen

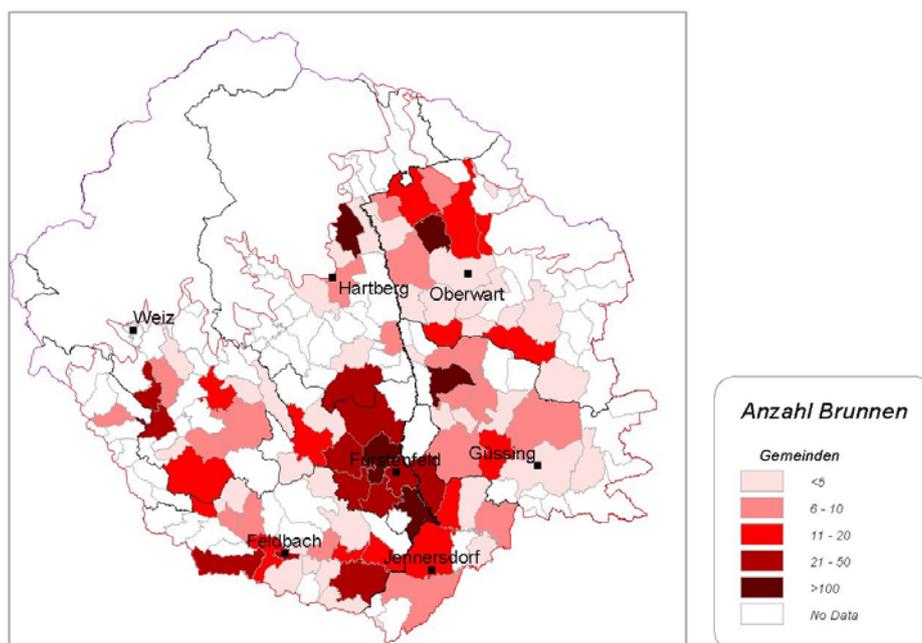


Abbildung 370: Brunnen mit mehr als einer Schüttungsmessung

Analsiert man die einzelnen Termine dieser Schüttungsmessungen, so sind einzelne Schwerpunkte in den 70er- und 90er Jahren festzustellen (siehe Abbildung 371).

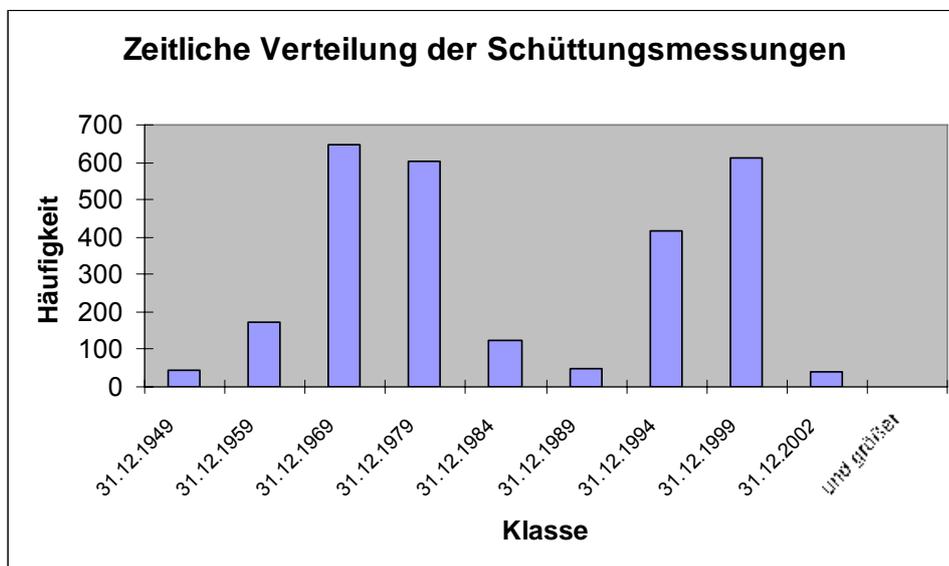


Abbildung 371: Zeitliche Verteilung der Schüttungsmessung

Der mittlere Zeitabstand zwischen zwei Schüttungsmessungen an den einzelnen Brunnen lässt sich aus Abbildung 372 ablesen.

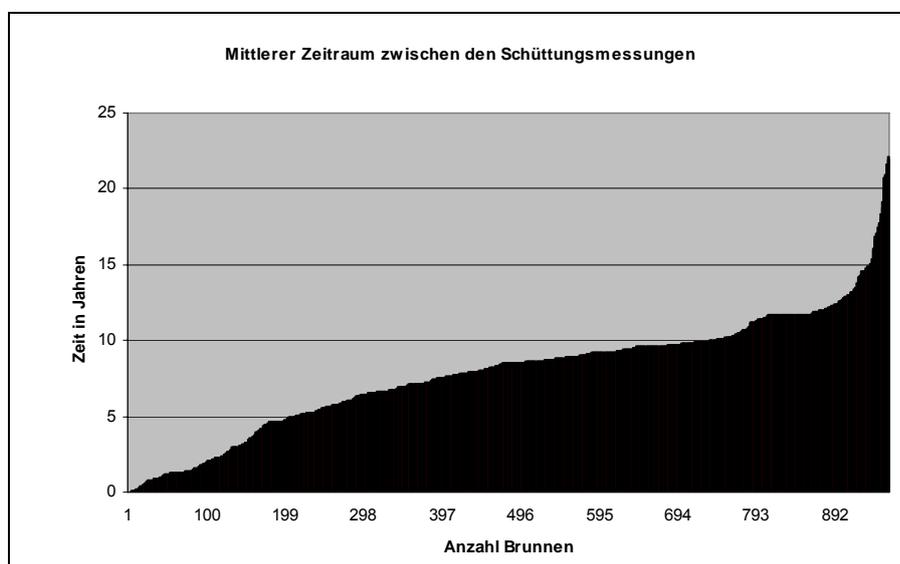


Abbildung 372: Mittlerer Zeitraum zwischen den Schüttungsmessungen

Die Einzelmessungen an den 906 Brunnen mit mehr als einer Schüttungsmessung im zeitlichen Abstand von 18 Tagen bis 50 Jahren zeigen einen maximalen Rückgang von 11,5 l/s bzw. eine

maximale Zunahme von 5,1 l/s. Insgesamt weisen 603 Brunnen (=63 %) rückläufige Schüttungen im Gesamtausmaß von 102,5 l/s und 311 Brunnen (=32 %) eine Zunahme der Schüttung im Ausmaß von 54,5 l/s auf. Der Saldo der Schüttungsschwankungen im NANUTIWA-Gebiet beträgt daraus resultierend - 48 l/s oder im Mittel - 0,05 l/s pro Brunnen. Die summarischen Schüttungsdifferenzen pro Gemeinde sind in Abbildung 373 dargestellt.

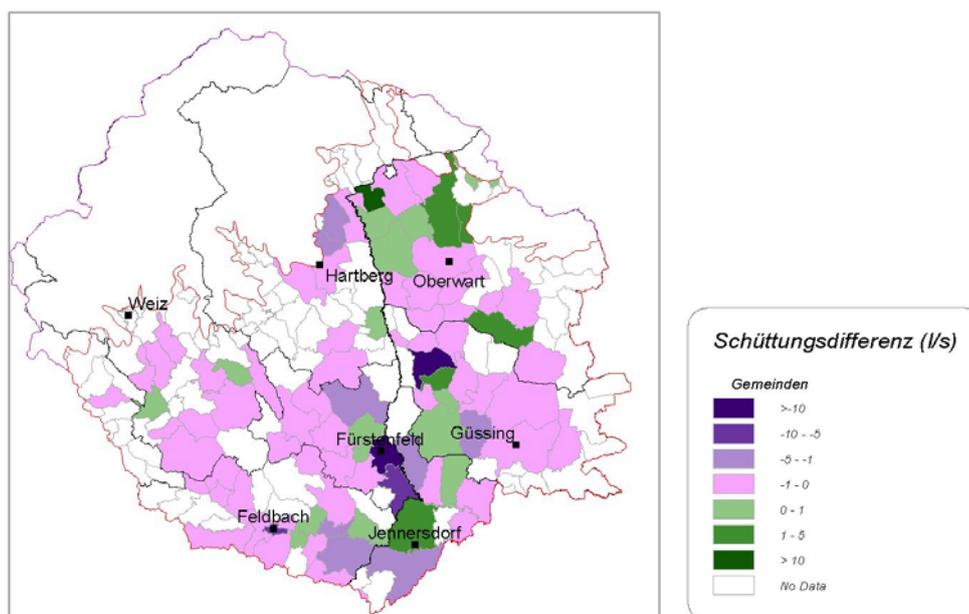


Abbildung 373: Schüttungsdifferenzen in Gemeinden

12.3 Datenbasis, Datenqualität und Auswertemethodik

Die Erhebung der nutzungsrelevanten Daten erfolgte im Zuge der einzelnen Erhebungskampagnen (siehe Kapitel 7), wobei für jeden artesischen Brunnen der freie Überlauf, sowie in der Steiermark zusätzlich die Zahl der versorgten Personen und Großvieheinheiten (GVE) als Grundlage für die Berechnung des Bedarfes erhoben wurden.

Öffentliche Wasserversorger:

Ergänzend erfolgten vertiefende Erhebungen, die insbesondere die Fördermengen der gewerblich genutzten Brunnen (Erhebung Steiermark 2002) und die zeitliche Entwicklung der Förderraten der Brunnen der öffentlichen Wasserversorgung (Erhebung Steiermark 2003-2004, Fragebogenaktion Burgenland 2001) umfassten. Weiters wurden die Entnahmemengen jener Wasserversorgungsverbände des Burgenlands eingebunden, die in das Brunnenmonitoring System Burgenland integriert sind und daher über eine entsprechende Aufzeichnung verfügen.

Relevant im Hinblick auf die Nutzungssituation ist, dass nicht zu allen Brunnen der Wasserverbände und öffentlichen Wasserversorger Fördermengen des Betrachtungsjahres 2002 vorhanden sind. Weiters ergeben sich Einschränkungen, da die lückenlose Datenaufzeichnung teilweise erst ab Mitte 2001 oder später erfolgte. Aufgrund dieser kurzen Beobachtungsdauer sind auch fallweise große Unterschiede in den Fördermengen im Jahresvergleich festzustellen.

Naturgemäß ist eine jahresbezogene Darstellung der Nutzungssituation als Momentaufnahme zu verstehen. Die Auswahl des Jahres 2002 zur Darstellung der Nutzung hinsichtlich der öffentlichen Wasserversorgung repräsentiert einen Kompromiss aus Datenaktualität und der einigermaßen flächendeckenden Verfügbarkeit für das gesamte Untersuchungsgebiet.

Ursprünglich war mit der Ende 2001 in Angriff genommene Fragebogenauswertung an Gemeinden und Wasserverbände unter anderem beabsichtigt, Jahresentnahmemengen über zumindest 5 bis günstigenfalls 10 Jahre zu recherchieren, um daraus Nutzungstrends ableiten zu können. Lückenhafte Aufzeichnungen der Betreiber und teilweise nur summarische Einspeismengen der Wasserverbände (Zusammenfassung mehrerer Brunnen) lassen – obgleich alle Datenrecherchen in PRODATA integriert sind – eine Trendbeurteilung nicht uneingeschränkt zu.

In der Steiermark wurde für jene Gemeinden, die keine Förderdaten mitgeteilt haben, ersatzweise die Fördermenge für das Jahr 1995 aus dem Wasserversorgungsplan Steiermark berücksichtigt (kursive Einträge in Tabelle 47). Für einzelne gewerbliche Brunnenanlagen liegen Daten des Jahres 2001 vor, die ersatzweise herangezogen wurden.

Für beide Bundesländer gilt auch, dass nicht für alle Brunnen mit freiem Überlauf Schüttungsmessungen vorliegen. Diesem Umstand wurde dadurch begegnet, dass auf Basis mittlerer Schüttungen der gemessenen Brunnen die Schüttungen der restlichen (nicht gemessenen Brunnen) hochgerechnet wurde. Der dadurch entstehende Fehler kann zwar auf Gemeindeebene signifikant sein, auf Landesebene ist dieser jedoch eher untergeordnet.

12.4 Nutzungsarten

Hinsichtlich der Nutzungsart wurde zwischen kommunaler/regionaler Wasserversorgung vornehmlich zu Trinkwasserzwecken im Rahmen der öffentlichen Versorgung bzw. von Wassergenossenschaften und –gemeinschaften (*wva*), der Entnahme im Rahmen einer gewerblich/industriellen Tätigkeit vornehmlich zu Nutzwasserzwecken (*gew*) und Einzelwasserversorgungsanlagen (Hausbrunnen) auch im Rahmen eines landwirtschaftlichen Betriebes (*prv*) unterschieden. Konnte keine Nutzung erhoben werden oder ist in der Datenquelle dazu keine Angabe vorhanden, so entspricht die Anlage der Nutzungsart *k.A.* (keine Angabe). Eine Sonderstellung nimmt der ungenutzte Brunnen (*kei*) ein, der die meiste Zeit frei überläuft, dessen überlaufendes Wasser aber nicht genutzt wird (siehe Tabelle

41). Diese Nutzungsarten sind bilanzrelevant, da sie in die Grundwasserbilanz als Entnahme eingehen.

Die nicht entnahmewirksamen Tiefengrundwasseraufschlüsse (Bohrungen, Brunnen) umfassen die Typen *VB* (Versuchsbohrung, keine Absicht der dauerhaften Entnahme), *pro* (Explorations- oder Produktionsbohrung auf mineralische Rohstoffe ebenfalls ohne Entnahme von Tiefengrundwässern) sowie *Thermal* für Thermalwasserbohrung und *Tiefb* für Tiefbohrung. Nachdem diese Nutzungstypen keine trinkwasserrelevante Entnahme darstellen und somit nicht bilanzrelevant sind, blieben sie in weiterer Folge unberücksichtigt.

Nr.	Art der Nutzung (siehe Unterformular Nutzung in PRODATA)	Beschreibung	Methode der Erhebung
1	wva	Kommunale oder regionale Versorgung (Förderung und Betrieb durch Gemeinde oder Verband) Wassergemeinschaften Wassergenossenschaften	Kartei der wasserwirtschaftlichen Planung Erhebung im Wasserbuch Wasserversorgungsplan Steiermark Erhebung vor Ort Fragenbogenaktionen
2	gew	Wassergewinnung im Rahmen eines gewerblich-industriellen Betriebes	Kartei der wasserwirtschaftlichen Planung Erhebung im Wasserbuch Erhebung vor Ort Fragenbogenaktionen
3	prv	Einzelwasserversorgung, auch im Rahmen eines landwirtschaftlichen Betriebes	Kartei der wasserwirtschaftlichen Planung Erhebung im Wasserbuch Erhebung vor Ort
4	kei	Keine Nutzung des artesischen Brunnens, jedoch freier Überlauf	Kartei der wasserwirtschaftlichen Planung Erhebung im Wasserbuch Erhebung vor Ort
5	k.A.	In der Datenquelle ist keine Angabe zur Nutzung vorhanden	Kartei der wasserwirtschaftlichen Planung

Tabelle 41: Bilanzrelevante Nutzungsarten und Erhebungsmethode

Die Beschreibung der gegenwärtigen Nutzungssituation erfolgt auf Basis von PRODATA durch automatisierte Abfragen.

Im Untersuchungsgebiet wurden insgesamt 1947 Brunnen mit bilanzrelevanten Nutzungsarten erhoben. Diese teilen sich auf die Bezirke des Untersuchungsgebietes gemäß Abbildung 374 auf. Es zeigt sich, dass die private Nutzung bezogen auf die Anzahl der Brunnen überwiegt.

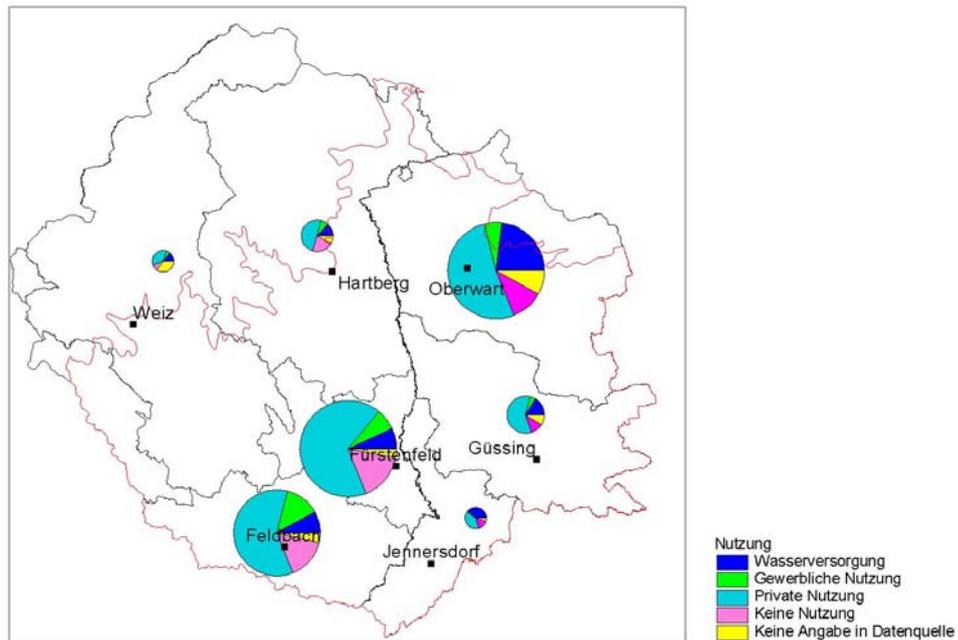


Abbildung 374: Nutzungsarten je Bezirk

Der hohe Anteil privater Nutzungen ist von Bedeutung, da diese „Hausbrunnen“ oft nur einen kleinen Teil des oft artesisch fließenden Wassers nutzen und ein erheblicher Anteil ungenutzt abfließt. In vielen Fällen bestehen Hausartesen trotzdem der zugehörige Haushalt an das kommunale Versorgungsnetz gebunden ist. Die kommunalen Wasserversorger entnehmen das Grundwasser meist pumpengebunden und bedarfsgerecht, sodass sich hier ein maximaler Nutzungsgrad ergibt. Abbildung 375 stellt die geografische Verteilung nutzungsrelevanter Brunnen dar. Vor allem in Gebieten mit einer hohen Anzahl an „Hausartesen“ ist eine große Anzahl von Brunnen bekannt.

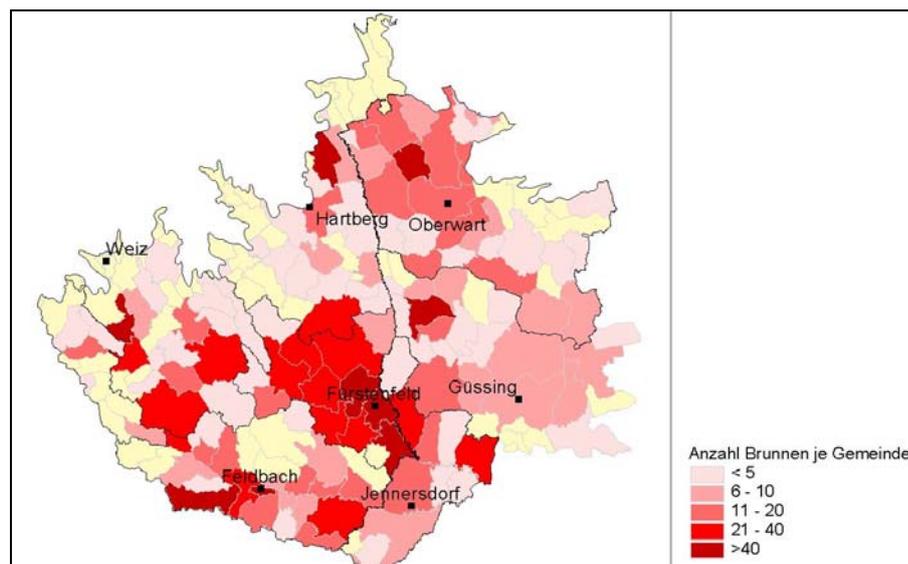


Abbildung 375: Anzahl nutzungsrelevanter Brunnen pro Gemeinde

Abbildung 376 stellt die geografische Verteilung sowie die jährliche Entnahmemenge der Brunnen von kommunalen Wasserversorgungsanlagen zusammenfassend dar. Die angegebenen Entnahmemengen entsprechen den in Kapitel 12.6 beschriebenen Förderdaten.

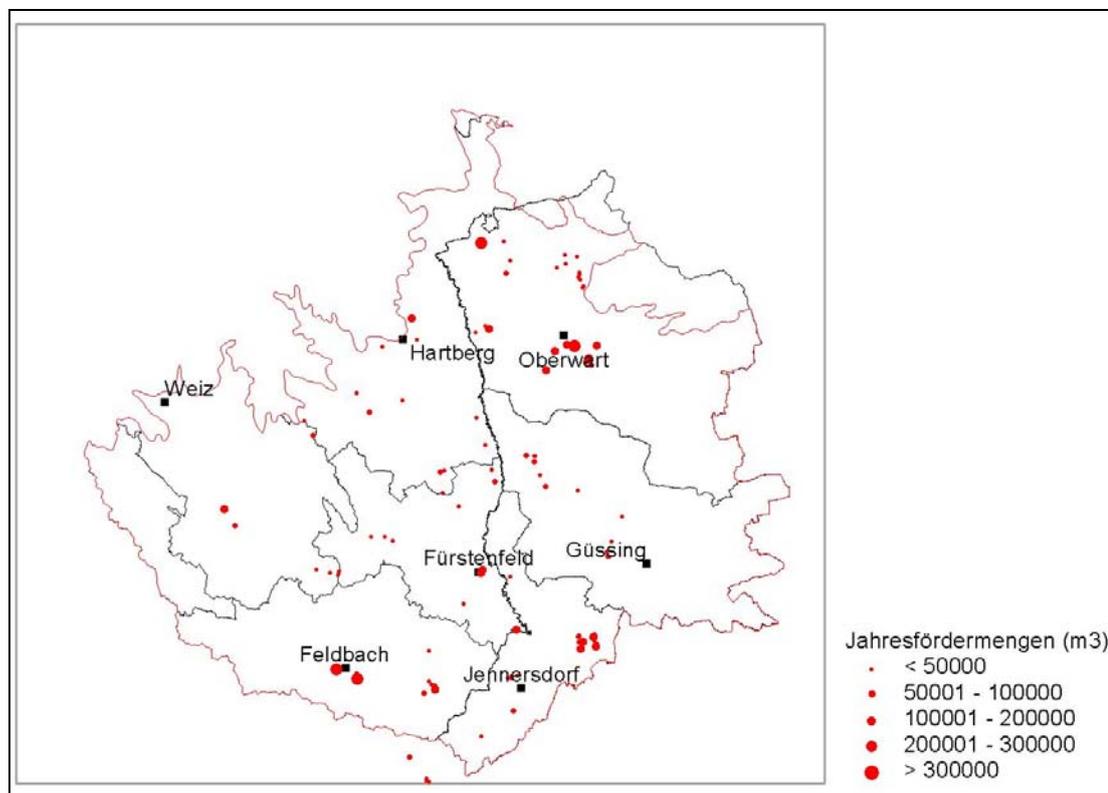


Abbildung 376: Wasserversorgungsanlagen im Untersuchungsgebiet

12.5 Nutzungsgrad

Nutzungsgrade als Verhältnis der genutzten Schüttung zur Gesamtschüttung lassen sich per Definition nur bei frei überlaufenden Brunnen angeben. Bei Pumpbrunnen wird im Regelfall nur so viel entnommen wie auch dem Bedarf entspricht.

Zu Berechnung des Nutzungsgrades (Bedarf/Schüttung) muss der Bedarf und die Schüttung des Brunnens bekannt sein. Der Bedarf hängt von der Anzahl der Personen des Haushaltes sowie sonstiger Verbraucher (im Regelfall Rinder und Schweine eines landwirtschaftlichen Betriebes) ab. Diese Verbraucherdaten wurden im Land Steiermark erhoben, für das Burgenland liegen sie nicht vor. Es kann aber grundsätzlich davon ausgegangen werden, dass bei ähnlichen Schüttungen und ähnlicher Haushaltsstruktur auch die Nutzungsgrade vergleichbar sein werden.

Im Zuge der Erhebungen 1995 bis 1997 wurden für die nachstehenden Gemeinden die Nutzungsgrade summarisch für alle Brunnen mit freiem Überlauf angegeben (siehe Tabelle 42).

GemNr.	Gemeinde	Nutzungsgrad	GemNr.	Gemeinde	Nutzungsgrad
61725	Labuch	0,15	60717	Lafnitz	0,31
60424	Kapfenstein	0,45	60728	Rohrbach	0,02
60508	Ilz	0,09	60739	Sebersdorf	0,50
60702	Blaindorf	0,02	60748	Waltersdorf	0,41
60707	Grafendorf	0,10	61712	Gersdorf	0,01
60708	Greinbach	0,75	61719	Hofstätten	0,07
60710	Hartberg	0,18	61721	Ilztal	0,15

Tabelle 42: Nutzungsgrade

Aus diesen Erhebungen ergibt sich ein durchschnittlicher Nutzungsgrad von etwa 20%. D.h. dass etwa 80% des artesischen Wassers ungenutzt in die Vorflut abfließen.

Hinzu kommt, dass private Nutzungen oft auch nur sehr gering genutzt werden (als Nutzwasser z.B. zum Gartengießen, für Waschw Zwecke etc.), da die Haushalte schon an das öffentliche Versorgungsnetz angeschlossen sind. Dies bedeutet, dass diese Brunnen in PRODATA als genutzt angeführt sind, obwohl ein Großteil des Wassers frei und ungenutzt abfließt. Der Nutzungsgrad dieser Brunnen geht dann oft gegen Null. Diese Tatsache reduziert den mittleren Nutzungsgrad zusätzlich.

Abbildung 377 zeigt die privaten Brunnen im NANUTIWA-Gebiet und die Brunnen, für die „keine Nutzung“ in PRODATA angegeben ist. Für beide Brunnenarten ist ein sehr geringer Nutzungsgrad anzusetzen.



Abbildung 377: Private Brunnen und Brunnen mit keiner Nutzung

12.6 Wasserverbände, Entnahmen aus geschlossenen Systemen

Die tatsächlichen Entnahmen aus Brunnen mit geschlossenen Systemen zur kommunalen und regionalen Wasserversorgung sowie im Rahmen gewerblich-industrieller Tätigkeit wurden ursprünglich nicht erhoben, jedoch im Rahmen von NANUTIWA ergänzt. Für das Land Steiermark stehen die Daten betreffend Förderung und Verbrauch aus der umfangreichen Erhebung zum Wasserversorgungsplan Steiermark (WVPL) zur Verfügung. Grundsätzlich ist jedoch anzumerken, dass in der Steiermark nur in Ausnahmefällen anlagenbezogenen Fördermengen zur Verfügung stehen, sondern lediglich summarische Förderungen auf Basis der Gemeinde oder eines Verbandes. Der Grund ist darin zu sehen, dass die Betreiber von öffentlichen Wasserversorgungsanlagen in der Steiermark nur in wenigen Fällen über die tatsächlichen brunnenbezogenen Entnahmemengen Bescheid wissen, jedoch sehr wohl die Gesamtnetzeinspeisung kennen. Das einheitliche

Brunnenmonitoringsystem im Burgenland stellt die diesbezügliche Datenbasis im Burgenland dar und bietet daher eine ausgezeichnete Datenlage.

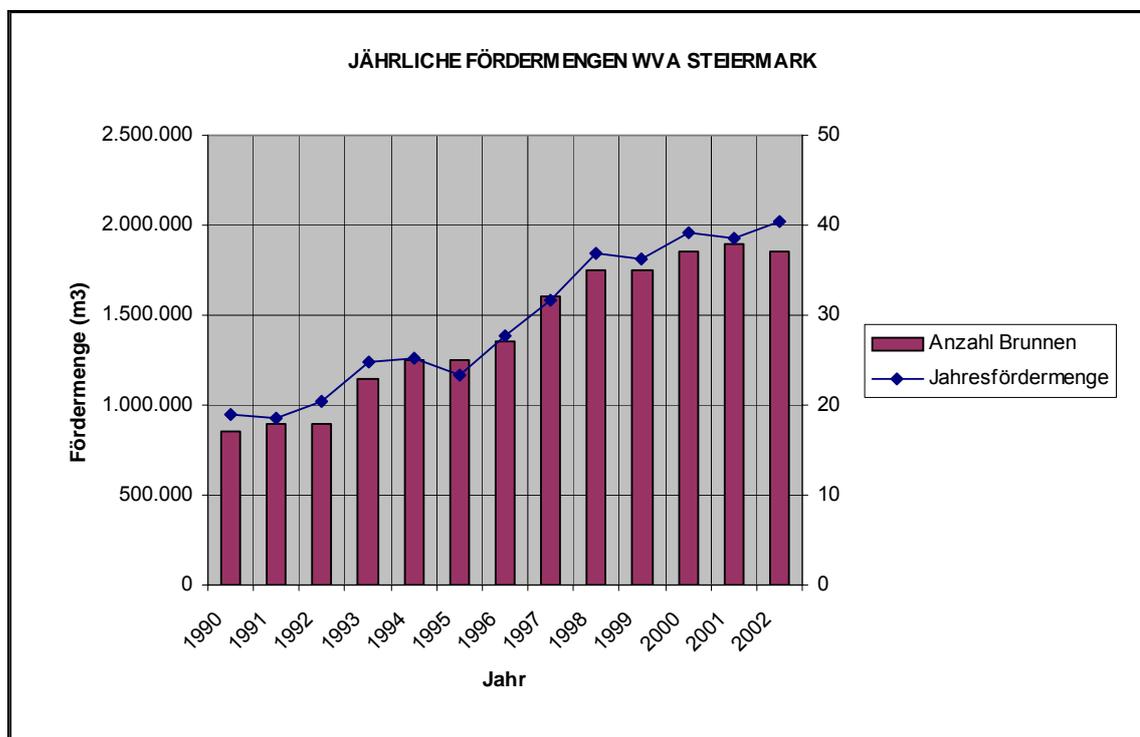


Abbildung 378: Ganglinie der Jahresfördermengen der WVAs in der Steiermark

Steiermark:

Die Zahl der kommunalen Wassergewinnungsanlagen in der Steiermark stieg von 17 im Jahre 1990 auf 37 im Jahre 2002, die Jahresfördermengen von 0,9 Mio m³ auf 2,2 Mio m³ (siehe Abbildung 378).

Unbekannt sind die tatsächlichen Fördermengen der gewerblich genutzten Brunnen, da die Betreiber oft über keinerlei Aufzeichnungen ihrer Fördermengen verfügen oder diese nicht bekannt gaben.

Eine Zusatzerhebung im Bundesland Steiermark im Rahmen des Projektes NANUTIWA im Frühjahr 2003 ergab für gewerblich genutzte Brunnen für das Jahr 2002 eine Gesamtentnahme von 405.000 m³. Dieser Wert stellt eine untere Grenze dar, da nicht alle Betriebe ihre Fördermengen bekanntgaben.

Burgenland:

Die Wasserversorgung der südburgenländischen Gemeinden erfolgt weitgehend durch 5 Wasserverbände. Diese überregionalen Wasserverbände nutzen im überwiegenden Ausmaß Tiefengrundwässer zur Versorgung der angeschlossenen Gebiete. Im wesentlichen handelt es sich um die Brunnen der Wasserverbände Südliches Burgenland I, Unteres Lafnitztal und Raabtal, Stögersbachtal, Thermenland und Bad Tatzmannsdorf – Oberschützen – Mariasdorf (MAROSI, 2001).

Seichtliegende Grundwasservorkommen und auch Quelfassungen werden nur untergeordnet genutzt und sind entsprechend den Zielsetzungen des Projektes nicht Gegenstand der Untersuchungen.

WV Südl. Burgenland I:

Bereich Oberwart: 11 Tiefbrunnen, 2 oberflächennahe Brunnen

Bereich Pinkafeld: 8 Tiefbrunnen, 1 oberflächennaher Brunnen

Bereich Willersdorf: 3 Tiefbrunnen, 1 oberflächennaher Brunnen, 1 Brunnen keine Angabe

WV Unteres Lafnitztal und Raabtal:

Bereich Heiligenkreuz: 8 Tiefbrunnen, 15 oberflächennahe Brunnen

Bereich Krottendorf: 3 Tiefbrunnen (noch nicht in Betrieb), 5 oberflächennahe Brunnen

Bereich Neuhaus/Kalch: 2 Tiefbrunnen, 1 Brunnen keine Angabe

Bereich Minihof/Liebau: 1 Tiefbrunnen

Bereich St. Martin: 1 Tiefbrunnen

Bereich Jennersdorf: 3 Tiefbrunnen

WV Stögersbachtal:

Bereich Markt Allhau: 4 Tiefbrunnen, 2 oberflächennahe Brunnen

WV Thermenland:

Bereich Stegersbach: 4 Tiefbrunnen, 2 oberflächennahe Brunnen

WV Bad Tatzmannsdorf – Oberschützen – Mariasdorf:

5 Tiefbrunnen, 4 oberflächennahe Brunnen und auch Quellwasser

Für die Mehrzahl der südburgenländischen Gemeinden, welche durch Wasserverbände versorgt werden, ist daher festzuhalten, dass eine gemeinde- und teilweise bezirksübergreifende Versorgung eine gemeindespezifische Zuordnung von Brunnen nicht zulässt und damit eine Beurteilung, ob eine Gemeinde unter- oder überversorgt ist, im Detail nicht möglich ist. Überregional ist dies jedoch bewertbar.

Darüber hinaus verfügen Gemeinden, welche durch Wasserverbände teilversorgt werden, zusätzlich über Entnahmen aus seicht liegenden Grundwasservorkommen und/oder Quelfassungen. Beispiele dafür sind etwa die Gemeinde Oberschützen, die Gemeinde Bernstein oder Markt Neuhodis.

Ein Beispiel für die Entwicklung der Entnahmemengen im burgenländischen Anteil des NANUTIWA-Gebietes ist in Abbildung 379 am Beispiel des Brunnenfeldes Heiligenkreuz dargestellt. Zwischen den Jahren 1976 und 2003 zeigt sich hier etwa eine Verachtfachung der Entnahmemenge.

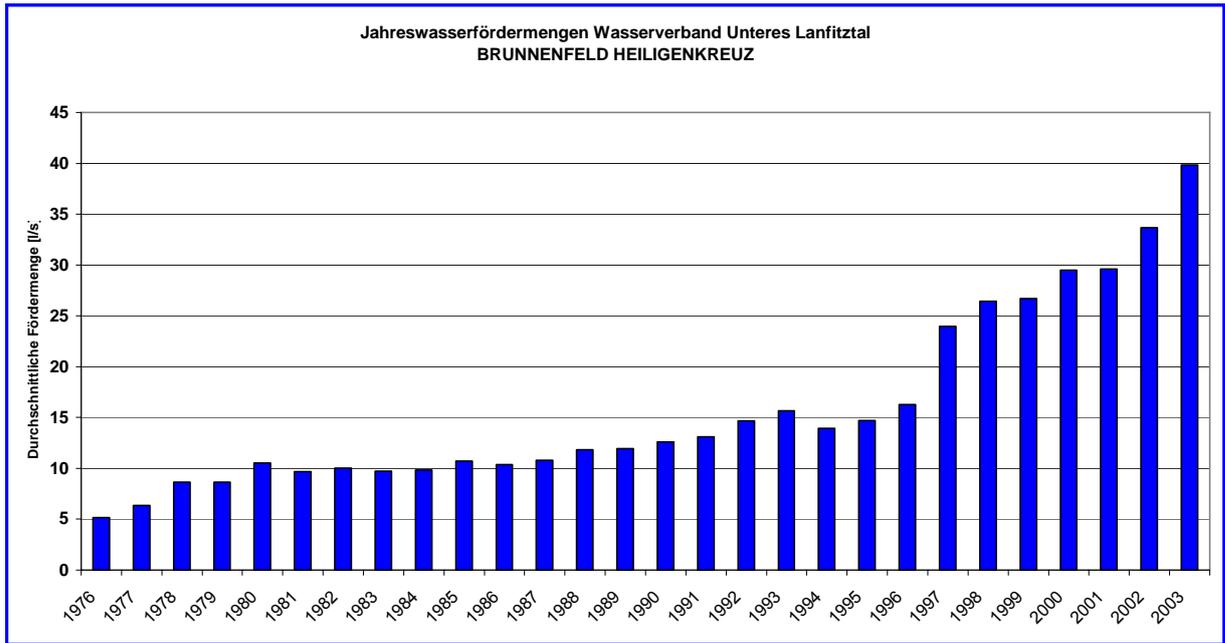


Abbildung 379: Entwicklung der Jahresfördermengen im Brunnenfeld Heiligenkreuz (Daten des Wasserverbande Unteres Lafnitztal)

Die Versorgungsstruktur im NANUTIWA-Gebiet ist in Abbildung 380 dargestellt. Hier zeigt sich der deutliche Unterschied zwischen dem steirischen und dem burgenländischen Teil des NANUTIWA-Gebietes. Während im Burgenland wenige Wasserverbände mit großen Verteilungsnetzen bestehen, sind in der Steiermark wesentlich mehr kleine, meist gemeindeeigene Versorgungsnetze vorhanden. Zum steirischen Teil dieser Abbildung ist zu bemerken, dass innerhalb des ausgewiesenen Versorgungsbereiches des WVB Grenzland-Südost mehrere gemeindegebundene Versorgungsnetze bestehen (z.B. Fehring, Feldbach), die im von GIS-Steiermark erhaltenen Datensatz nicht berücksichtigt sind.

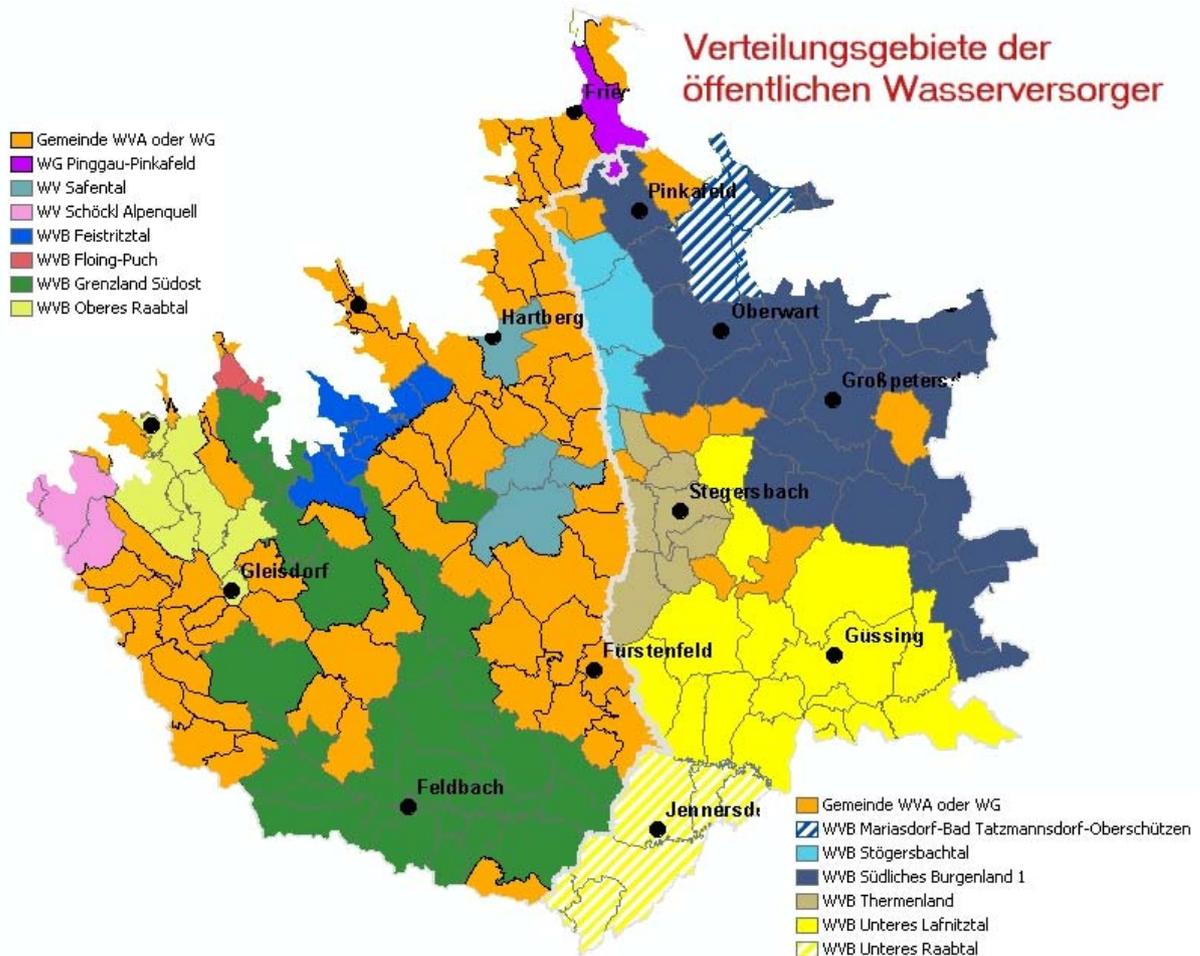


Abbildung 380: Verteilungsgebiete der öffentlichen Wasserversorger

12.7 Verteilung der Entnahmemengen in den Verwaltungseinheiten

Das Bilanzglied Entnahme muss im Untersuchungsgebiet in die zwei Teilkomponenten *freier Überlauf* und *Pumpentnahme* getrennt werden.

12.7.1 Freier Überlauf – Offene Systeme

Der freie Überlauf erfolgt stetig, fast ausschließlich bei Brunnen mit offenem System, den sogenannten artesischen Hausbrunnen, und wird nur in geringem Umfang tatsächlich genutzt. Im Gegensatz dazu erfolgt die Pumpentnahme vorrangig bei neuen Brunnenanlagen, vornehmlich Gewinnungsanlagen zur öffentlichen Trinkwasserversorgung. In *Tabelle 43* bis *Tabelle 45* sind die Brunnen mit offenem System, diejenigen mit Schüttungsmessungen sowie die freien Überläufe summarisch nach Gemeinde und Nutzungsart zusammengefasst. Ermittelt wurden die Überlaufmengen aus den jeweils jüngsten Schüttungsmessungen (PRODATA-Tabelle: Messwerte), welche überwiegend in der Erhebungsphase der Jahre 1995-1997 stattfanden.

Gemeinde/Bezirk/Land	WVA			GEW			PRV			KEI			k.A.			Gesamtmenge	
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	Qg	Qb
Bocksdorf							8	8	1.6	1	1	0.6	1			2.2	2.4
Burgauberg - Neudauberg													1				0.2
Eberau													6				1.1
Gerersdorf - Sulz																	
Güssing										3	1	0.2				0.2	0.5
Güttenbach	1																0.2
Heiligenbrunn													1				0.2
Kukmirn							8	7	1.2	2	1	0.2				1.4	1.8
Neuberg im Burgenland																	
Olbendorf							7	7	1.2							1.2	1.2
Ollersdorf im Burgenland							2	2	0.2	2	2	1.3				1.5	1.5
Sankt Michael im Burgenland	2	1	0.5				1	1	0.0							0.4	0.6
Stegersbach							44	42	13.2	2	2	0.2				13.4	13.7
Strem							3	2	0.1	3	1	0.0	1			0.2	0.9
Tobaj							4	4	0.2				1			0.2	0.3
Heugraben							4	4	0.2							0.2	0.2
Rohr im Burgenland							1	1	0.1							0.1	0.1
Bildein										1				2			0.5
Rauchwart							4	4	1.5							1.5	1.5
Moschendorf																	
Bezirk Güssing	3	1	0.5	0	0	0	86	82	19.5	14	8	2.5	13	0	0	22.4	26.8
Deutsch Kaltenbrunn										2							0.4
Eltendorf							2	2	0.2							0.2	0.2
Heiligenkreuz im Lafnitztal							2										0.4
Jennersdorf							7	5	0.1	1	1	0.3				0.4	0.8
Neuhaus am Klausenbach										2	2	0.0				0.0	0.0
Rudersdorf				1			21	19	1.1	8	3	0.2	1			1.3	2.9
Sankt Martin an der Raab													4	2	0.7	0.7	1.1
Weichselbaum										2	1	0.1				0.1	0.3
Königsdorf							16	15	2.6	1						2.6	2.9
Bezirk Jennersdorf	0	0	0	1	0	0	48	41	4.0	16	7	0.6	5	2	0.7	5.3	8.9
Bad Tatzmannsdorf							1	1	0.1				2			0.1	0.4
Bernstein							1						1				0.4
Deutsch Schützen - Eisenberg													7				1.2
Grafenschachen							4	4	1.7	2	1	0.2				1.9	2.1
Großpetersdorf							1						1				0.4
Hannersdorf																	
Kemetten							1	1	0.3	1						0.3	0.4
Kohfidisch	1												1				0.4
Litzelsdorf							11	10	3.1	1	1	0.2				3.3	3.5
Loipersdorf - Kitzladen							4	4	1.0				1			1.0	1.2
Mariasdorf													2				0.4
Markt Allhau							6	5	0.5	1			1			0.5	1.0
Mischendorf							12	9	0.1	1	1	0.1				0.2	0.8
Oberdorf im Burgenland	1	1	2.0							1	1	11.0				13.0	13.0
Oberschützen				1			9	8	0.7	4	1	0.3				1.0	1.9
Oberwart				1			2			2							0.9
Pinkafeld							4	4	0.7	4	1	0.1				0.8	1.3
Rechnitz										2							0.4
Riedlingsdorf							64	56	7.9	2	1	0.2				8.1	9.7
Potentium an der Pinka				2			1						1				0.7
Schachendorf																	
Unterwart	1						1			3			1				1.1
Weiden bei Rechnitz																	
Wiesfleck							6	4	0.5				1			0.5	1.0
Wolfau							4	4	0.1							0.1	0.1
Neustift an der Lafnitz							1	1	0.1							0.1	0.1
Jabing							3	3	0.2	1	1	0.2				0.4	0.4
Schandorf													1				0.2
Bezirk Oberwart	3	1	2	4	0	0	136	114	17.0	25	8	12.3	20	0	0.0	31.3	42.9
Land Burgenland	6	2	2.5	5	0	0	270	237	40.5	55	23	15.4	38	2	0.7	59.0	78.6

Tabelle 43: Brunnen mit freiem Überlauf – Teil 1/3 (PRODATA-Abfrage: qryKREUZTABELLE (KT6), SUMMEN)

Gemeinde/Bezirk/Land	WVA			GEW			PRV			KEI			k.A.			Gesamtmenge	
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	Qg	Qb
Breitenfeld an der Rittschein				1			1			3	2	0.1				0.1	0.6
Edelsbach bei Feldbach	1			5			10	2	0.0							0.0	2.5
Eichkögl				1													0.2
Fehring	2	2	4.7	4	2	0.2	16	12	1.3	6	2	1.4	3			7.6	9.9
Feldbach	1			4			39	7	0.4	11	1	0.0				0.4	8.8
Fladnitz im Raabtal							9			3	1	0.0				0.0	2.0
Gniebing-Weißebach				6			16	6	0.5	4	1	0.1				0.6	3.9
Gossendorf				1													0.2
Hatzendorf	1			1			1			4							1.2
Hohenbrugg-Weinberg	2	1	0.0	1	1	0.1	7	3	0.2	4	2	0.3				0.7	2.0
Johnsdorf-Brunn				4	1	0.1	5	1	0.0	3	1	0.1	1			0.2	1.9
Kapfenstein							3	2	0.1	4	2	0.2	1			0.3	1.0
Kirchberg an der Raab							6						1				1.2
Leitersdorf im Raabtal							8	1	0.2				1			0.2	1.6
Lödersdorf				1			8			3							2.1
Mühdorf bei Feldbach	1			3			6	3	0.2	3						0.2	2.0
Oberstorcha							4										0.7
Paldau	1	1	0.1	9	1	0.3	40	18	1.5							1.9	7.3
Pertlstein	2						4	1	0.0							0.0	0.9
Raabau				2			7	3	0.1	1						0.1	1.4
Studenzen				1			17	3	0.1	3						0.1	3.3
Bezirk Feldbach	11	4	4.9	44	5	0.7	207	62	4.7	52	12	2.2	7	0	0.0	12.5	54.8
Altenmarkt bei Fuerstenfeld	3	1	0.0	3	2	0.1	63	57	5.8	3	3	0.1				6.1	7.7
Blumau	3						21	9	1.6	4	3	0.2	1			1.9	4.9
Burgau				1			1			2			1				0.9
Fuerstenfeld				2	1	0.1	12	5	0.4	23	10	7.8				8.3	12.0
Grosssteinbach										1							0.2
Grosswilfersdorf	1			2			25	25	2.2	3	2	0.2	7	6	0.7	3.1	4.0
Hainersdorf-Obgruen							19	1	0.2	2						0.2	3.8
Ilz				7	4	0.4	11	9	0.6	4	3	0.2				1.2	2.2
Loipersdorf/Fuerstenfeld	4	3	3.5	2	1	0.3	47	39	4.3	8	8	0.5	2	2	0.1	8.7	10.5
Ottendorf				2			4			5							2.0
Söchau	1	1	0.1	4	3	0.4	30	26	1.9	1						2.5	3.5
Uebersbach							24	14	1.2	5	3	0.2				1.4	3.5
Bezirk Fürstenfeld	12	5	3.6	23	11	1.3	257	185	18.3	61	32	9.3	11	8	0.8	33.2	55.1
Brodingberg							1	1	0.8							0.8	0.8
Eggersdorf bei Graz													16	8	0.9	0.9	2.3
Kumberg																	
Laßnitzhöhe										1			2				0.5
Nestelbach bei Graz																	
Purgstall bei Eggersdorf													3				0.5
St.Marein bei Graz	2	1	2.0							2						2.0	2.5
Bezirk Graz-Umgebung	2	1	2.0	0	0	0.0	1	1	0.8	3	0	0.0	21	8	0.9	3.8	6.8

Tabelle 44: Brunnen mit freiem Überlauf – Teil 2/3 (PRODATA-Abfrage: qryKREUZTABELLE (KT6), SUMMEN)

Gemeinde/Bezirk/Land	WVA			GEW			PRV			KEI			k.A.			Gesamtmenge	
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	Qg	Qb
Buch-Geiseldorf							2										0.4
Dienersdorf																	
Ebersdorf										2							0.4
Grafendorf				6	3	0.1	47	30	2.7	22	14	1.7				4.5	9.5
Greinbach				2	1	0.4	1			2	1	0.0				0.4	0.9
Grosshart																	
Hartberg				3			6	5	0.5	3	3	0.1	2			0.6	1.7
Hartberg Umgebung	1									1	1	0.0				0.0	0.2
Hofkirchen							2										0.4
Lafnitz				1	1	0.2	2			1			2			0.2	1.1
Neudau																	
Rohr bei Hartberg																	
Rohrbach an der Lafnitz							1	1	0.3	1						0.3	0.5
St.Johann bei Herberstein													1				0.2
St.Johann in der Haide													1				0.2
Sebersdorf							3	2	0.0	1	1	0.0				0.1	0.3
Bad Waltersdorf				2	2	0.5	19	11	0.7	6	3	0.3	1			1.6	3.7
Wörth an der Lafnitz	1						4	2	0.3	1			2	2	0.1	0.4	1.1
Bezirk Hartberg	2	0	0.0	14	7	1.2	87	51	4.6	40	23	2.3	9	2	0.1	8.1	20.4
Etzersdorf-Rollsdorf	1									2							0.5
Floing																	
Gersdorf an der Feistritz							5	4	0.9							0.9	1.1
Gleisdorf																	
Markt Hartmannsdorf																	
Hirnsdorf																	
Hofstätten an der Raab							4	1	0.0	5	2	0.2				0.3	1.3
Ilztal				1			9	9	0.7	2	2	0.2				0.9	1.1
Labuch							2	1	0.0							0.0	0.2
Ludersdorf-Wölfersdorf	9	7	3.0	4	1	0.0	17	5	1.1	1	1	0.1	1	1	0.0	4.2	7.3
Nitscha										2							0.4
Oberrettenbach							3	2	0.0	1						0.0	0.4
Pischelsdorf in der Steiermark										1	1	1.0	1			1.0	1.2
Puch bei Weiz										1	1	0.2				0.2	0.2
St.Margarethen a.d.Raab	1	1	0.4	3			21	11	2.0	1	1	0.1	2	1	0.1	2.6	5.1
St.Ruprecht a.d.Raab													59	34	5.4	5.4	9.9
Sinabelkirchen				2	1	0.1	15	8	0.5							0.5	1.9
Unterfladnitz													10	9	7.1	7.1	7.3
Bezirk Weiz	11	8	3.4	10	2	0.1	76	41	5.3	16	8	1.8	73	45	12.6	23.1	37.7
Land Steiermark	38	18	13.9	91	25	3.32	628	340	33.6	172	75	15.5	121	63	14.4	80.7	174.9
NANUTIWA-Gebiet	44	20	16.4	96	25	3.32	898	577	74.1	227	98	30.9	159	65	15.1	139.7	253.5

Tabelle 45: Brunnen mit freiem Überlauf – Teil 3/3 (PRODATA-Abfrage: qryKREUZTABELLE (KT6), SUMMEN)

Abkürzungen zu Tabelle 43 und Tabelle 45:

A: Anzahl der Brunnen

B: Anzahl der Brunnen mit Schüttungsmessung

C: gemessene Schüttung pro Nutzung und Gemeinde

Qg: gemessene Schüttung aller Nutzungen pro Gemeinde

Qb: hochgerechnete Schüttung aller Nutzungen und Brunnen pro Gemeinde

Da die freien Überläufe zu unterschiedlichsten Zeiten gemessen wurden, liegt der Charakter einer Simultanmessung nicht vor. Um dennoch ein möglichst genaues Bilanzglied „freier Überlauf“ zu ermitteln, wurden die mittleren Schüttungen der Brunnen, an denen in der Vergangenheit ein freier Überlauf gemessen (Qg) wurde, ermittelt und auf die Zahl der bekannten Brunnen hochgerechnet (Qb) (siehe Tabelle 43 bis Tabelle 45 und Tabelle 46).

Tabelle 46 fasst die Detailtabellen (Tabelle 43 bis Tabelle 45) bezirksweise, länderweise und für das gesamte Projektgebiet von NANUTIWA zusammen und stellt die gemessenen freien Überläufe den berechneten Werten gegenüber.

	Gemessene Werte					Berechnete Werte
	WVA	GEW	PRV	KEI	k.A.	gesamt
Bezirk Güssing	0.4	0.0	19.5	2.5	0.0	26.8
Bezirk Jennersdorf	0.0	0.0	4.0	0.6	0.7	8.9
Bezirk Oberwart	2.0	0.0	17.0	12.3	0.0	42.9
Land Burgenland	2.4	0.0	40.5	15.4	0.7	78.6
Bezirk Feldbach	4.9	0.7	4.7	2.2	0.0	54.8
Bezirk Fürstenfeld	3.6	1.3	18.3	9.3	0.8	55.1
Bezirk Graz Umgebung	2.0	0.0	0.8	0.0	0.9	6.8
Bezirk Hartberg	0.0	1.2	4.6	2.3	0.1	20.4
Bezirk Weiz	3.4	0.1	5.3	1.8	12.6	37.7
Land Steiermark	13.9	3.3	33.6	15.5	14.4	174.9
NANUTIWA-Gebiet	16.3	3.3	74.1	30.9	15.1	253.5

Tabelle 46: Zusammenfassung der Tabelle 43 bis Tabelle 45 (Entnahmen aus offenen Systemen)

12.7.2 Pumpentnahmen – Geschlossene Systeme

Neben den Entnahmemengen, die aus dem freien Überlauf der Brunnen resultieren, erfolgt ein wesentlicher Anteil der Gesamtentnahme im NANUTIWA-Gebiet im Pumpbetrieb.

Die gepumpten Fördermengen aus den Tiefengrundwasseraufschlüssen des NANUTIWA-Gebietes (Quelle: Tabelle Fördermengen in PRODATA) für das Jahr 2002 sind in Tabelle 47 zusammenfassend dargestellt (siehe auch Kapitel 12.6). Da von einer Reihe von Gemeinden trotz mehrmaliger Nachfrage keine Entnahmezeitreihen übermittelt wurden, wurden für diese Gemeinden ersatzweise die Fördermengen aus dem Jahr 1995 (erhoben im Rahmen des Wasserversorgungsplan Steiermark) herangezogen.

Gemeinde /Bezirks Nr.	Gemeinde/Bezirk/Land	Anzahl der Brunnen	Jahr	Fördermenge (m³)	Durchschnittliche Förderrate (l/s)
10401	Bocksdorf	1	2002	13690	0,4
10404	Gerersdorf - Sulz	2	2001	2331	0,1
10414	Stegersbach	5	2002	262116	8,3
10417	Tobaj	1	2001	3400	0,1
104	Bezirk Güssing	9		281.537	8,9
10503	Heiligenkreuz im Lafnitztal	9	2002	387559	12,3
10504	Jennersdorf	3	2002	133825	4,2
10505	Minihof - Liebau	1	2002	31462	1,0
10506	Mogersdorf	2	2002	253455	8,0
10507	Neuhaus am Klausenbach	3	2002	63681	2,0
10508	Rudersdorf	1	2001	25000	0,8
10509	Sankt Martin an der Raab	1	2002	62801	2,0
105	Bezirk Jennersdorf	20		957.783	30,4
10901	Bad Tatzmannsdorf	8	2001	52013	1,6
10902	Bernstein	1	2002	315360	10,0
10904	Grafenschachen	3	2002	89964	2,9
10907	Kemetten	1	2002	0	0,0
10911	Mariasdorf	2	2002	15839	0,5
10912	Markt Allhau	5	2002	242498	7,7
10916	Oberschützen	3	2002	86206	2,7
10917	Oberwart	3	2002	573286	18,2
10918	Pinkafeld	2	2001	339765	10,8
10921	Rotenturm an der Pinka	1	2002	47592	1,5
10925	Unterwart	5	2002	648857	20,6
109	Bezirk Oberwart	34		2.411.380	76,5
1	Land Burgenland	63		3.650.700	115,8
60407	Edelsbach bei Feldbach	1	2002	22467	0,7
60409	Eichkögl	1	2002	43886	1,4
60410	Fehring	5	2002	307714	9,8
60411	Feldbach	2	2002	331730	10,5
60420	Hatzendorf	1	2002	36300	1,2
60424	Kapfenstein	1	2002	87699	2,8
60426	Kirchberg an der Raab	1	2002	5645	0,2
60431	Lödersdorf	1	2002	2100	0,1
60435	Mühdorf bei Feldbach	3	2002	411023	13,0
60438	Paldau	2	2002	365	0,0
604	Bezirk Feldbach	18		1.248.929	39,6
60502	Blumau	1	2002	164	0,0
60503	Burgau	2	2002	67435	2,1
60504	Fuerstenfeld	7	2002	550777	17,5
60508	Ilz	3	2002	14194	0,5
60509	Loipersdorf/Fuerstenfeld	1	2002	168992	5,4
60514	Uebersbach	1	2002	43000	1,4
605	Bezirk Fürstenfeld	15		844.562	26,8
60628	Laßnitzhöhe	1	1995	244000	7,7
606	Bezirk Graz Umgebung	1		244.000	7,7
60702	Buch-Geiseldorf	1	1995	48000	1,5
60708	Greinbach	1	2002	144540	4,6
60710	Hartberg	1	2002	2246	0,1
60711	Hartberg Umgebung	1	1995	17760	0,6
60715	Kaindorf	3	2002	157800	5,0
60720	Neudau	1	1995	20000	0,6
60748	Bad Waltersdorf	3	2002	167039	5,3
60750	Wörth an der Lafnitz	1	2002	15994	0,5
607	Bezirk Hartberg	12		573.379	18,2
61713	Gleisdorf	3	2002	93019	2,9
61716	Markt Hartmannsdorf	4	2002	83350	2,6
61718	Hirnsdorf	2	2002	105600	3,3
61719	Hofstätten an der Raab	1	1995	82000	2,6
617	Bezirk Weiz	10		363.969	11,5
6	Land Steiermark	56		3.274.839	103,8
	NANUTWA-Gebiet	119		6.925.539	219,6

Tabelle 47: Fördermengen 2002, 2001, 1995

	Fördermenge [m³/Jahr]	Förderrate [l/s]
Bezirk Güssing	281.537	8,9
Bezirk Jennersdorf	957.783	30,4
Bezirk Oberwart	2.411.380	76,5
Land Burgenland	3.650.700	115,8
Bezirk Feldbach	1.248.929	39,6
Bezirk Fürstenfeld	844.562	26,8
Bezirk Graz Umgebung	244.000	7,7
Bezirk Hartberg	573.379	18,2
Bezirk Weiz	363.969	11,5
Land Steiermark	3.274.839	103,8
NANUTIWA-Gebiet	6.925.539	219,6

Tabelle 48: Zusammenfassung von Tabelle 47 (Entnahme aus geschlossenen Systemen)

Die angegebenen Mengen sind als Näherungswert zu sehen weil keinesfalls für alle Brunnen des NANUTIWA-Gebietes Überlauf- bzw. Fördermengen bekannt sind. Aus den erwähnten Gründen sind die angegebenen Werte daher eher als Minimalwerte zu interpretieren, die realen Entnahmemengen liegen mit größter Wahrscheinlichkeit wesentlich höher.

Eine zusammenfassende Darstellung erfolgt in Kapitel 12.8.

12.7.3 Gesamtentnahme (Ermittlungsvariante 1)

Die beiden in 12.7.1 und 12.7.2 beschriebenen Nutzungskomponenten (freier Überlauf, Pumpentnahmen) ergeben aufsummiert die Gesamtentnahme im NANUTIWA-Gebiet.

Demnach ergeben sich als Gesamtentnahme für das gesamte Untersuchungsgebiet mindestens etwa 473,1 l/s. Der Wert resultiert aus den übermittelten Fördermengen sowie den berechneten Werten für die Entnahmemengen aus offenen Systemen. Die Gesamtentnahme (Ermittlungsvariante 1 = EV1)) stellt ein Minimum dar – die tatsächliche Entnahmemenge wird über diesem Wert liegen.

Eine weitere Verfeinerung und Erhebung der bisher nicht bekannten Entnahmemengen wäre für eine weitere Konkretisierung dieses Wertes erforderlich.

Anzumerken ist in diesem Zusammenhang, dass die ermittelte Entnahmemenge (EV1) auf den Jahresfördermengen des Jahres 2002, z.T. 2001 und 1995 und hochgerechneten Jahresfördermengen anderer Zeiträume basiert. Die tatsächlichen Entnahmemengen anderer Jahre weichen von den ermittelten Werten ab. Aus diesen Gründen entsteht ein „Mischwert“ der Gesamtentnahme, der jedoch ein gutes Abbild der tatsächlichen Situation gibt.

	Geschlossene Systeme Pumpentnahmen in l/s (Basis Jahre 2002, 2001, 1995)	Offene Systeme Freier Überlauf in l/s	Summe l/s
Bezirk Güssing	8,9	26,8	35,8
Bezirk Jennersdorf	30,4	8,9	39,3
Bezirk Oberwart	76,5	42,9	119,3
Land Burgenland	115,8	78,6	194,3
Bezirk Feldbach	39,6	54,8	94,4
Bezirk Fürstenfeld	26,8	55,1	81,9
Bezirk Graz Umgebung	7,7	6,8	14,5
Bezirk Hartberg	18,2	20,4	38,6
Bezirk Weiz	11,5	37,7	49,3
Land Steiermark	103,8	174,9	278,7
NANUTIWA-Gebiet	219,6	253,5	473,1

Tabelle 49: Zusammenfassung der Entnahmemengen (Variante 1)

Diese Gesamtentnahmemenge (EV 1) teilt sich gemäß Tabelle 50 in die verschiedenen Kategorien und Bezirke bzw. Länder auf.

	Geschlossene Systeme Pumpentnahmen in l/s (Basis Jahre 2002, 2001, 1995)	Offene Systeme Freier Überlauf in l/s	Summe l/s
Bezirk Güssing	2%	6%	8%
Bezirk Jennersdorf	6%	2%	8%
Bezirk Oberwart	16%	9%	25%
Land Burgenland	24%	17%	41%
Bezirk Feldbach	8%	12%	20%
Bezirk Fürstenfeld	6%	12%	17%
Bezirk Graz Umgebung	2%	1%	3%
Bezirk Hartberg	4%	4%	8%
Bezirk Weiz	2%	8%	10%
Land Steiermark	22%	37%	59%
NANUTIWA-Gebiet	46%	54%	100%

Tabelle 50: Zusammenfassung der anteiligen Entnahmemengen (Variante 1)

Während im Burgenland etwa 41% der Gesamtentnahme erfolgt und der Anteil der Pumpentnahmen deutlich über dem Anteil des freien Überlaufs liegt, liegt der Anteil der Entnahmemenge auf steirischem Projektgebiet bei etwa 59%. In der Steiermark liegen geringere Pumpentnahmen (22%) als Entnahmen mit freiem Überlauf (37%) vor. Die NANUTIWA-weite Bilanz zwischen Pumpentnahmen und freiem Überlauf ist nahezu ausgeglichen.

12.7.4 Gesamtentnahme (Ermittlungsvariante 2)

Aufgrund der in Kapitel 12.7.1 und 12.7.3 beschriebenen Zusammenhänge und Probleme bei der Ermittlung der Gesamtentnahmemenge (EV 1) wurde mit einem zweiten methodischen Ansatz (EV 2) versucht, die Gesamtentnahmemenge im NANUTIWA-Gebiet zu ermitteln.

Die Vorgangsweise hatte zum Ziel, alle in PRODATA verfügbaren Informationen zur Entnahmemenge zusammenzuführen und auf Gemeindebasis und Bezirksbasis auszuwerten. Entsprechend der Nachvollziehbarkeit der Entnahmemengen der Brunnen wurde eine Wertigkeit der vorliegenden Informationen zur Entnahmemenge vorgenommen.

Priorität 1: Gemessene Förderraten der Wasserversorger

Priorität 2: Gemessene Schüttungen

Priorität 3: Konsensentnahmemengen in [l/s]

Priorität 4: Konsensentnahmemengen [m^3/Tag]

D.h. für alle Brunnen wurde eine Information zur Entnahmemenge entsprechend dieser Prioritäten-Liste herangezogen und für die Gemeinden summiert.

Gegenüber der in Kapitel 12.7.3 ermittelten Gesamtentnahmemenge (Ermittlungsvariante 1) ergeben sich folgende Unterschiede:

- Die aus dem Produkt der Anzahl an „Hausarteser“ und deren durchschnittlicher Schüttung resultierende Entnahmemenge wird in Ermittlungsvariante 2 nicht herangezogen. Aus diesem Grund kommt es in Gemeinden mit hohen Anteilen von Hausartesern in Ermittlungsvariante 1 zu einer erhöhten Entnahmemenge, da für diese Brunnen oft keine Konsensentnahmemengen vorliegen. Weiters kommt es dadurch in Ermittlungsvariante 1 zu berechneten Entnahmemengen in Gemeinden in denen in Ermittlungsvariante 2 keine Brunnen berücksichtigt wurden.
- Konsensentnahmemengen werden bei der Berechnung in Ermittlungsvariante 2 berücksichtigt. Damit werden Brunnen berücksichtigt, die möglicherweise keiner tatsächlichen Förderung unterliegen oder überhaupt schon aufgelassen wurden. Andererseits liegen damit möglicherweise genauere Werte vor, als die hochgerechneten Entnahmemengen in EV1. Diese Vorgangsweise führt zu einer Erhöhung der Gesamtentnahme in Ermittlungsvariante 2.
- Fördermengen aus den übermittelten Daten der kommunalen Wasserversorger sind in beiden Ermittlungsvarianten gleichermaßen berücksichtigt.

Gegenüber Ermittlungsvariante 1 resultiert in Ermittlungsvariante 2 eine höhere Gesamtentnahmemenge von etwa 789 l/s (siehe Tabelle 51). Abbildung 381 fasst die Ergebnisse der Ermittlungsvariante 2 zusammen.

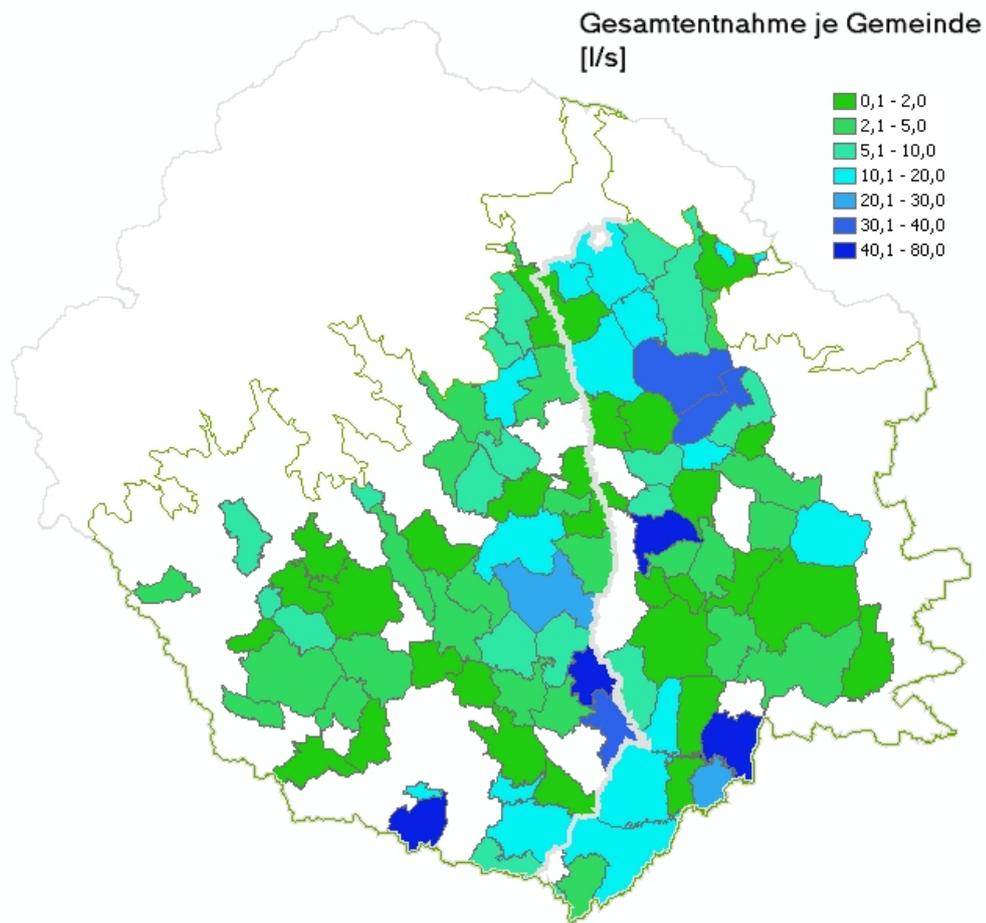


Abbildung 381: Entnahmemengen pro Gemeinde (Ermittlungsvariante 2)

12.7.5 Vergleich der Gesamtentnahmen (Ermittlungsvariante 1–Ermittlungsvariante 2)

Der Vergleich der beiden Varianten zur Ermittlung der Gesamtentnahmen im NANUTIWA-Gebiet ist in Tabelle 51 zusammengefasst. Abbildung 382 illustriert die Gesamtentnahmemenge (Ermittlungsvariante 1) im NANUTIWA-Gebiet.

	Ermittlungsvariante 1	Ermittlungsvariante 2	Differenz
Bezirk Güssing	35,8	79,4	43,6
Bezirk Jennersdorf	39,3	145,0	105,7
Bezirk Oberwart	119,3	206,1	86,8
Land Burgenland	194,3	430,5	236,2
Bezirk Feldbach	94,4	110,5	16,1
Bezirk Fürstenfeld	81,9	129,0	47,1
Bezirk Graz Umgebung	14,5	4,3	-10,2
Bezirk Hartberg	38,6	71,7	33,1
Bezirk Weiz	49,3	43,3	-6,0
Land Steiermark	278,7	358,8	80,1
NANUTIWA-Gebiet	473,1	789,3	316,2

Tabelle 51: Vergleich der beiden Ermittlungsvarianten zu Gesamtentnahme

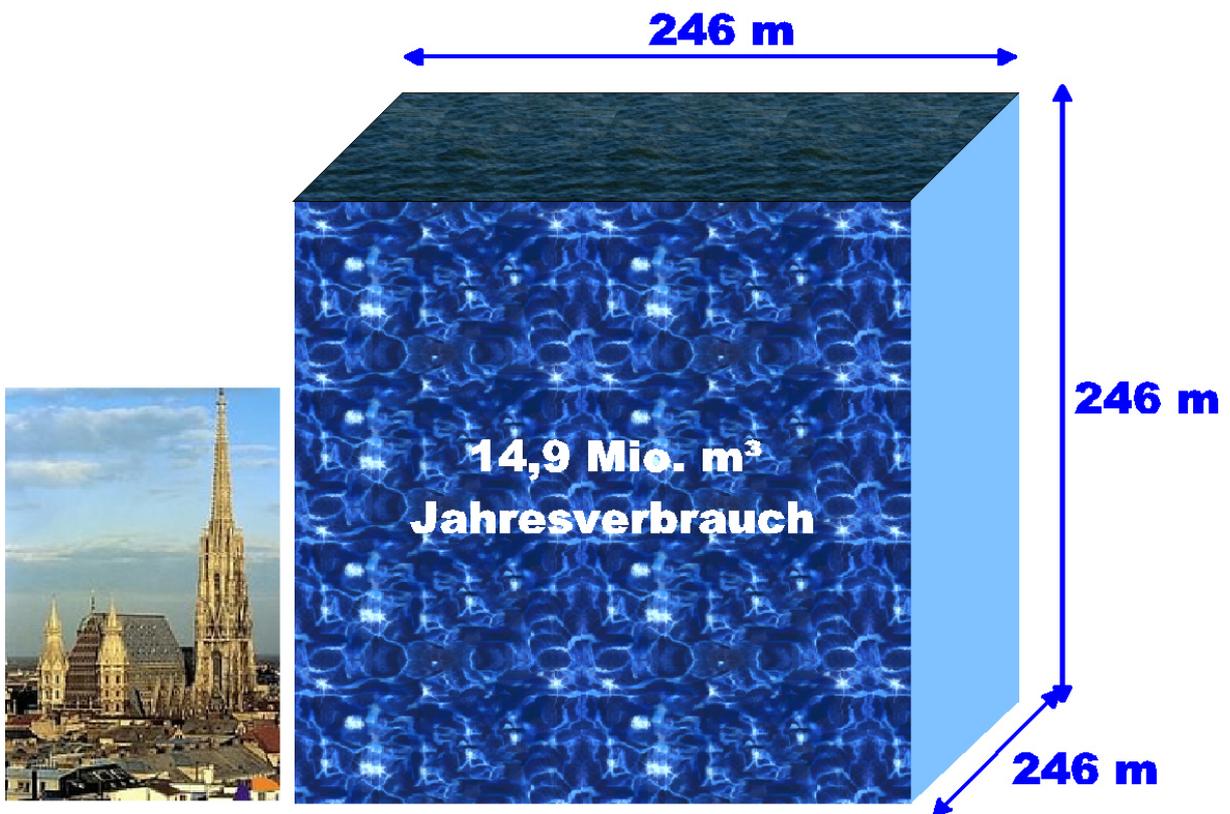


Abbildung 382: Illustration der Gesamtentnahme im NANUTIWA-Gebiet (EV 1)

Ermittlungsvariante 1 ergibt in den meisten Bezirken geringere Gesamtentnahmemengen als Ermittlungsvariante 2. In Summe liefert Ermittlungsvariante 2 eine um 316,2 l/s höhere Gesamtentnahmemenge. Wie schon mehrfach erwähnt ist bei Variante 1 davon auszugehen, dass das resultierende Ergebnis eine Mindestentnahme darstellt. Variante 2 ergibt aus den erwähnten Gründen eine zu hohe Gesamtentnahme. Der tatsächliche Wert der Gesamtentnahme wird daher zwischen den Ergebnissen der beiden Ermittlungsvarianten liegen und kann daher im Bereich von etwa 500-600 l/s geschätzt werden. Für die weiteren Betrachtungen wird das Ergebnis der Ermittlungsvariante 1 (473,1 l/s) herangezogen, was bei den weiterführenden Interpretationen zu berücksichtigen ist. Eine detaillierte und nachvollziehbare Ermittlung der Gesamtentnahmemenge könnte nur auf Basis großflächiger und zeitgleicher Brunnenmessungen und Förderdatenauswertungen erfolgen. Eine zeitgleiche Gesamterhebung wäre daher im Sinne eines Gesamtmonitorings und der Umsetzung der EU-WRRRL anzustreben.

12.8 Bedarfsanalyse – Entnahmemenge - Versorgungsgrad

12.8.1 Entnahmemenge

Die Analyse und Darstellung der Nutzungsstruktur erfolgte bereits in Kapitel 12.6. An dieser Stelle wird nochmals die Nutzung auf Gemeindeebene zusammengefasst um sie dem Wasserbedarf gegenüberzustellen. Auf Basis der gemessenen und hochgerechneten Schüttungsmessungen der frei auslaufenden Brunnen und der bekanntgegebenen Fördermengen der kommunalen und regionalen Gewinnungsanlagen wurden die Entnahmemengen ermittelt (Tabelle 52 bis Tabelle 54). Die Gesamtentnahme beträgt im NANUTIWA-Gebiet mindestens etwa 473 l/s (14,9 Mio. m³/a), wird aber tatsächlich höher sein, weil von einigen Brunnen mit Förderbetrieb keine Entnahmemengen bekannt gegeben wurden. Der überwiegende Anteil der Fördermenge wird zur Trinkwasserversorgung genutzt, wozu auch Kleingewerbe und Tourismus sowie die Land- und Forstwirtschaft gezählt werden. Nur verschwindend kleine Mengen werden im Großgewerbe und in der Industrie verbraucht.

Die räumliche Verteilung der Gesamtentnahmen nach Ermittlungsvariante 1 (freier Überlauf und Fördermengen) auf Basis der Gemeindegebiete ist in Abbildung 383 dargestellt. Hohe Gesamtentnahmen sind vorrangig in den Gemeinden feststellbar, in denen sich die Standorte der Gewinnungsanlagen für regionale Verbände befinden. Daher entspricht die Entnahme in diesen Gemeinden nicht dem tatsächlichen Bedarf, da Wasser über die Gemeindegrenzen hinaus verteilt wird.

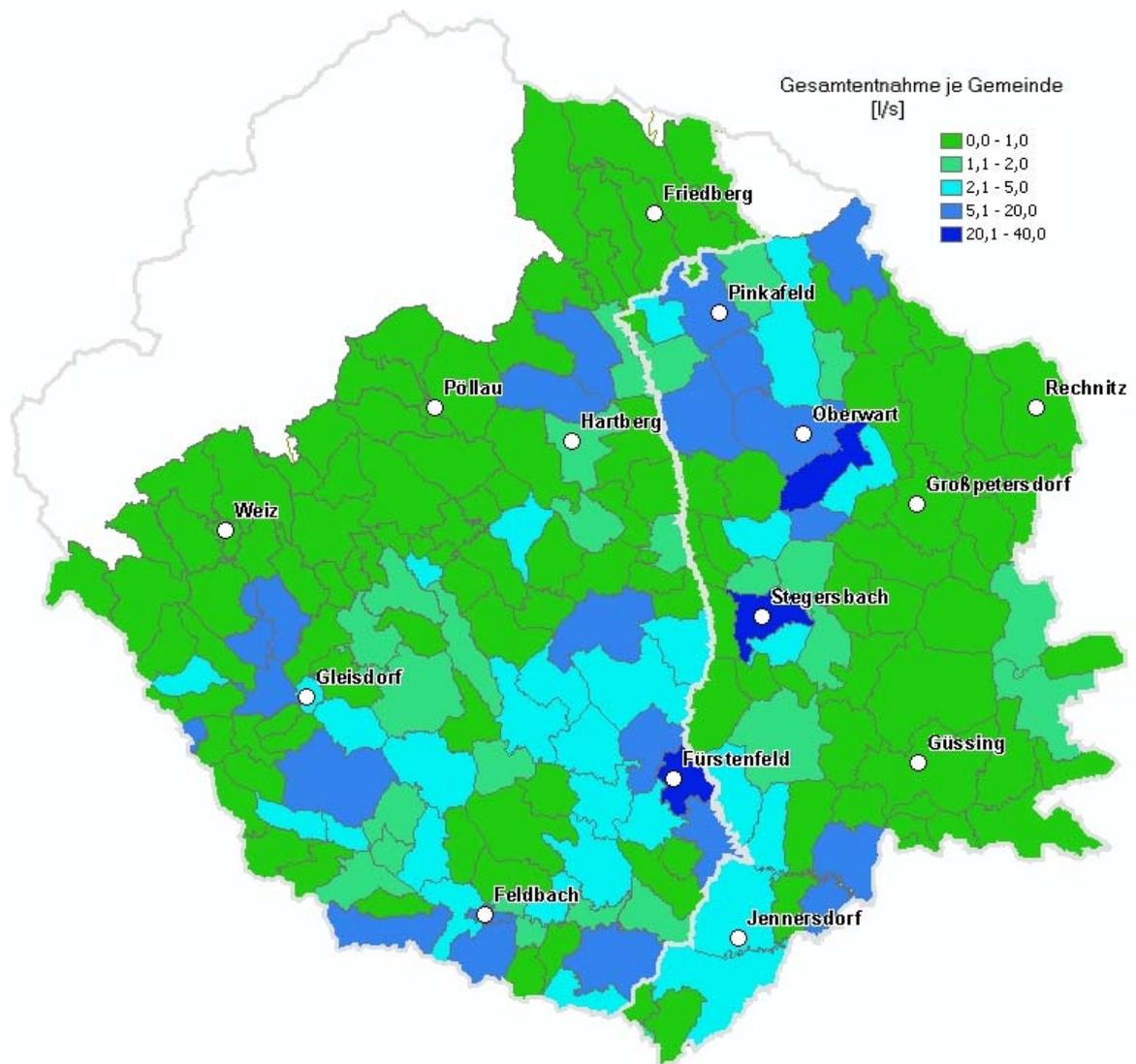


Abbildung 383: Entnahmemengen der Gemeinden

12.8.2 Bedarfsstruktur - Bedarfsanalyse

Eine Analyse und Prognose der Bedarfsstruktur erfolgte ausführlich im Wasserversorgungsplan Steiermark (ERHART-SCHIPPEK, MASCHA & PARTNER: Wasserversorgungsplan Steiermark, Prognose des spezifischen Wasserbedarfes, Dezember 1999) und für den burgenländischen Teil des NANUTIWA-Gebietes in J. MAROSI et al. (2001) und H. HERLICKA (2003).

Demnach ändert sich die grundsätzliche Verbrauchsstruktur in den nächsten Jahren nicht, der Bedarf wird aber stetig mit geringen Steigerungsraten zunehmen.

Die räumliche Verteilung des Bedarfes je Einwohner ist für die einzelnen Gemeinden in Abbildung 384 ersichtlich. Auf Basis des dargestellten proKopf-Bedarfes und den prognostizierten Einwohnerzahlen für das Jahr 2011 ergibt sich der Bedarf je Gemeinde (siehe Abbildung 385). Vor allem in

einwohnerstarken städtischen und touristisch bedeutsamen Gemeinden sind hohe Bedarfsanforderungen gegeben.

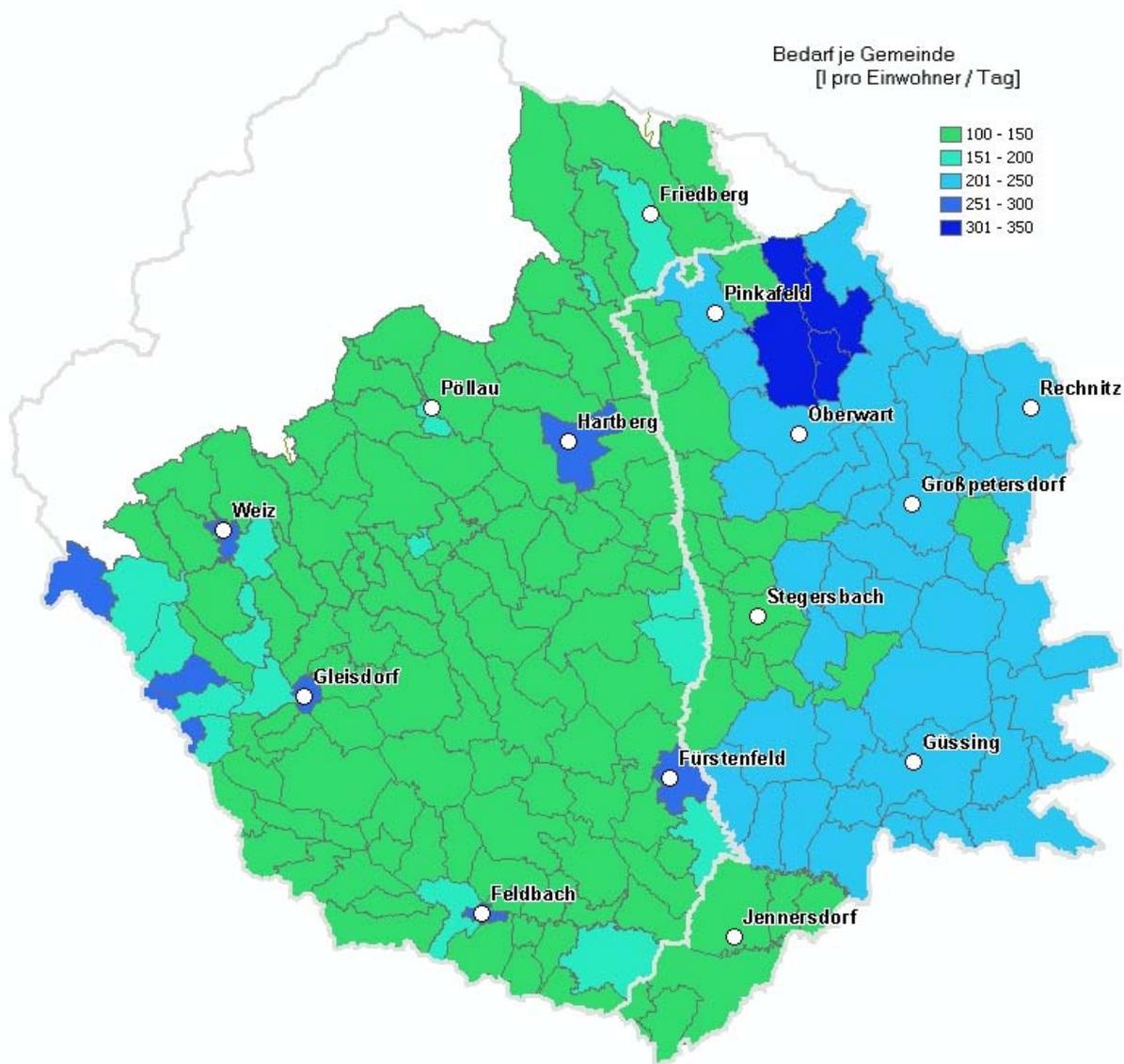


Abbildung 384: Tagesbedarf pro Einwohner

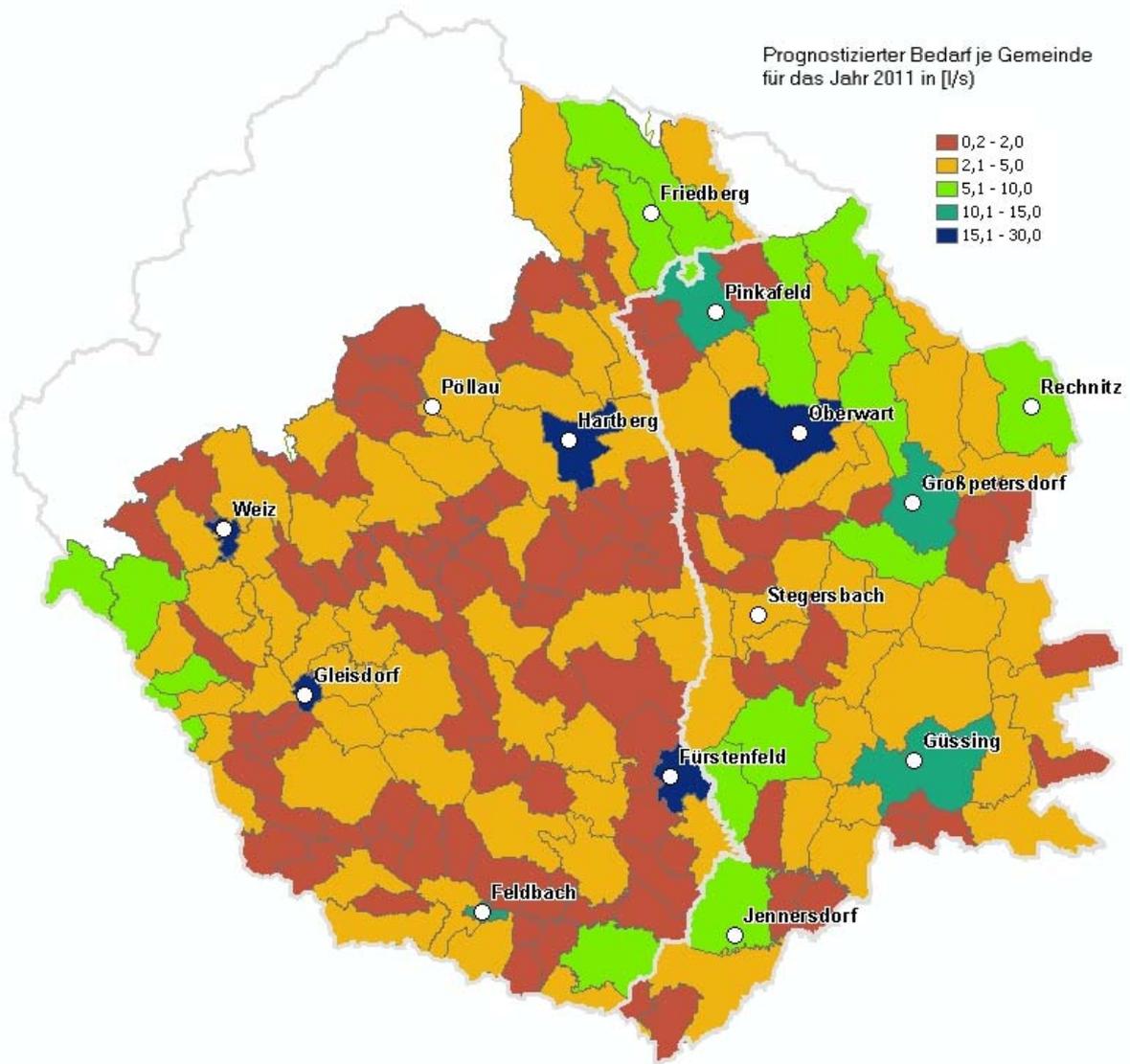


Abbildung 385: Prognostizierter Bedarf für das Jahr 2011

Die Berechnungsgrundlagen und Ergebnisse sind in Tabelle 52 bis Tabelle 54 zusammengefasst. Auf Gemeindeebene ist diese Zahl grundsätzlich nicht uneingeschränkt aussagekräftig, da Gemeindegebiet und Versorgungsgebiet meist nicht kongruent sind. Einerseits wird Wasser aus Gewinnungsanlagen von Verbänden aus der Standortgemeinde in andere Gemeinden des Versorgungsgebietes exportiert, wodurch ein rechnerischer Überschuss in der Bedarfsdeckung entsteht, andererseits wird Wasser aus anderen Gemeinden importiert, wodurch ein Defizit in der Bedarfsdeckung entsteht. Weiters sind in diese Berechnung Quellen und seichtliegende Brunnen nicht einbezogen wodurch entsprechende Unschärfen entstehen.

Gem.Nr.	Gemeinde / Bezirk	Entnahme		Einwohner Anzahl 2011	Progn. Bedarf (l/d.E)	Q erford. (l/s)	Bedarfsdeckung	
		(l/s)	(m3/a)				(l/s)	(%)
10401	Bocksdorf	2,8	86.975	1444	140	2,3	0,4	118%
10402	Burgauberg-Neudauberg	0,2	5.612	1253	140	2,0	-1,9	9%
10403	Eberau	1,1	33.671	1404	232	3,8	-2,7	28%
10404	Gerersdorf-Sulz	0,0	0	1093	225	2,8	-2,8	0%
10405	Guessing	0,5	16.585	3945	225	10,3	-9,7	5%
10406	Guettenbach	0,2	5.612	1111	232	3,0	-2,8	6%
10407	Heiligenbrunn	0,2	5.612	1087	225	2,8	-2,7	6%
10408	Kukmirn	1,8	56.320	2080	225	5,4	-3,6	33%
10409	Neuberg im Burgenland	0,0	0	1178	232	3,2	-3,2	0%
10410	Neustift bei Guessing	0,0	0	1622	225	4,2	-4,2	0%
10411	Olbendorf	1,2	38.884	1534	225	4,0	-2,8	31%
10412	Ollersdorf im Burgenland	1,5	47.304	957	140	1,6	-0,1	97%
10413	St. Michael im Burgenland	0,6	19.677	1764	145	3,0	-2,3	21%
10414	Stegersbach	21,8	688.790	2316	140	3,8	18,1	582%
10415	Stinatz	0,0	0	1480	140	2,4	-2,4	0%
10416	Strem	0,9	27.399	1403	225	3,7	-2,8	24%
10417	Tobaj	0,4	14.127	1447	225	3,8	-3,3	12%
10418	Hackerberg	0,0	0	384	145	0,6	-0,6	0%
10419	Woerterberg	0,0	0	457	121	0,6	-0,6	0%
10420	Grossmuerbisch	0,0	0	274	225	0,7	-0,7	0%
10421	Inzenhof	0,0	0	336	225	0,9	-0,9	0%
10422	Kleinmuerbisch	0,0	0	260	225	0,7	-0,7	0%
10423	Tschanigraben	0,0	0	67	225	0,2	-0,2	0%
10424	Heugraben	0,2	4.951	250	145	0,4	-0,3	37%
10425	Rohr im Burgenland	0,1	2.208	394	140	0,6	-0,6	11%
10426	Bildein	0,5	16.836	373	232	1,0	-0,5	53%
10427	Rauchwart im Burgenland	1,5	46.673	464	225	1,2	0,3	122%
10428	Moschendorf	0,0	0	463	232	1,2	-1,2	0%
104	Güssing	35,4	1.117.235	30.840	196	70,2	-34,8	50%
10501	Deutsch Kaltenbrunn	0,4	11.224	1836	140	3,0	-2,6	12%
10502	Eitendorf	0,2	6.938	1758	225	4,6	-4,4	5%
10503	Heiligenkreuz im Lafnitztal	12,4	389.656	1420	225	3,7	8,7	334%
10504	Jennersdorf	4,9	154.268	4053	117	5,5	-0,6	89%
10505	Minihof-Liebau	0,9	28.382	1103	117	1,5	-0,6	60%
10506	Mogersdorf	7,9	249.134	1264	117	1,7	6,2	462%
10507	Neuhaus am Klausenbach	1,8	57.910	1600	117	2,2	-0,3	85%
10508	Rudersdorf	3,6	112.122	1938	225	5,0	-1,5	70%
10509	St. Martin an der Raab	3,0	93.848	2189	117	3,0	0,0	100%
10510	Weichselbaum	0,3	8.482	884	117	1,2	-0,9	22%
10511	Koenigsdorf	2,9	92.196	757	225	2,0	1,0	148%
10512	Muehlgraben	0,0	0	450	117	0,6	-0,6	0%
105	Jennersdorf	38,2	1.204.159	19.252	155	33,9	4,3	113%
10901	Bad Tatzmannsdorf	1,7	53.955	1134	309	4,1	-2,3	42%
10902	Bernstein	10,4	326.584	2493	232	6,7	3,7	155%
10903	Dt. Schützen Eisenberg	1,2	39.283	1189	232	3,2	-1,9	39%
10904	Grafenschachen	4,9	153.169	1161	145	1,9	2,9	249%
10905	Grosspetersdorf	0,4	11.224	4401	232	11,8	-11,5	3%
10906	Hannersdorf	0,0	0	864	145	1,5	-1,5	0%
10907	Kemetten	0,4	13.496	1522	232	4,1	-3,7	10%
10908	Kohfidisch	0,4	11.224	1823	232	4,9	-4,5	7%
10909	Litzelsdorf	3,5	109.018	1156	145	1,9	1,5	178%
10910	Loipersdorf-Kitzladen	1,2	38.409	1225	121	1,7	-0,5	71%
10911	Mariasdorf	0,9	26.992	1315	309	4,7	-3,8	18%
10912	Markt Allhau	8,4	265.655	1740	121	2,4	6,0	346%
10913	Markt Neuhodis	0,0	0	856	232	2,3	-2,3	0%
10914	Mischendorf	0,8	24.436	2017	232	5,4	-4,6	14%
10915	Oberdorf	13,0	409.968	1080	145	1,8	11,2	717%
10916	Oberschuetzen	4,5	142.220	2411	309	8,6	-4,1	52%
10917	Oberwart	18,9	595.707	6319	232	17,0	1,9	111%
10918	Pinkafeld	12,0	379.973	5010	232	13,5	-1,4	90%
10919	Rechnitz	0,4	11.224	3462	232	9,3	-8,9	4%
10920	Riedlingsdorf	9,7	305.601	1549	232	4,2	5,5	233%
10921	Rotenturm	2,2	69.751	1410	232	3,8	-1,6	58%
10922	Schachendorf	0,0	0	812	232	2,2	-2,2	0%
10923	Stadtschlaining	0,0	0	2284	232	6,1	-6,1	0%
10924	Unterkohlstaetten	0,0	0	1152	232	3,1	-3,1	0%
10925	Unterwart	21,4	673.852	988	232	2,7	18,7	805%
10926	Weiden bei Rechnitz	0,0	0	954	232	2,6	-2,6	0%
10927	Wiesfleck	1,0	32.824	1129	145	1,9	-0,9	55%
10928	Wolfau	0,1	3.942	1357	121	1,9	-1,8	7%
10929	Neustift an der Lafnitz	0,1	4.415	627	145	1,1	-0,9	13%
10930	Jabing	0,4	11.716	742	232	2,0	-1,6	19%
10931	Badersdorf	0,0	0	325	232	0,9	-0,9	0%
10932	Schandorf	0,2	5.612	310	232	0,8	-0,7	21%
109	Oberwart	118,0	3.720.249	54.817	213	139,9	-21,9	84%
1	Land Burgenland	191,6	6.041.642	104.909		244,0	-52,4	79%

Tabelle 52: Entnahmemengen und Bedarfsdeckung pro Gemeinde (Teil 1/3)

Gem.Nr.	Gemeinde / Bezirk	Entnahme		Einwohner Anzahl 2011	Progn. Bedarf (l/d.E)	Q erford. (l/s)	Bedarfsdeckung	
		(l/s)	(m3/a)				(l/s)	(%)
60401	Auersbach	0,0	0	834	107	1,0	-1,0	0%
60406	Breitenfeld an der Rittschein	0,6	19.737	853	107	1,1	-0,4	59%
60407	Edelsbach bei Feldbach	3,2	101.509	1309	107	1,6	1,6	199%
60409	Eichkögl	1,5	46.609	1238	107	1,5	-0,1	96%
60410	Fehring	19,4	613.197	3201	188	7,0	12,5	279%
60411	Feldbach	19,2	605.135	4228	274	13,4	5,8	143%
60412	Fladnitz im Raabtal	2,0	62.361	698	107	0,9	1,1	229%
60417	Gniebing-Wießenbach	3,9	124.191	1940	172	3,9	0,1	102%
60418	Gossendorf	0,2	5.612	1004	107	1,2	-1,1	14%
60420	Hatzendorf	2,3	73.973	1938	107	2,4	-0,1	96%
60421	Hohenbrugg-Weinberg	2,0	61.957	1044	107	1,3	0,7	152%
60423	Johnsdorf-Brunn	1,9	61.070	777	138	1,2	0,7	156%
60424	Kapfenstein	3,7	118.002	1754	107	2,2	1,6	172%
60426	Kirchberg an der Raab	1,3	42.437	1784	138	2,8	-1,5	47%
60428	Kornberg bei Riegersburg	0,0	0	1199	107	1,5	-1,5	0%
60430	Leitersdorf im Raabtal	1,6	49.941	535	138	0,9	0,7	185%
60431	Lödersdorf	2,1	67.342	640	135	1,0	1,1	214%
60435	Mühdorf bei Feldbach	16,2	509.766	2701	138	4,3	11,9	375%
60436	Oberdorf am Hohegg	0,0	0	793	107	1,0	-1,0	0%
60437	Oberstorcha	0,7	22.447	588	107	0,7	0,0	98%
60438	Paldau	7,3	229.145	2066	107	2,6	4,7	284%
60440	Pertlstein	0,9	28.375	734	138	1,2	-0,3	77%
60441	Petersdorf II	0,0	0	808	135	1,3	-1,3	0%
60444	Raabau	1,4	42.689	542	138	0,9	0,5	156%
60447	Riegersburg	0,0	0	2546	138	4,1	-4,1	0%
60452	Studenzen	3,3	103.117	668	138	1,1	2,2	306%
60455	Unterlamm	0,0	0	1297	107	1,6	-1,6	0%
604	Feldbach	94,8	2.988.610	37.719	130	63,5	31,3	149%
60501	Altenmarkt b.Fürstenfeld	7,7	241.710	1165	138	1,9	5,8	412%
60502	Blumau in Steiermark	4,9	154.626	1482	107	1,8	3,1	267%
60503	Burgau	2,9	91.131	1134	188	2,5	0,4	117%
60504	Fürstenfeld	29,2	921.103	6024	274	19,1	10,1	153%
60505	Großsteinbach	0,2	5.612	1291	138	2,1	-1,9	9%
60506	Großwilfersdorf	4,0	125.083	1326	138	2,1	1,8	187%
60507	Hainersdorf	3,8	119.491	684	107	0,8	2,9	447%
60508	Ilz	2,5	80.187	2451	138	3,9	-1,4	65%
60509	Loipersdorf b.Fürstenfeld	16,0	503.867	1252	161	2,3	13,6	685%
60510	Nestelbach im Ilztal	0,0	0	1079	107	1,3	-1,3	0%
60511	Ottendorf a.d.Rittschein	2,0	61.730	1329	107	1,6	0,3	119%
60512	Söchau	3,5	111.691	1478	138	2,4	1,2	150%
60513	Stein	0,0	0	527	107	0,7	-0,7	0%
60514	Übersbach	4,8	151.228	1071	138	1,7	3,1	280%
605	Fürstenfeld	81,4	2.567.458	22.293	142	44,2	37,2	184%
60602	Brodingberg	0,8	26.175	1169	138	1,9	-1,0	44%
60606	Eggersdorf bei Graz	2,3	73.940	1713	274	5,4	-3,1	43%
60621	Höf-Präbach	0,0	0	1202	172	2,4	-2,4	0%
60623	Kainbach bei Graz	0,0	0	2434	274	7,7	-7,7	0%
60625	Krumegg	0,0	0	1347	138	2,2	-2,2	0%
60626	Kumberg	0,0	0	2716	172	5,4	-5,4	0%
60627	Langegg bei Graz	0,0	0	732	138	1,2	-1,2	0%
60628	Laßnitzhöhe	8,2	259.663	2102	274	6,7	1,6	124%
60631	Nestelbach bei Graz	0,0	0	1049	172	2,1	-2,1	0%
60634	Purgstall bei Eggersdorf	0,5	16.836	1515	172	3,0	-2,5	18%
60640	St.Marein bei Graz	2,5	79.908	1086	138	1,7	0,8	146%
60642	St.Radegund bei Graz	0,0	0	1971	274	6,3	-6,3	0%
606	Graz-Umgebung	14,5	466.520	19.036	195	45,9	-31,4	32%

Tabelle 53: Entnahmemengen und Bedarfsdeckung pro Gemeinde (Teil 2/3)

Gem.Nr.	Gemeinde / Bezirk	Entnahme		Einwohner Anzahl 2011	Progn. Bedarf (l/d E)	Bedarfsdeckung		
		(l/s)	(m3/a)			Q erford. (l/s)	(l/s)	(%)
60701	Blaindorf	0,0	0	623	138	1,0	-1,0	0%
60702	Buch-Geiseldorf	1,9	58.528	1063	107	1,3	0,5	141%
60703	Dechantskirchen	0,0	0	1665	107	2,1	-2,1	0%
60704	Dienersdorf	0,0	0	623	107	0,8	-0,8	0%
60705	Ebersdorf	0,4	11.224	1085	107	1,3	-1,0	26%
60706	Friedberg	0,0	0	2772	188	6,0	-6,0	0%
60707	Grafendorf bei Hartberg	9,4	297.057	2449	138	3,9	5,5	241%
60708	Greinbach	5,4	171.394	1876	107	2,3	3,1	234%
60709	Großhart	0,0	0	602	135	0,9	-0,9	0%
60710	Hartberg	1,7	54.043	6169	274	19,6	-17,9	9%
60711	Hartberg Umgebung	0,7	22.011	2034	138	3,2	-2,6	21%
60712	Hartl	0,0	0	791	107	1,0	-1,0	0%
60713	Hofkirchen bei Hartberg	0,4	11.224	597	135	0,9	-0,6	38%
60714	Kaibing	0,0	0	352	138	0,6	-0,6	0%
60715	Kaindorf	4,9	154.526	1317	138	2,1	2,8	233%
60716	Eichberg	0,0	0	1239	135	1,9	-1,9	0%
60717	Lafnitz	1,1	33.736	1423	138	2,3	-1,2	47%
60718	Limbach bei Neudau	0,0	0	308	138	0,5	-0,5	0%
60720	Neudau	0,6	18.922	1166	188	2,5	-1,9	24%
60721	Pinggau	0,0	0	3141	138	5,0	-5,0	0%
60722	Pöllau	0,0	0	1999	172	4,0	-4,0	0%
60723	Pöllauberg	0,0	0	2235	135	3,5	-3,5	0%
60725	Rabenwald	0,0	0	676	135	1,1	-1,1	0%
60727	Rohr bei Hartberg	0,0	0	1146	107	1,4	-1,4	0%
60728	Rohrbach an der Lafnitz	0,5	16.019	1027	172	2,0	-1,5	25%
60729	Saifen-Boden	0,0	0	1018	135	1,6	-1,6	0%
60731	St.Johann bei Herberstein	0,2	5.612	291	172	0,6	-0,4	31%
60732	St.Johann in der Haide	0,2	5.612	1705	138	2,7	-2,5	7%
60733	St.Lorenzen am Wechsel	0,0	0	1742	107	2,2	-2,2	0%
60734	St.Magdalena am Lemberg	0,0	0	1099	107	1,4	-1,4	0%
60736	Schäffern	0,0	0	1511	135	2,4	-2,4	0%
60737	Schlag bei Thalberg	0,0	0	1018	138	1,6	-1,6	0%
60738	Schönegg bei Pöllau	0,0	0	1413	135	2,2	-2,2	0%
60739	Sebersdorf	0,3	8.450	1272	107	1,6	-1,3	17%
60740	Siegersdorf b.Herberstein	0,0	0	297	107	0,4	-0,4	0%
60741	Sonnhofen	0,0	0	1071	135	1,7	-1,7	0%
60742	Stambach	0,0	0	661	135	1,0	-1,0	0%
60743	Stubenberg	0,0	0	2325	138	3,7	-3,7	0%
60744	Tiefenbach bei Kaindorf	0,0	0	674	107	0,8	-0,8	0%
60748	Bad Waltersdorf	8,8	277.593	1986	138	3,2	5,6	277%
60750	Wörth an der Lafnitz	1,6	49.590	418	135	0,7	0,9	241%
607	Hartberg	37,9	1.195.540	56.879	136	99,0	-61,1	38%
61701	Albersdorf-Prebuch	0,0	0	1540	138	2,5	-2,5	0%
61704	Baierdorf bei Anger	0,0	0	1653	138	2,6	-2,6	0%
61706	Etzersdorf-Rollsdorf	0,5	16.836	1146	138	1,8	-1,3	29%
61707	Feistritz bei Anger	0,0	0	1049	138	1,7	-1,7	0%
61710	Floing	0,0	0	1139	138	1,8	-1,8	0%
61712	Gersdorf an der Feistritz	1,1	34.089	1276	107	1,6	-0,5	68%
61713	Gleisdorf	2,8	88.301	5225	274	16,6	-13,8	17%
61715	Gutenberg a.d.Raabklamm	0,0	0	1024	138	1,6	-1,6	0%
61716	Markt Hartmannsdorf	2,5	78.840	2664	138	4,3	-1,8	59%
61718	Hirnsdorf	3,2	100.915	594	138	0,9	2,3	337%
61719	Hofstätten an der Raab	3,9	124.400	1649	138	2,6	1,3	150%
61721	Ilztal	1,1	33.553	1690	138	2,7	-1,6	39%
61723	Krottendorf	0,0	0	2037	172	4,1	-4,1	0%
61724	Kulm bei Weiz	0,0	0	469	107	0,6	-0,6	0%
61725	Labuch	0,2	5.896	721	107	0,9	-0,7	21%
61726	Laßnitzthal	0,0	0	1047	138	1,7	-1,7	0%
61727	Ludersdorf-Wilfersdorf	7,3	229.146	1613	172	3,2	4,1	226%
61729	Mitterdorf an der Raab	0,0	0	1825	138	2,9	-2,9	0%
61730	Mortantsch	0,0	0	1755	138	2,8	-2,8	0%
61731	Naas	0,0	0	1229	135	1,9	-1,9	0%
61734	Nitscha	0,4	11.224	1289	138	2,1	-1,7	17%
61735	Oberrettenbach	0,4	12.737	525	107	0,7	-0,2	62%
61737	Pischelsdorf in der Steiermark	1,2	37.148	2468	138	3,9	-2,8	30%
61739	Preßguts	0,0	0	379	107	0,5	-0,5	0%
61740	Puch bei Weiz	0,2	6.307	2125	138	3,4	-3,2	6%
61742	Reichendorf	0,0	0	591	107	0,7	-0,7	0%
61746	St.Margarethen a.d.Raab	5,1	159.762	3614	107	4,5	0,6	113%
61747	St.Ruprecht a.d.Raab	9,9	310.780	1664	188	3,6	6,2	272%
61748	Sinabelkirchen	1,9	61.486	3551	107	4,4	-2,4	44%
61751	Thannhausen	0,0	0	2283	138	3,6	-3,6	0%
61752	Ungerdorf	0,0	0	567	138	0,9	-0,9	0%
61753	Unterfladnitz	7,3	228.729	1492	138	2,4	4,9	304%
61755	Weiz	0,0	0	8474	274	26,9	-26,9	0%
617	Weiz	48,8	1.540.148	60.367		116,3	-67,5	42%
6	Land Steiermark	277,4	8.748.277	196.294		369,0	-91,6	75%
	NANUTWA-Gebiet	469,0	14.789.918	301.203		613,0	-144,0	77%

Tabelle 54: Entnahmemengen und Bedarfsdeckung pro Gemeinde (Teil 3/3)

Bezirk	Entnahmemenge		Einwohner im NANUTIWA-Gebiet	Q erford. (Prognose 2011) (l/s)	Bedarfsdeckung	
	(l/s)	(m3/a)			(l/s)	(%)
Güssing	35,4	1.117.235	30.840	70,2	-34,8	50%
Jennersdorf	38,2	1.204.159	19.252	33,9	4,3	113%
Oberwart	118,0	3.720.249	54.817	139,9	-21,9	84%
Land Burgenland	191,6	6.041.642	104.909	244,0	-52,4	79%
Feldbach	94,8	2.988.610	37.719	63,5	31,3	149%
Fürstenfeld	81,4	2.567.458	22.293	44,2	37,2	184%
Graz-Umgebung	14,5	456.520	19.036	45,9	-31,4	32%
Hartberg	37,9	1.195.540	56.879	99,0	-61,1	38%
Weiz	48,8	1.540.148	60.367	116,3	-67,5	42%
Land Steiermark	277,4	8.748.277	196.294	369,0	-91,6	75%
NANUTIWA-Gebiet	469,0	14.789.918	301.203	613,0	-144,0	77%

Tabelle 55: Zusammenfassung Bedarfsanalyse

Die Aussagekräftigkeit nimmt durch Agglomeratisierung zu größeren Einheiten deutlich zu. Demnach beträgt für das gesamte Untersuchungsgebiet die berechnete Deckung des zukünftigen Bedarfes (Berechnungsbasis Jahr 2011) durch Tiefengrundwässer unter Zugrundelegung der aktuellen Entnahme (Schüttung und Förderung) ca. 77 %. Der tatsächliche Deckungsgrad wird höher liegen, da die Entnahmemengen derzeit nicht vollständig erfasst werden konnten. Anzumerken ist weiters, dass dieser Deckungsgrad einen vollständigen Ausgleich innerhalb des Untersuchungsgebietes voraussetzt, der in der Realität durch das Fehlen entsprechender Leitungsnetzungen nicht überall gegeben ist.

Bedarfsschwankungen bedingt durch z.B. die meteorologischen Rahmenbedingungen (z.B. Bewässerung von Gärten) sind ebenfalls zu berücksichtigen. H. HERLICKA (2003) beschreibt die Erfahrungen aus dem niederschlagsarmen Sommer 2003 im Bereich der burgenländischen Wasserverbände. Die maximalen spezifischen Tagesverbrauchsmengen betragen demnach häufig über 400 l/Tag und Einwohner. Geht man von diesen Spitzenwerten aus, so würde sich ein weiteres rechnerisches Versorgungsdefizit ergeben.

Zu berücksichtigen ist auch, dass sich die berechnete Bedarfsdeckung ausschließlich auf die Versorgung mit Tiefengrundwässern bezieht und andere Versorgungsquellen wie seichtliegendes Grundwasser und Quellen in die Berechnung nicht eingegangen sind.

Weiterführende Detailanalysen können nur anhand vollständiger, längerfristiger Entnahme- und Bedarfsdaten erfolgen und müssten im Rahmen detaillierter Betrachtungen auf Verbands- bzw. Wasserversorgungsebene durchgeführt werden.

12.9 Tiefengrundwasserreserven

Eine Möglichkeit der Beurteilung bisher noch nicht genutzter Tiefengrundwasserreserven ist in Abbildung 386 zusammengefasst. Basis dieser Ergebniszusammenführung ist die in Kapitel 9.3.2

dargestellte statistische Bewertung der Untergrundsverhältnisse auf Basis der Anteile durchlässiger und daher wasserführender Nettomächtigkeiten und die in Kapitel 12.7 dargestellte Entnahmesituation.

Die grundsätzliche Überlegung ist, dass Sand- und Kieslagen potenzielle Aquifere darstellen. Verschneidet man nun die Verteilung der Nettomächtigkeiten mit den ermittelten Entnahmemengen so entsteht Abbildung 386.

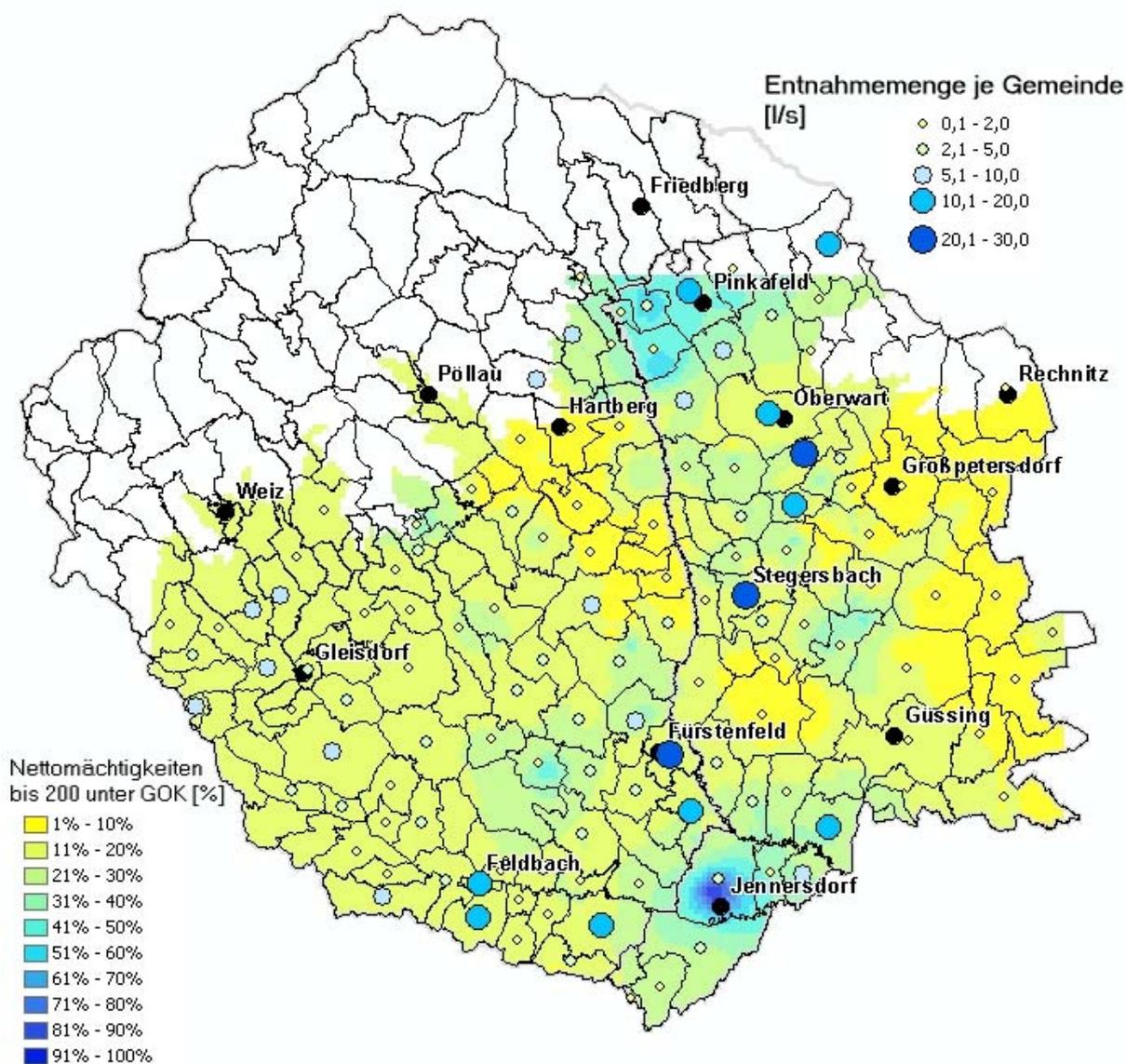


Abbildung 386: Gegenüberstellung der Nettomächtigkeit wasserführender Schichten bis -200m bzgl. GOK in % und Entnahmemengen pro Gemeinde in l/s

Zonen mit hohen Nettomächtigkeiten und geringen Entnahmen bieten grundsätzlich die Möglichkeit der Erschließung von Tiefengrundwasser. Zonen mit geringen Nettomächtigkeiten weisen eher

ungünstige Verhältnisse für die Erschötung von Tiefengrundwasser auf. Diese generalisierte Umsetzung bildet eine Grundlage für wasserwirtschaftliche Überlegungen, kann jedoch detaillierte Untersuchungen nicht ersetzen.

12.10 Erforderliche Aufbereitungsmaßnahmen

Aufgrund der speziellen hydrochemischen Rahmenbedingungen (siehe Kapitel 11), die mit der Genese der Tiefengrundwässer und den hohen Verweilzeiten im Untergrund zusammenhängen, ist in vielen Fällen eine Aufbereitung der Tiefengrundwässer erforderlich, um diese für die Verteilung im Leitungsnetz nutzbar zu machen. Mit den hohen Verweilzeiten der Wässer im Untergrund kommt es zu einer Reduktion des Sauerstoff-Gehaltes, was zu reduzierenden Eigenschaften des aquatischen Systems führt. Daraus resultiert in vielen Fällen die Präsenz von Eisen, Mangan bzw. H₂S in den Tiefengrundwässern. Im Zusammenhang mit postvulkanischen CO₂-Exhalationen ergibt sich für viele Wässer eine pH-Wert-Reduktion. Diese für die Trinkwasserversorgung ungünstigen Wassereigenschaften müssen in entsprechenden Wasseraufbereitungsanlagen konditioniert werden. Ein Großteil der öffentlichen Wasserversorgungsanlagen bereitet daher das geförderte Tiefengrundwasser auf. Es überwiegen Anlagen zur Enteisung und Entmanganung, Entsäuerung und Enthärtung, teilweise erfolgt auch eine Desinfektion (siehe Tabelle 56).

Betreiber	Bez. der Aufbereitungsanlage	Aufbereitungsmaßnahme					
		Enteisung	Enthärtung	Entsäuerung	Aktivkohle	Desinfektion	Sonstige
WV Feistritzal	Kaindorf-West						
WV Floing-Puch	Gratzer Quelle	x		x		x	
WV Grenzland Südost	Gries	x					
WV Safental	Unterlimbach	x				x	
WV Safental	Leitersdorf	x					
WV Südl. Bgld. 1	WVA Oberwart	x			x	x	
WV Südl. Bgld. 1	WAA Kohfidisch	x			x	x	
WV Stögersbachtal	Markt Allhau	x			x	x	
WV Thermenland	WV Bocksdorf	x			x	x	
WVB BT-O-M	Willersdorf	x		x	x		
WVB BT-O-M	Steigenberger			x			
WVB Unt. Lafnitzal	WV Heiligenkreuz	x		x	x	x	
WVB Unt. Lafnitzal	Aufbereitungsanlage Neuhaus	x		x		x	
Ollersdorf						x	
Neuberg		x		x		x	
Wiesfleck		x		x			
WV Unteres Raabtal	Minihof-Liebau	x				x	
WV Unteres Raabtal	Neuhaus am Klausenbach	x				x	
Eichkögl	Aufbereitung	x					
Fehring	WV Fehring-Enteisung	x	x				
Feldbach	Aufbereitung Mühdorf	x					
Kapfenstein	Enteisung Kapfenstein	x					
Paldau	Quelle Franz	x					
Burgau	WVA Burgau Aufbereitungsanlage	x					
Nestelbach im Ilztal	Aufbereitung Nestelbach	x					
Laßnitzhöhe	TB Bahnhof			x			
Ebersdorf	Aufbereitung Ebersdorf	x		x			
Hartberg	TBH 1 Ozon (Aufb. Schildbach)					x	
Rohrbach an der Lafnitz	Aufbereitung bei Hödiquelle			x			
Markt Hartmannsdorf	Aufbereitung Brunnen V						x
Markt Hartmannsdorf	Aufbereitung Brunnen II u. III	x					
Markt Hartmannsdorf	Aufbereitung Brunnen Ia	x	x				
Hofstätten an der Raab	Enteisungsanlage Wünschendorf	x					
Ungerdorf	Aufbereitung Urscha	x				x	

Tabelle 56: Aufbereitungsanlagen im Untersuchungsgebiet

12.11 Notwasservorsorge

12.11.1 Zielsetzung

Die Maßnahmen zur Vorsorgeplanung für Notstandsfälle der öffentlichen Trinkwasserversorgung sind in einer Reihe von Richtlinien, Merkblättern und Regeln zusammengefasst.

Diese sind:

- Merkblatt W 74 „Trinkwassernotversorgung“ der ÖVGW vom März 1992
- Richtlinie W 74 „Trinkwassernotversorgung“ der ÖVGW vom März 1989
- Mitteilung W 75 „Öffentliche Trinkwasserversorgung aus Tankwagen und transportablen Wasserbehältern“ der ÖVGW vom November 1982
- Richtlinie W 76 „Vorsorgeplanung für Notstandsfälle in der öffentlichen Trinkwasserversorgung“ der ÖVGW vom November 1982

Der Zweck der Trinkwassernotversorgung wird im Merkblatt W74 wie folgt definiert:

Zweck der Trinkwassernotversorgung ist es, die zum Überleben notwendige Menge von Trinkwasser auch dann zu sichern, wenn die zentrale Trinkwasserversorgung durch plötzlich auftretende schwerwiegende äußere Einflüsse eingeschränkt wird oder gänzlich ausfällt.

Ausfälle oder Störungen können durch Naturereignisse, Unglücksfälle, Sabotage und subversive Handlungen sowie durch Kriegsereignisse verursacht werden. Sie können die Einzugsbereiche der Gewinnungsanlagen, die Gewinnungsanlagen selbst sowie das Verteilungsnetz (Rohrleitungen, Behälter, Pumpstationen) betreffen.

Im Rahmen der Gesamtzielsetzung von NANUTIWA wird das Szenario „Gebrechen jeglicher Art“ nicht untersucht, da es ein wasserversorgungstechnisches Problem darstellt und nicht den Wasserspender betrifft. Aufgrund der hydrogeologischen Besonderheit der Tiefengrundwässer des Steirischen und Pannonischen Beckens im Vergleich zu oberflächennahen Grundwasserkörpern, insbesondere im Hinblick auf die Vulnerabilität, sind auch die anderen Szenarien an diese Besonderheiten anzupassen. Ein Ausfall des Grundwasserspenders durch großflächige Kontaminationen ist aufgrund der Deckschichten eher auszuschließen, wodurch ein Ausfall der Wasserversorgung im Untersuchungsgebiet aus diesem Grund nur stark eingeschränkt auftreten kann. Die Tiefengrundwässer stellen vielmehr eine Reserve qualitativ hochwertigen Wassers zur Versorgung von Gebieten, in denen die Versorgung durch Kontamination des oberflächennahen Grundwasserspenders ausgefallen ist, dar. Die zu klärende Frage ist somit, wie viel Wasser kann bei

Deckung des ansässigen Notbedarfes aufgrund der bestehenden Anlagen (Brunnen, Leitungsnetze, Abfüller) an andere Versorgungsgebiete abgegeben werden.

12.11.2 Beschreibung relevanter Szenarien für das Erfordernis einer Trinkwassernotversorgung und Ermittlung des Notwasserbedarfes im Untersuchungsgebiet

Das zu untersuchende Szenario entspricht dem Modellfall 1 der Richtlinie W 74. Demnach ist die zentrale Wasserversorgung funktionsfähig, das Wasserdargebot aber aufgrund der Abgabe an andere Versorgungsgebiete im Rahmen der Notversorgung eingeschränkt.

Der erforderliche Wasserbedarf beträgt 50–100 l/E.d bzw. 40 l/GVE.d, für die Versorgung von Krankenanstalten sind 75–150 l je Krankenbett und Tag vorgesehen (siehe Richtlinie W 72, 1982).

Für schwer abschätzbare Bedarfsgruppen wie einpendelnde Arbeitskräfte, Fremdenbetten, Bewohner von Zweitwohnsitzen, Kräfte des Bundesheeres, Flüchtlinge, evakuierte Personen, ambulante Krankenbehandlung, zukünftige Bedarfssteigerungen wird in Anlehnung an die ÖVGW Richtlinie W 74 (Punkt 4.1.2.1.) ein Zuschlag von 25 % auf die Einwohner-Bedarfsmenge angesetzt.

Beim BM für Gesundheit und Frauen, Abteilung Gesundheitsplanung und Dokumentation (Abt. 4 A3) wurden die bewilligten Krankenbetten (nach dem Krankenanstalten- und Kuranstaltengesetz) für das Jahr 2002 erhoben und auf volle 10 Betten gerundet. Zur Ermittlung der GVE wurde der Nutztierbestand bezirksbezogen bei der Statistik Austria (letzter verfügbarer Stand 1999) erhoben und auf volle 10 GVE gerundet.

Nachstehende Bedarfsermittlung (siehe Tabelle 57) orientiert sich am modifizierten Modellfall 1, sowie an der anteiligen Einwohnerzahl im Untersuchungsgebiet gemäß Volkszählung 2001 jeweils aufgerundet auf volle 1.000 Einwohner.

Berücksichtigt darf jedoch nur derjenige Anteil an der Bevölkerung werden, der durch die öffentliche Versorgung versorgt wird, da Einzelgewinnungsanlagen weiterhin betrieben werden können. Der Grad der öffentlichen Versorgung wurde für die Steiermark dem Wasserversorgungsplan Steiermark, 1995 entnommen, für das Burgenland auf Anfrage vom Amt der Burgenländischen Landesregierung mitgeteilt.

	Rechenansätze und Notwasserbedarf bezogen auf die Bezirke										
	OW	GS	JE	BGLD	FB	FF	GU	HB	WZ	STMK	UG
Einwohner	54.000	28.000	18.000	100.000	50.000	23.000	22.000	57.000	61.000	213.000	313.000
Grad der öffentl. Versorgung	75,0	75,0	75,0	75,0	47,1	53,3	41,7	55,6	62,5	53,9	
Krankbetten	440	200	0	640	252	143	200	207	76	878	1.518
Großvieheinheiten	10.730	6.240	5.110	22.080	47.800	12.700	7.200	43.600	21.400	132.700	154.781
A: 75 l/E.d, (m³/d)	3.038	1.575	1.013	5.626	1.766	919	688	2.377	2.859	8.609	14.235
B: 150 l/B.d,(m³/d)	66	30	0	96	38	21	30	31	11	131	227
C: GVE, (m³/d)	322	187	153	662	901	273	120	970	535	1.989	2.651
D:Zuschlag auf A 25 %, (m³/d)	760	396	253	1.409	442	230	172	594	715	2.153	3.562
Summe A+B+C+D, (m³/d)	4.186	2.188	1.419	7.793	3.147	1.443	1.010	3.972	4.120	13.692	21.485
Summe A+B+C+D, (l/s)	48,4	25,3	16,4	90,2	36,4	16,7	11,7	46,0	47,7	158,5	248,7
Aktuelle Förderungen der öffentl. Versorgung aus Tiefengrundwasserhorizonten (l/s)	76,5	8,9	30,4	115,8	39,6	26,8	7,7	18,2	11,5	103,8	219,6

Tabelle 57: Ermittlung des Notwasserbedarfes

Die aktuelle Förderung der Brunnen der öffentlichen Versorgung ist in der Steiermark überraschenderweise geringer als der errechnete Notwasserbedarf. Dies dürfte einerseits in den vermutlich geringeren pro Kopf-Verbräuchen, in dem Umstand, dass in ländlichen Bereichen, wo Vieh gehalten wird, ein deutlich geringerer Grad der öffentlichen Versorgung gegeben ist und andererseits in fehlenden Fördermengen begründet sein. Auch werden besonders in den randgebirgsnahen Bezirken wie Hartberg und Weiz oberflächennahe Brunnen und Quellen zur Versorgung genutzt.

Zur Versorgung von Gebieten mit ausgefallenen Wasserspendern können auch die Abfüllkapazitäten der im Untersuchungsgebiet ansässigen Getränkeabfüller – sofern dies in Notstandssituationen rechtlich abgedeckt ist – herangezogen werden (siehe Tabelle 58).

Nr.	Unternehmen	Standort	Abfüllkapazität m ³ /d
1	Güssinger Mineralwasser GmbH	Güssinger Str. 1 7542 Sulz	480
2	Kurbad Bad Tatzmannsdorf AG	7431 Jormannsdorf	180
3	Schlacher GesmbH & CO KG	7411 Markt Allhau Nr. 325	84
4	Sternmarken VertriebsgesmbH	8382 Krobotek Nr. 58 (bei Weichselbaum)	15
5	Windisch Limonadenerzeugung	7540 Moschendorf Nr. 101	3,3
	Summe Burgenland		762,3
6	Kochauf KEG	8200 Gleisdorf Wetzawinkel 18	40
7	Eberl&Co KG	8211 Großpessendorf Kalch 30	
8	Hödlhof Fruchtdestillerie und Spirituosen GmbH	8223 Stubenberg Nr. 21	32
9	Gratzer Alois	8224 Kaindorf Obertiefenbach 26	
10	Werner Retter GmbH	8225 Pöllau Pöllauberg 235	
11	Haider GesmbH&Co KG	8250 Voralpe Nr. 84	60
12	Fürstenbräu Brauerei GmbH Nfg OEG	8280 Fürstenfeld Hauptstraße 31	
	Summe Steiermark		132
	Summe Untersuchungsgebiet		894,3

Tabelle 58: Liste der Getränkeabfüller im Untersuchungsgebiet mit Angabe der Abfüllkapazität

12.11.3 Eignungskriterien von Gewinnungsanlagen als Notversorgungsbrunnen

Entsprechend den Vorgaben der ÖVGW-Richtlinie W 74 erfolgt die Auswahl von Notversorgungsbrunnen nach folgenden Kriterien:

- a) Bohrbrunnen, welche grundsätzlich aus tieferen Grundwasserhorizonten fördern und eine oder mehrere ausreichende Deckschichten über dem obersten Förderhorizont ausweisen. Als Mindesttiefe der obersten Filterrohroberkante (nachstehend als FOK abgekürzt) unter Gelände wurden 50 m festgelegt. Bei diesen Teufenverhältnissen gewährleisten die hydrogeologischen Verhältnisse im Regelfall eine ausreichende Abdeckung gegen die Geländeoberkante, was auch mit höheren Verweilzeiten des Grundwassers und hohem Wasseralter verbunden ist. Dementsprechend sind bei diesen Brunnenanlagen atmosphärische Einflüsse weitestgehend auszuschließen bzw. können diese nur extrem verzögert auftreten.

- b) Im Zusammenhang mit der FOK von zumindest 50 m unter Gelände sollten nur jene Brunnen herangezogen werden, welche nachweislich keinen Tritiumgehalt aufweisen. Diese nehmen jedenfalls nur sehr verzögert am hydrologischen Kreislauf teil.
- c) Bohrbrunnen, welche eine konsensmäßig gedeckte, durchschnittliche Fördermenge von zumindest 2 l/s aufweisen.
- d) Bohrbrunnen, welche kommunal bzw. durch Wasserverbände genutzt werden und derzeit an das regionale Versorgungsnetz angeschlossen sind. Derartige Brunnen unterliegen auch gemäß den Bewilligungsaufgaben einer regelmäßigen hydrochemischen Kontrolle, sodass im Bedarfsfall die Daten der aktuellen Wasserqualität vorliegen. Darüber hinaus ist bei diesen Brunnen üblicherweise die Leistungscharakteristik bekannt, sodass im Bedarfsfall die Förderung über bisherige Durchschnittsentnahmen bzw. die „durchschnittliche Konsensmenge“ temporär gesteigert werden kann.

12.11.4 Darstellung geeigneter Wassergewinnungsanlagen für die Trinkwassernotversorgung

Unter Anwendung der beschriebenen Kriterien wurden aus der PRODATA folgende Brunnen als mögliche Notversorgungsbrunnen ausgewählt, wobei auch die räumliche Brunnenverteilung im Hinblick auf vertretbare Transportweiten berücksichtigt wurde:

ID (PRODATA)	Betreiber	Brunnenbezeichnung	Standort Gemeinde	Fördermenge (l/s)	Konsensmenge (l/s)	
					Durchschnitt.	Spitzenk. falls angegeben
Bezirk Oberwart (109)						
2043	WWB Südl. Bgld. 1	WWB Südl. Bgld. 1 – Gf. Neu	Pinkafeld	5*	keine Angabe	keine Angabe
1019	Gemeinde Grafenschachen	Kotwiese alt	Grafenschachen	5	2,5 nur Notvers./ Spitzenab- deckung	3,75 nur Notvers./ Spitzen- abdeckung
9512	WWB Südl. Bgld. 1	WWB Südl. Bgld. 1 – Rd. Neu	Riedlingsdorf	2,5	2,5 nur Notvers./ Spitzenab- deckung	3,75 nur Notvers./ Spitzenab- deckung
2045	WWB Südl. Bgld. 1	WWB Südl. Bgld. 1 – Röm. 2	Pinkafeld	noch nicht in Betrieb		
2051	WWB Südl. Bgld. 1	WWB Südl. Bgld. 1 – Röm. 3	Pinkafeld	noch nicht in Betrieb		
1855	Gemeinde Kohfidisch	Gem. Kohf. Br.5	Kohfidisch	1,2		3,0
1101	WWB Stögers-bachtal	WW Stögersbach Br.2	Markt Allhau	4,0		8,0
1345	WW Oberdorf-Dorf	AT-ODO-CFB032	Oberdorf im Burgenland	2,0	Ergiebigkeit: 2,0	
2049	WWB Bad Tatzmannsd.- Oberschützen-Mariasdorf	WW-MTO-Br. Nord	Oberschützen	2,0	2,0	2,0
1097	WWB Südl. Bgld. 1	WWB Südl. Bgld. 1 – Br. 11	Rotenturm an der Pinka	1,2	2,0	
1096	WWB Südl. Bgld. 1	BO-UWA-006	Unterwart	13,5		
2036	WWB Südl. Bgld. 1	WWB Südl. Bgld. 1 – Br. 4a	Unterwart	3,0	3,0	4,0
Summe Bezirk Oberwart				37,8	25,0	
Bezirk Güssing (104)						
1451	WG Rudersdorf	AT-RUD-001	Rudersdorf	2,5	keine Angabe	
1452	WG Rudersdorf	BT-RUD-023	Rudersdorf	2,0	keine Angabe	
1583	WWB Thermenland	WW Thermld.-Bocksdorf	Bocksdorf	2,3		6,0
1575	WG St. Michael	AT-SMI-003	St. Michael im Burgenland	5*		5,0*
1933	Gemeinde Minihof-Liebau	AT-MIN-001	Minihof-Liebau	2,2	keine Angabe	
Summe Bezirk Güssing				14,0	11,0	
Bezirk Jennersdorf (105)						
1947	WWB Unteres Lafnitztal	WW Unt. Laf.-7	Heiligenkreuz im Lafnitztal	6,0	7,8	3,0
1964	WWB Unteres Lafnitztal	WW Unt. Laf.-9	Heiligenkreuz im Lafnitztal	7,0	5,5	6,0
1965	WWB Unteres Raabtal	WW Unt.Raabt. Jennersd. 4	Jennersdorf	6,5		
2002	WWB Unteres Lafnitztal	WW Unt. Laf.-17	Mogersdorf	7,0	7,0	7,0
2006	WWB Unteres Lafnitztal	WW Unt. Laf.-21	Mogersdorf	3,7	7,0	7,0
1569	WG Königsdorf	BT-KÖN-019	Königsdorf	8,0	3,0	
Summe Bezirk Jennersdorf				38,2	30,3	
Gesamtsumme Burgenland				90,0	66,3	

Tabelle 59: Ausgewählte Notwasserbrunnen im burgenländischen NANUTIWA-Gebiet

*) Fördermengen sind ohne weitere Angaben und Erklärungen im Wasserbuch als "Nennförderleistung" ausgewiesen

**) Konsense sind Teil eines übergeordneten Gesamtkonsenses

Sämtliche andere Brunnenspezifikationen, wie Katastralgemeinde, Grst. Nr. Brunnentiefe, Oberkante Verrohrung (zumindest 50 m unter Gelände), Filterstrecke, Messpunkthöhe, Lagekoordinaten, Chemie, Wasseralter etc. sind aus der PRODATA ersichtlich.

ID (PRODATA)	Betreiber	Brunnen-bezeichnung	Standort Gemeinde	Förder- menge (l/s)	Konsensmenge (l/s)	
					Durch- schnitt.	Spitzenk. falls angegeben
6040719	Gemeinde Edelsbach	WWA Gemeinde Edelsbach	Edelsbach	0,7		
6040903	Gemeinde Eichkögl	WWA Gemeinde Eichkögl	Eichkögl	1,4	2,3	
6041005	Gemeinde Fehring	WWA Gemeinde Fehring, Badbrunnen	Fehring	3	3	
6041014	Gemeinde Fehring	WWA Gemeinde Fehring, Kasernenbr.	Fehring	4,4	5,5	
6041016	Gemeinde Fehring	WWA Gemeinde Fehring, Industriebr.	Fehring	0,6	5,5	
6041131	Gemeinde Feldbach	WWA Gemeinde Feldbach, Br. Gniebing	Feldbach	10,4	15	
6041179	Gemeinde Feldbach	WWA Gemeinde Feldbach, Br. Mühdorf	Mühdorf	12	20	
6042311	ÖBB	Br. Pumpenhaus	Johnsdorf-Brunn		9,9	
6043502	Gemeinde Feldbach	WWA Gemeinde Feldbach, Br. Zehethofer	Mühdorf	1,1	20	
Summe Bezirk Feldbach				>33,6	81,2	
Bezirk Fürstenfeld (605)						
6050304	Gemeinde Burgau	WWA Burgau Brunnen 3	Burgau	0,2	2,8	
6050406	Gemeinde Fürstenfeld	WWA Fürstenfeld, Brunnen 8	Fürstenfeld	1,4	5	
6050407	Gemeinde Fürstenfeld	WWA Fürstenfeld, Brunnen 9	Fürstenfeld	2,2	7	
6050409	Gemeinde Fürstenfeld	WWA Fürstenfeld, Brunnen 10	Fürstenfeld	5,5	15	
6050410	Gemeinde Fürstenfeld	WWA Fürstenfeld, Brunnen 11	Fürstenfeld	3,8	6	
6050411	Gemeinde Fürstenfeld	WWA Fürstenfeld, Brunnen 112	Fürstenfeld	3,5	6	
6050639	Gemeinde Großwilfersdorf	WWA Großwilfersdorf, Br Hainfeld	Großwilfersdorf		3	
6050921	Gem. Loipersdorf	WWA Loipersdorf 1	Loipersdorf			
6050922	Gem. Loipersdorf	WWA Loipersdorf 2	Loipersdorf			
6050965	Thermalquellen GmbH	WWA Therme 1	Loipersdorf			
6050966	Thermalquellen GmbH	WWA Therme 2	Loipersdorf			
6050967	Thermalquellen GmbH	WWA Therme 3	Loipersdorf	5,4	2	
6051001	Gem. Nestelbach	WWA Nestelbach	Nistelbach			
6051430	Gem. Übersbach	WWA Übersbach, Brunnen 1	Übersbach	1,4	3	
Summe Bezirk Fürstenfeld				>23,4	49,8	
Bezirk Hartberg (607)						
6070503	Gem. Ebersdorf	WWA Ebersdorf, Br. II	Ebersdorf		2,8	
6070805	Fa. Lactoprot		Greinbach	4,6	4	
6071014	ERNST Alois		Hartberg		8	
6071015	Fa. Lactoprot		Hartberg	0,1	8	
6071018	Österr. Bundesforste		Hartberg			
6071501	WW Feistritztal	Br. Kaindorf West	Kaindorf	0,9	4,5**	
6071502	WW Feistritztal	Br. Kopfung II	Kaindorf	1,8	4,5**	
6071801	WW Safental	Br. Limbach	Limbach		5,0**	
6074807	WW Safental	Br. Leitersdorf 2	Waltersdorf	2,6	3,2**	
Summe Bezirk Hartberg				>10,0	35,5	
Bezirk Weiz (617)						
6171303	Gem. Gleisdorf	Mühlhausenbrunnen	Gleisdorf	1,2	4	
6171602	Gem. Hartmannsdorf	WWA Hartmannsdorf, Br. 1	Hartmannsdorf	0,3	2,0**	
6171605	Gem. Hartmannsdorf	WWA Hartmannsdorf, Br. 5	Hartmannsdorf	1,3	4,0**	
6171802	Gem. Hirnsdorf	WWA Hirnsdorf, Br. 3	Hirnsdorf	2,3		
6171902	Gem. Hofstätten	WWA Hofstätten, Br. 3	Hofstätten	2,6	3,0**	
6171903	Gem. Hofstätten	WWA Hofstätten, Br. 4	Hofstätten		3,0**	
6172502	Gem. Ungerndorf	WWA Ungerndorf, Br. 2	Labuch		4	
Summe Bezirk Weiz				>7,7	17	
Summe Steiermark				>74,7	183,5	

Tabelle 60: Ausgewählte Notwasserbrunnen im steirischen NANUTIWA-Gebiet

Abweichungen von den vorgenannten Auswahlkriterien:

Zusätzlich wurden aus geographischen Gründen (Verteilung der Brunnen für die Notwasserversorgung) die Brunnen mit der WG Rudersdorf (ID 1451 und 1452) im Gebiet Rudersdorf und der Brunnen mit der ID 1933 (Minihof-Liebau) zur Auswahl hinzugefügt.

Der Brunnen mit der ID 1933 (AT-MIN-001) unterschreitet mit FOK = -48 m ab GOK nur geringfügig die als Auswahlkriterium festgesetzten 50m und erfüllt jedoch die anderen Voraussetzungen (Schüttung bzw. Ergiebigkeit >2 l/s, öffentlicher Betreiber).

Die Brunnen 1451 und 1452 weisen eine FOK von ca. 30 m unter GOK aus. Ihre Einbeziehung in die Notwasserversorgung wäre aus Gründen der regionalen Verteilung sinnvoll.

Die bezirksspezifischen Fördermengen der ausgewählten Notwasserversorgungsbrunnen decken den Bedarf bezüglich Modellfall 1 in folgenden Prozentsätzen ab:

Bezirk	Entnahmen aus den ausgewählte Notversorgungsbrunnen (l/s)		Notwasserbedarf Modellfall 1			
			in m ³ /d	in l/s	Versorgungsgrad (%)	
	Entnahme (fehlende Angaben geschätzt)	Konsens (fehlende Angaben geschätzt)			Basis Entnahme	Basis Konsens
Oberwart	37,8	46,3	4.186	48,8	77	95
Güssing	14,0	17,7	2.188	25,2	56	70
Jennersdorf	38,2	36,8	1.419	16,4	233	224
Burgenland	90,0	100,8	7.793	90,2	100	112
Feldbach	34,6	83,2	3.147	36,4	95	229
Fürstenfeld	29,7	57,8	1.443	16,7	178	346
Graz Umgebung	0	0	1.010	11,7	0	0
Hartberg	15,5	37,5	3.972	46,0	34	82
Weiz	10,7	19,0	4.120	47,7	22	40
Steiermark	90,5	197,5	13.692	158,5	57	125
Untersuchungsgebiet	180,5	298,3	21.485	248,7	73	120

Tabelle 61: Förderraten der potenziellen Notwasserbrunnen und Notwasserbedarf

Unter Beibehaltung der aktuellen Fördermengen der ausgewählten Notwasserversorgungsbrunnen liegt für das Untersuchungsgebiet eine Unterdeckung von 25% vor. Bei Steigerung der Entnahmen auf den zulässigen Konsens wird eine Überdeckung von 25% erreicht. In diesem Fall könnten 49,6 l/s

an Dritte abgeben werden. Die Trinkwassernotversorgung ist im NANUTIWA-Gebiet jedenfalls sichergestellt und mit der vorhandenen Leitungsnetzstruktur an die Endnutzer verteilbar.

Abbildung 387 stellt die Lage der vorgeschlagenen Notwasserversorgungsbrunnen im NANUTIWA-Gebiet und die Einbindung- bzw. Einbindungsmöglichkeit in das bestehende Versorgungsnetzwerk dar.

12.11.5 Umsetzung von Trinkwassernotversorgungsplänen

Die Umsetzung der Planung der Trinkwassernotversorgung erfolgt im Rahmen der Vorkehrungen der einzelnen Wasserversorger und der Zivilschutzplanung. Die angeführten Anlagen dienen als Grundlage für die Erstellung der Pläne.

Das Grundsatzkonzept sieht vor, dass bei geeigneten Brunnen die Fördermengen bis an die Konsensmengen erhöht werden und die Verteilung vorrangig über ein Verbundsystem erfolgt. Ersatzweise kann auch die Verteilung über Gebinde oder lokal mittels Tankwagen erfolgen. Im Zuge der siedlungswasserwirtschaftlichen Planung ist die brunnenhydraulische Eignung der Notversorgungsbrunnen auf ihre tatsächliche Möglichkeit der Entnahmesteigerung und die Leitungssysteme auf ihre Transportkapazität und Verbindung zu prüfen.

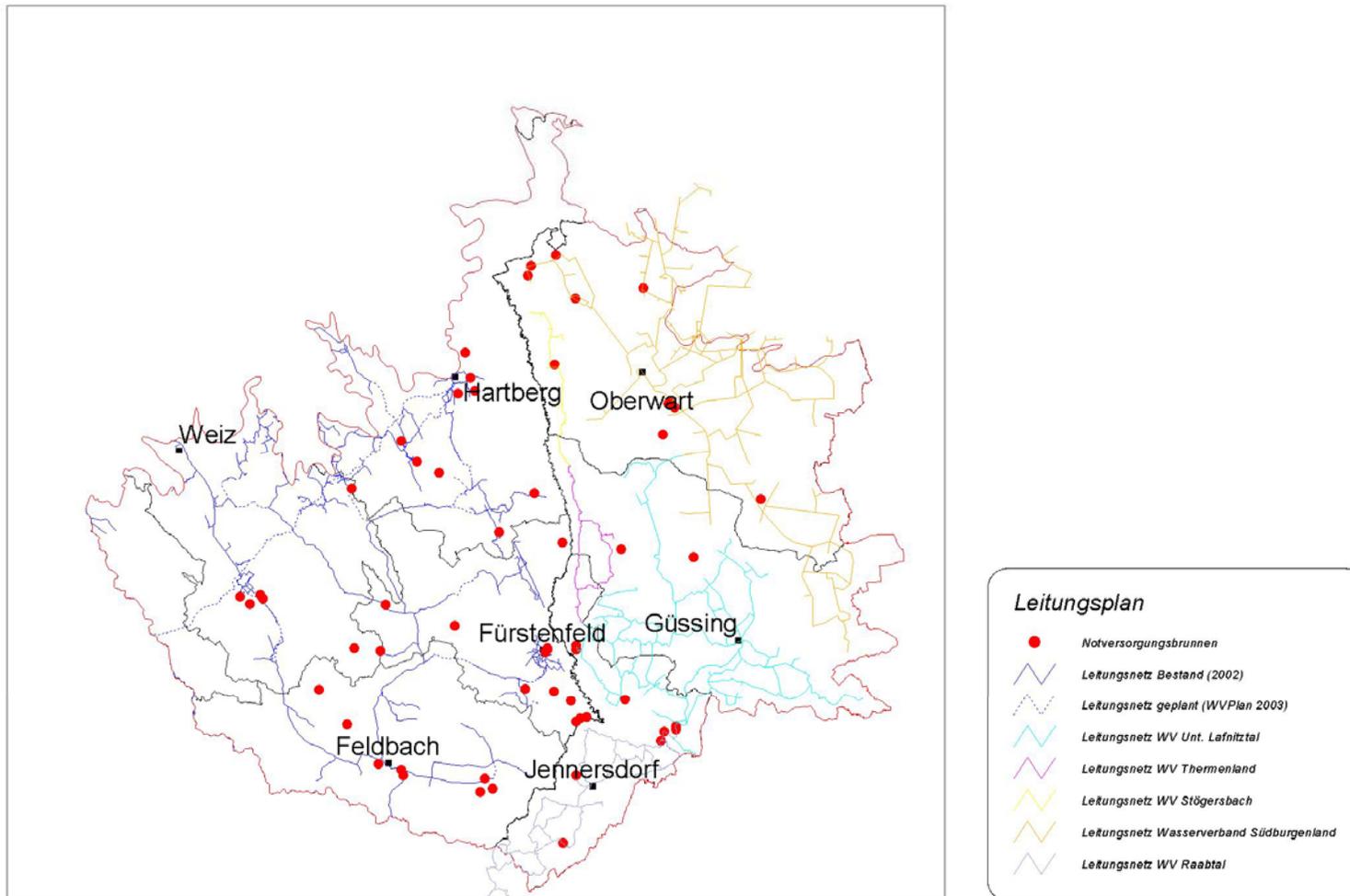


Abbildung 387: Notversorgungsbrunnen und Leitungsnetz im Untersuchungsgebiet

13 EU-Wasserrahmenrichtlinie im Projekt „NANUTIWA“

13.1 Allgemeines

Mit der Wasserrechtsnovelle 2003, die mit 22.12.03 in Kraft getreten ist, wurde die EU-Wasserrahmenrichtlinie (im Folgenden EU-WRRL abgekürzt) im österreichischen Wasserrechtsgesetz verankert. Mit der EU-WRRL will die Europäische Union eine EU-weite vergleichbare Behandlung der unterschiedlichsten aquatischen Systeme mit den unterschiedlichsten Einzugsgebietscharakteristiken und rechtlichen Regelungen ermöglichen.

Auf Basis dieser Zielsetzung wurden in der EU-WRRL Ziele für deren Umsetzung definiert. Diese Ziele können wie folgt umrissen werden:

- **Vermeidung einer Verschlechterung sowie Schutz und die Verbesserung des Zustandes** der aquatischen Ökosysteme und der direkt von ihnen abhängigen Landökosysteme und Feuchtgebiete im Hinblick auf deren Wasserhaushalt
- **Sicherung eines guten Zustandes** der Oberflächengewässer und des Grundwassers
- **Förderung einer nachhaltigen Wassernutzung** auf Grundlage eines langfristigen Schutzes der vorhandenen Wasserressourcen
- **Ausreichende Versorgung** mit Oberflächen- und Grundwasser guter Qualität
- **Minderung der Auswirkungen von Überschwemmungen und Dürren**
- **Verringerung der Einleitung gefährlicher Stoffe**

Innerhalb dieses Kapitels wird auf einige dieser Aspekte eingegangen und deren Relevanz für die Tiefengrundwässer im NANUTIWA-Gebiet erarbeitet.

13.2 Definition und erstmalige Beschreibung der Grundwasserkörper

Im einem ersten Schritt der Umsetzung der EU-WRRL erfolgt eine Bestandsanalyse der vorhandenen Grundwasserkörper. Im Rahmen des Projektes NANUTIWA erfolgt diese Beschreibung in hohem Detailgrad, wodurch diese Forderung mit Sicherheit erfüllt sein wird.

Diese Bestandsanalyse beschreibt die geologischen, hydrogeologischen und hydraulischen Rahmenbedingungen und die Nutzungssituation der Grundwasserkörper des gesamten aquatischen Systems. Weiters ist innerhalb dieser Bestandanalyse eine Risikobeurteilung für den gesamten Tiefengrundwasserkörper durchzuführen.

Die Bestandsanalyse der aquatischen Systeme erfolgt mehrstufig. In einer erstmaligen Beschreibung erfolgt die räumliche Darstellung und die Erfassung der Nutzungssituation des Grundwasserleiters. Für das NANUTIWA-Gebiet wurde zwischen seichten und tiefen Grundwasserkörpern unterschieden.

Auf Basis dieser Bestandsaufnahme wurde für das NANUTIWA-Gebiet ein einziger, nicht weiter untergliederter Tiefengrundwasserkörper definiert, der das gesamte Projektgebiet von NANUTIWA im Bereich der tertiären Sedimente des Steirischen und Pannonischen Beckens umfasst (siehe Abbildung 388).

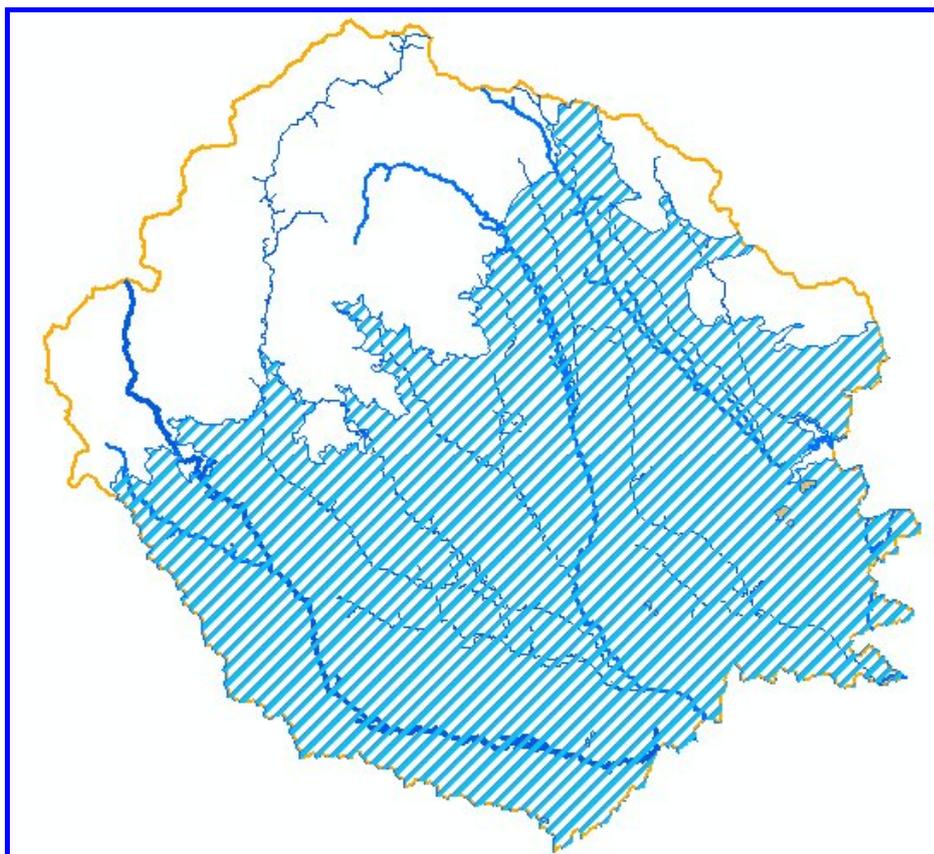


Abbildung 388: Tiefengrundwasserkörper im NANUTIWA-Gebiet gemäß EU-WRRL

Die oberflächennahen Grundwasserkörper im NANUTIWA-Gebiet wurden im wesentlichen in die flussbegleitenden Talgrundwasserkörper der Hauptflüsse sowie in zwei Zonen, die diese Talgrundwasserkörper umrahmen, gegliedert. Weiters wurden einige Grundwasserkörper im Randgebirge definiert (siehe Abbildung 389).

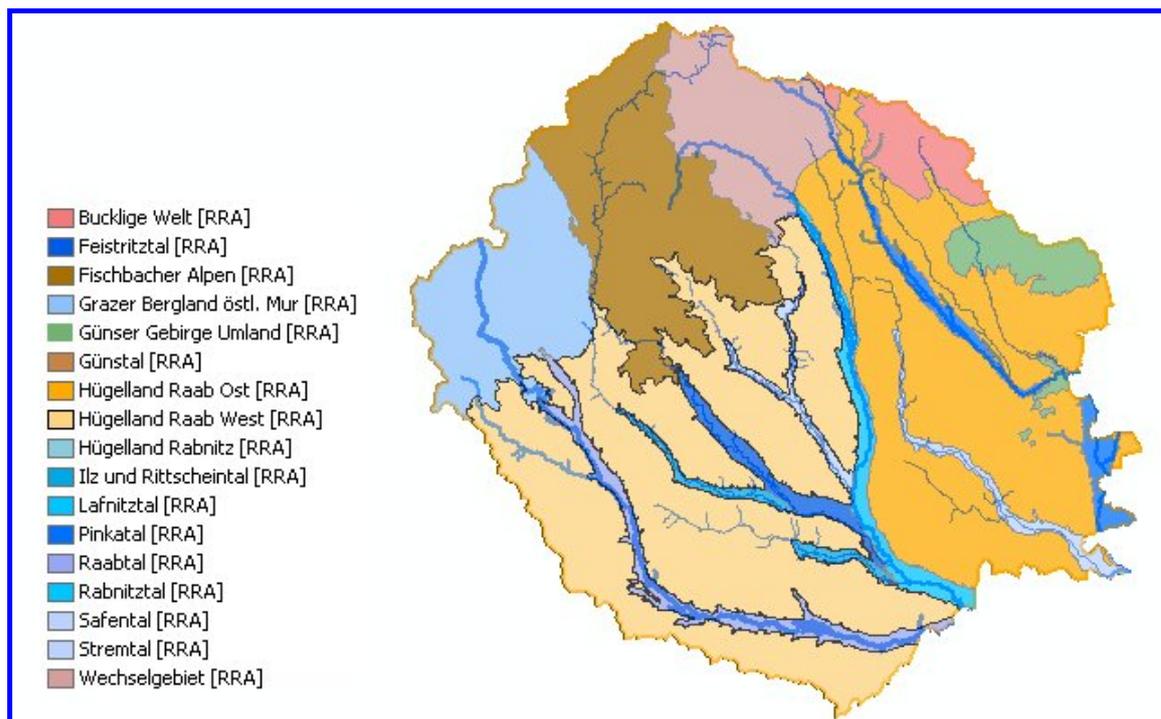


Abbildung 389: Oberflächengrundwasserkörper im NANUTIWA-Gebiet gemäß EU-WRRL

Unter Einbeziehung aller Ergebnisse des Projektes NANUTIWA scheint diese Gliederung durchaus zielführend und berücksichtigt die Vielzahl fachlicher Aspekte in einem entsprechenden Maß.

Oberflächennahe Grundwasserkörper:

Im NANUTIWA-Gebiet besteht eine Vielzahl von oberflächennahen Grundwasserkörpern. Der Großteil dieser Grundwasserkörper besitzt untergeordnete Ergiebigkeiten und unterliegt aufgrund der qualitativen Parameter gewissen Einschränkungen hinsichtlich der Nutzung zur Trinkwasserversorgung. Die wichtigsten Grundwasserkörper sind als Begleitgrundwässer der Hauptflüsse anzusehen. Zahlreiche gering bedeutende Grundwasserkörper im Bereich der Seitenzubringer der Hauptflüsse weisen nur geringste Ergiebigkeiten auf. Eine Gliederung dieser kleinsten Grundwasserkörper scheint daher nicht sinnvoll, sodass deren Zusammenfassung in die beiden Rahmgebiete (Hügelland Raab Ost und Hügelland Raab West) einen guten Kompromiss darstellt. Die Bedeutung der oberflächennahen Grundwasserkörper ist in Kapitel 10.1.2 detailliert beschrieben.

Tiefengrundwasserkörper:

Der Tiefengrundwasserkörper im Bereich des NANUTIWA-Gebietes wurde im Sinne der EU-WRRL nicht untergliedert, wodurch der Grundwasserkörper im NANUTIWA-Gebiet als einheitlicher Tiefengrundwasserkörper verstanden werden kann. Aufgrund der in NANUTIWA erarbeiteten

Zusammenhänge kann davon ausgegangen werden, dass dies weitgehend den hydrogeologischen Rahmenbedingungen entspricht. Eine eindeutige Abgrenzbarkeit einzelner Tiefengrundwasserkörper ist nicht möglich, da es keine hydrogeologischen Fakten dafür gibt.

Diesbezügliche Überlegungen wurden in zahlreichen Kapiteln des vorliegenden Endberichtes getätigt. Neben der geologisch-hydrogeologischen Detailbearbeitung wurde auch in den Kapiteln der Grundwassermodellierung auf diese Fragestellung eingegangen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass keinerlei Informationen für eine erforderliche Untergliederung des Tiefengrundwasserkörpers gemäß EU-WRRL im NANUTIWA-Gebiet vorliegen. Einzelne geologisch-strukturelle Elemente untergliedern die Tiefengrundwasserkörper zwar in kleinere Einheiten, eine generelle strenge Abgrenzung ist jedoch nicht möglich.

13.3 Nachhaltige Bewirtschaftung - Hydraulischer Gleichgewichtszustand

Die Beschreibung der Nutzungssituation soll klären, ob im betrachteten Aquifersystem ein Gleichgewichtszustand zwischen der Grundwasserentnahme und der Grundwasserneubildung besteht oder eine Über- oder Unternutzung besteht. Die Beschreibung dieses Gleichgewichtszustandes beinhaltet einerseits die Analyse und Dokumentation der Entnahmemengen und andererseits die gesamte Problematik der Beschreibung und Quantifizierung der Grundwasserneubildung für das Tiefengrundwasser im NANUTIWA-Gebiet.

Die Basis für die Analyse und Beschreibung des nachhaltig nutzbaren Grundwasserangebotes ist im Wesentlichen die Auswertung der langfristigen Druckentwicklung der Aquifere (Wasserstand, Ruhedruck), wobei die zeitliche Entwicklung der Entnahmemengen in die Überlegungen einzubeziehen ist.

Die Definition von Grundwasserständen bzw. Potenzialen, die einen Gleichgewichtszustand repräsentieren, gestaltet sich schwierig, da die Potenzialverteilung im NANUTIWA-Gebiet nicht einheitlich ist und die Absenkung des Grundwasserspiegels in einzelnen Brunnen speziell in gespannten Aquiferen von weit wirkenden hydraulischen Zusammenhängen überprägt ist.

In Bereichen, in denen langfristige Zeitreihen von Förderdaten (Druck und Entnahmemenge) vorliegen, ist die Trendanalyse des Potenziales ein gutes Werkzeug für die Beschreibung der Nachhaltigkeit der Nutzung des Tiefengrundwassersystems. Das Beschaffen und Dokumentieren entsprechender Datenreihen ist daher der wesentliche Bestandteil des quantitativen Monitorings.

Eine Abweichung vom langjährigen Mittel des Potenzials wäre ein weiterer quantifizierbarer Indikator, welcher jedoch ebenfalls auf das Vorliegen langfristiger Zeitreihen angewiesen ist.

Im Bereich des Projektgebietes von NANUTIWA stellt sich die diesbezügliche Datenlage sehr inhomogen dar. Während im Burgenland ein gut ausgebautes, einheitliches Monitoringnetz von Brunnen der Wasserversorgungsverbände existiert, liegt in der Steiermark ein uneinheitlich ausgerüstetes Monitoringnetz genutzter Brunnen vor. Weiters sind die mit Datensammler ausgestatteten Versuchsbohrungen des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung zu erwähnen. Diese sind von spezieller Bedeutung, da sie keinem Fördergeschehen unterliegen und daher Ruhewasserspiegellagen repräsentieren.

Im Projekt NANUTIWA müssen die entsprechenden Auswertungsergebnisse vom Burgenland in die Steiermark und umgekehrt entsprechend übertragen werden. Dies ist zulässig, da die Eigenschaften der Aquifere weitgehend vergleichbar sind. In Kapitel 13.5 wurde eine detaillierte Analyse langfristiger Förderdaten durchgeführt.

Im Rahmen des folgenden Kapitels 13.4 wird ein Vorschlag für ein Monitoringnetzwerk, welches sich auf die Vorgaben der EU-WRRL bezieht, erstellt. Ein einheitliches Vorgehen sollte diesbezüglich in jedem Fall angestrebt werden.

13.4 Monitoring

Die Einrichtung und Umsetzung eines Monitoringkonzeptes zur Dokumentation der bestehenden Qualität und Quantität des aquatischen Systems und der Kontrolle der Mechanismen die einer Verbesserung bzw. der Erreichung definierter Qualitätsziele dienen ist Bestandteil der EU-WRRL.

Innerhalb dieses Kapitels wird daher zwischen quantitativem und qualitativem Monitoring unterschieden.

13.4.1 Quantitatives Monitoring

Das quantitative Monitoring befasst sich vorrangig mit der Registrierung, Dokumentation und Analyse der mengen- und druckabhängigen Parameter. Eine möglichst lückenlose und kontinuierliche Aufzeichnung von Entnahmemengen, Lage des Wasserspiegels usw. ist die einzige Möglichkeit der Analyse des langfristigen Förderverhaltens und der Erkennung von Änderungen und der Nachhaltigkeit der Bewirtschaftung des Aquifersystems.

13.4.1.1 Darstellung des bestehenden Monitoring

Im NANUTIWA-Gebiet stellt sich die Situation bezüglich des quantitativen Monitorings sehr heterogen dar.

Die Wasserversorger dokumentieren die Wasserentnahmemengen der einzelnen Brunnen ihres Bereiches generell sehr detailliert, da dies einen direkten praktischen Nutzen im Zusammenhang mit

der Berechnung der Abgabemengen und dem Zustand des Verteilungsnetzes hat. Die Druckentwicklung (Lage des Wasserspiegels) der Brunnen bzw. des Aquifers wird jedoch zum Teil nur unzureichend erfasst und/oder unzureichend ausgewertet. Die Bewertung des Förderverhaltens und der Nachhaltigkeit kann jedoch nur auf Basis beider Förderparameter (Menge, Druck) erfolgen.

Die Basis der Dokumentation der hydraulischen Entwicklung des Aquifersystems im Bereich des NANUTIWA-Gebietes bilden die mit automatischen Messeinrichtungen ausgestatteten Brunnen und Bohrungen (siehe Abbildung 391). Einzelmessungen sind für diesbezügliche Interpretationen von geringer Bedeutung, da die Messintervalle meist sehr weit sind.

Im steirischen Teil des NANUTIWA-Gebietes existieren einige Tiefengrundwasseraufschlüsse, die keiner Nutzung unterliegen und dennoch mit Datensammler ausgestattet sind (siehe Abbildung 391). Dies sind die Versuchsbohrungen des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung. Hinzu kommen die in Betrieb befindlichen Brunnen der Wasserverbände und der Wassergenossenschaften. Diese zeichnen die Entnahmemengen meist kontinuierlich auf. Die Druckentwicklung der Brunnen (Lage des Wasserspiegels, artesischer Druck) wird oft jedoch nur unzureichend gemessen, ausgewertet und dokumentiert. Aufgrund der Wasserversorgungsstruktur sind unterschiedliche Datenerfassungssysteme im Einsatz, die eine Zusammenführung und den Vergleich von Förderdaten erschweren. Oft werden die Förderdaten zwar aufgezeichnet (teilweise auch auf Schreibstreifen) aber ohne Auswertung abgelegt.

Im burgenländischen Teil des NANUTIWA-Gebietes wurde in den letzten Jahren bei allen Wasserverbänden ein einheitliches Brunnen Monitoring System eingerichtet, welches einer kontinuierlichen Registrierung der Druck(Wasserspiegel)werte und der Entnahmemengen dient. In Abbildung 390 ist ein Beispiel der Bildschirmoberfläche dieses Systems ersichtlich.

Das Brunnen Monitoring System Burgenland ist für die Steuerung der Wasserversorgungsanlagen und die Dokumentation kurzfristiger Förderdaten gut geeignet. Weiters ist eine gute Übersichtlichkeit zur Darstellung langfristiger Zeitreihen gegeben. Für spezielle weiterführende Auswertung langfristiger Zeitreihen und Langzeitanalysen ist allerdings eine Konvertierung und Vereinheitlichung der Daten erforderlich.

Zusätzlich zum Monitoring von Tiefengrundwasseraufschlüssen besteht das Messnetz des hydrografischen Dienstes. Dieses Messnetz beinhaltet die meteorologischen Messstationen, die Messpegel in den oberflächennahen Grundwasserkörpern (siehe Abbildung 392) sowie die Abflussmessstellen in den Oberflächengewässern. Ein großer Datenpool dieser Messstellen wurden im Rahmen von NANUTIWA erhoben, vereinheitlicht und für die Interpretationen herangezogen.

Das Messstellennetz des hydrografischen Dienstes ist für die Analyse der Zusammenhänge zwischen den Tiefenaquiferen und den anderen Komponenten des aquatischen Gesamtsystems (Flüsse, Niederschlag, seichtliegendes Grundwasser) von großer Bedeutung.

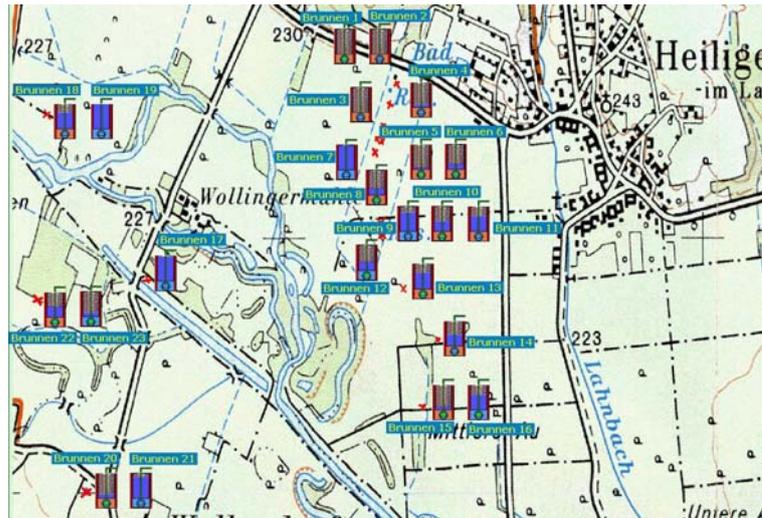


Abbildung 390: Brunnen Monitoring System Burgenland - WV Unteres Lafnitztal

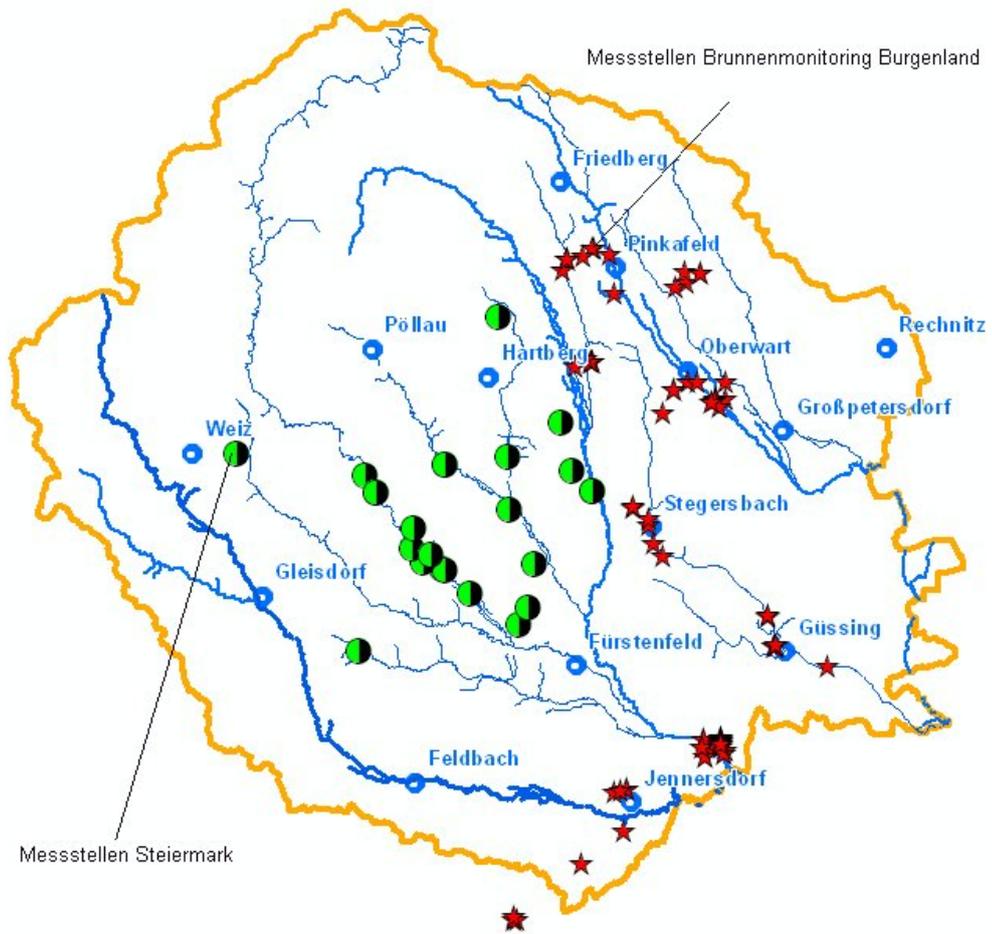


Abbildung 391: Brunnenmonitoring im NANUTIWA-Gebiet

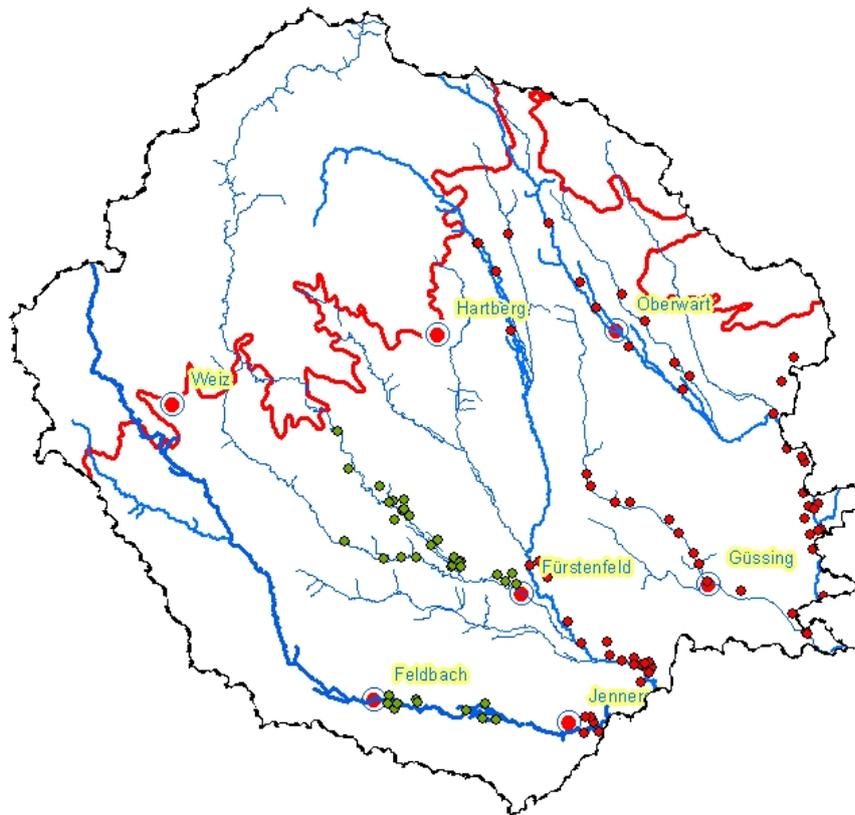


Abbildung 392: Lageplan der seichten GW-Pegel des hydrografischen Dienstes

13.4.1.2 Vorschlag für das quantitative Monitoring

Die Anforderung an ein quantitatives Monitoring ist im Wesentlichen eine kontinuierliche Aufzeichnung der Förderdaten, des Drucks (bzw. Lage des Wasserspiegels) und der Entnahmerate. Im Sinne einer effizienten Weiterverarbeitung und zusammenführende Interpretation sollte dies in digitaler Form (Datensammler etc.) erfolgen.

13.4.1.2.1 Lage von Messstellen der Dauerbeobachtung

Um die Nachhaltigkeit der Nutzung und Veränderungen des aquatischen Systems oder der Einzelbrunnen zu bewerten ist eine entsprechende Datenbasis erforderlich.

Das Brunnen Monitoring System Burgenland und die Datensammler bei den Versuchsbohrungen im steirischen Teil des NANUTIWA-Gebietes bilden eine ausgezeichnete diesbezügliche Grundlage.

Im steirischen Teil des NANUTIWA-Gebietes wäre eine Ergänzung und Vereinheitlichung des Monitorings der Förderdaten erforderlich. Jene Wasserversorger, die derzeit nur Entnahmemengen registrieren, sollten auch eine entsprechende Druckbeobachtung einführen. Weiters wäre eine zusammenführende Gesamtbetrachtung der Förderdaten erforderlich, da eine Einzelbetrachtung der Brunnenanlagen für die Beurteilung der Nachhaltigkeit in größerem Maßstab nicht ausreicht.

Im burgenländischen Teil des NANUTIWA-Gebietes wäre eine Ergänzung des Monitorings mit Tiefengrundwasserpegeln ohne Entnahme wünschenswert um betriebsunabhängige Wasserstandszeitreihen zu erhalten. Es wäre zielführend die Daten des Brunnenmonitoringsystems und des hydrografischen Diensts regelmäßig zusammenzuführen und detailliert auszuwerten.

Grundsätzlich ist anzumerken, dass die Lage und die Verteilung bestehender Versorgungsbrunnen und Beobachtungspiegel im NANUTIWA-Gebiet ausreichen würde, um eine Datenbasis für weiterführende Auswertungen evident zu haben. Einheitliche Datenformate und eine regelmäßige Zusammenführung der Förderdaten ist jedoch anzustreben um flächendeckende Aussagen tätigen zu können.

13.4.1.2.2 Messintervalle, Messparameter

Hinsichtlich der Messintervalle ist festzustellen, dass Einzelmessungen mittels Lichtlot in Tiefengrundwässern kaum nutzbringend sind. Dies ist der Fall, weil die Brunnen aufgrund der bedarfsgerechten Entnahme einem ständigen Aus- und Einschalten der Pumpen unterliegen und daher ständig stark schwankende, instationäre Verhältnisse aufweisen. Eine kontinuierliche Aufzeichnung der Förderrate und der Wasserspiegellage mittels Datensammler oder anderen digitalen Aufzeichnungsgeräten ist daher anzustreben. Regelmäßige Kontrollmessungen mittels Lichtlot sind im Sinne von Datenqualität und Nachvollziehbarkeit der Förderdaten in jedem Fall durchzuführen.

13.4.1.2.3 Auswertemethodik

Die statistischen Auswertungen von Zeitreihen der Förderdaten sind die Basis für weiterführende Betrachtungen. Die Bildung von Mittelwerten (Tages-, Monats-, und Jahresmittelwerte) und Summenparametern (Tages-, Monats-, und Jahressumme) basieren jeweils auf den Daten von digitalen Aufzeichnungssystemen, deren Datenformate heute meist kompatibel sind. Schreibstreifen wären zu digitalisieren.

Alle statistischen Auswertemethoden, die diese Datenbasis (Zeitreihen von Förderrate und Lage des Wasserspiegels) verwenden, sind entweder in verschiedenen Programmen schon realisiert oder lassen sich mit geringem Programmieraufwand umsetzen. Ein Beispiel hierfür bildet die Software ZRTOOLS, welche in jahrelanger Entwicklung am WRM (Joanneum Research) bedarfsgerecht entwickelt und getestet wurde und ständigen Ergänzungen unterliegt (siehe Abbildung 393).

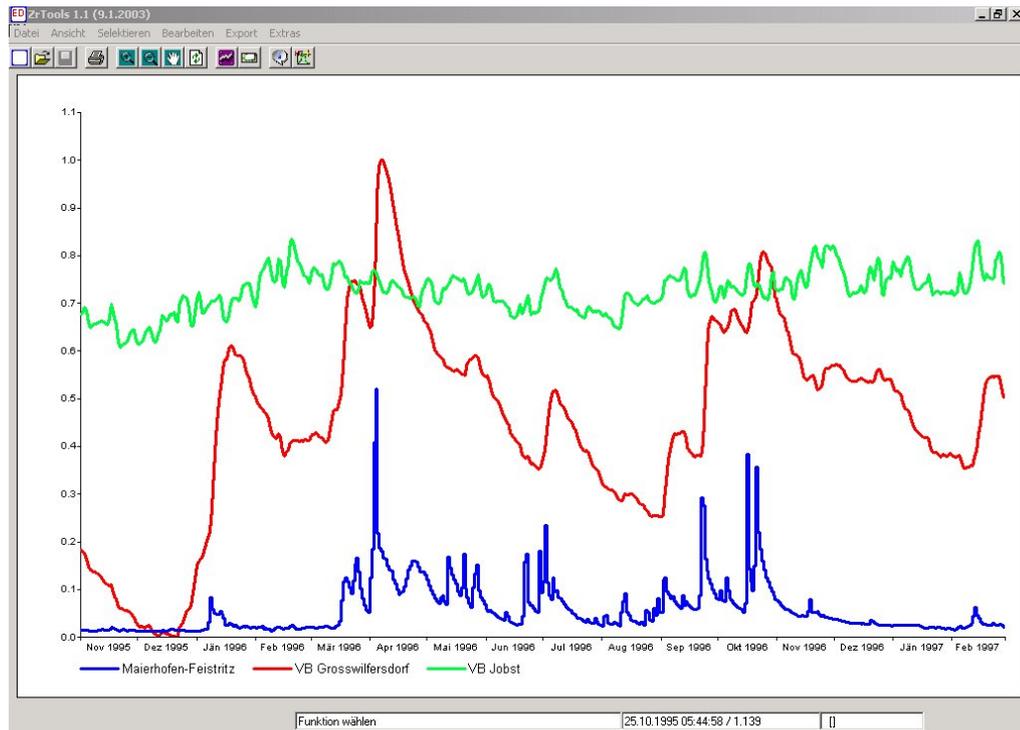


Abbildung 393: Bildschirmaufbau von ZR-TOOLS (Zeitreihenauswertungssoftware des WRM)

13.4.2 Qualitatives Monitoring

Das qualitative Monitoring befasst sich mit der Dokumentation der hydrochemischen und isopenhydrologischen Parameter der Tiefenaquifere und deren zeitlicher Entwicklung. Im Zusammenhang mit dem qualitativen Monitoring von Tiefengrundwässern ist auf die besondere Bedeutung der Isotopengehalte besonders hinzuweisen.

13.4.2.1 Eignungsbewertung bestehender Messstellen

Im Rahmen der Probennahmearbeiten innerhalb des Projektes NANUTIWA zeigte sich, dass nur in Betrieb befindliche Brunnen eine repräsentative und nachvollziehbare Probennahme gewährleisten. Diese Forderung erfüllen i.A. alle Brunnen die einer öffentlichen Wasserversorgung dienen. Bei Brunnen, die keiner regelmäßigen Förderung unterliegen zeigten sich bei der Probenahme z.T. extreme pH-Werte. Die Analysebefunde erbrachten ebenfalls extreme Gehalte z.B. an Kalium. Aufgrund der damit verbundenen Unsicherheiten sollten in Zukunft generell nur Brunnen von öffentlichen Wasserversorgungsanlagen oder gewerblichen Nutzern, bzw. genutzte Hausbrunnen beprobt werden. Weiters ist zu erwähnen, dass im NANUTIWA-Gebiet Brunnen existieren, die aufgrund der technischen Ausstattung keine einwandfreien Probenahmebedingungen bieten. Beispielsweise führt Luftkontakt zu einem Sauerstoffeintrag und zur Oxidation verschiedener Inhaltsstoffe. Ebenso kann gelöstes CO₂ entweichen und zu unkontrollierten Reaktionen und Veränderungen der Wasserprobe führen.

Ideal für die Probennahme sind daher Versorgungsbrunnen der Wasserverbände und Gemeinden, die an der Förderleitung möglichst unmittelbar am Brunnenkopf einen Probenahmehahn angebracht haben.

13.4.2.2 Vorschlag für das qualitative Monitoring

13.4.2.2.1 Lage von Messstellen

Die Lage der Messstellen resultiert bereits grundsätzlich aus Kapitel 13.4.2.1. d.h. es können alle Brunnen der öffentlichen Wasserversorger herangezogen werden. Eine erste Datenbasis könnte anhand der regelmäßig durchgeführten Analyseergebnisse der öffentlichen Wasserversorger aufgebaut werden.

Ein Teil dieser Analyseergebnisse ist bereits in PRODATA eingearbeitet. Eine ergänzende und vollständige Erhebung würde eine Datenbasis schaffen, die die Analyse langfristiger Entwicklungen der hydrochemischen Eigenschaften ermöglichen würde, da die regelmäßigen Trinkwasseranalysen für einen großen Zeitraum vorliegen. Eine Datenbasis der isotopehydrologischen Parameter müsste unabhängig von den regelmäßigen Trinkwasseranalysen erhoben werden, da die Isotopengehalte im Rahmen der Trinkwasseranalysen nicht standardmäßig bestimmt werden, für die Tiefengrundwässer jedoch ein ausgezeichnetes Instrument zur Beurteilung darstellen.

Diese Datenbasis sollte die Grundlage für die Festlegung der Lage von Messstellen für ein koordiniertes, qualitatives Monitoringsystem darstellen. Mit dem Ziel der kombinierten Auswertmöglichkeiten von quantitativen und qualitativen Daten sollten für die Einrichtung eines qualitativen Monitorings Messstellen herangezogen werden, die eine entsprechende Registrierung der Förderdaten aufweisen. Kurz, es sollten Förderbrunnen von öffentlichen Wasserversorgern, die eine Aufzeichnung der Förderdaten aufweisen, herangezogen werden.

13.4.2.2.2 Messintervalle

Da die Tiefengrundwässer aufgrund der geringen Fließgeschwindigkeiten und der daraus resultierenden hohen Verweilzeiten im Untergrund generell sehr stabile hydrochemische und isotopehydrologische Eigenschaften aufweisen, ist in den meisten Fällen ein 3 bis 5-Jahres-Intervall zur Bestimmung der hydrochemischen und isotopehydrologischen Eigenschaften hinreichend. Meist werden diese Intervalle ohnehin durch die regelmäßigen Trinkwasseranalysen (ohne Isotope) abgedeckt.

Zur Erkennung von Änderungen der hydrogeologischen und hydraulischen Rahmenbedingungen (Einfluss oberflächennaher Grundwasserkomponenten, Regenerationsmechanismen, Zusammenhänge mit Flüssen etc.) sollten die isotopehydrologischen Parameter in 5-Jahres-

Intervallen analysiert werden, nachdem bei Inbetriebnahme der Brunnen eine erste diesbezügliche Analyse erfolgte.

Ergänzend zu den vorgeschlagenen und laufenden Analysen sollte die elektrische Leitfähigkeit der Brunnen in regelmäßigen (etwa monatlichen) Intervallen gemessen werden. Änderungen der Zuflussbedingungen in den Brunnen könnten damit frühzeitig erkannt werden. Eventuell erforderliche Maßnahmen könnten damit frühzeitig eingeleitet werden. Da die elektrische Leitfähigkeit ein aussagekräftiger und leicht zu messender Parameter ist, können die Wasserversorger diese Messung jederzeit selbst durchführen. Jedoch ist auch in diesem Zusammenhang auf die erforderliche Datenqualität und entsprechende Wartung der Messgeräte zu achten. Wie Kapitel 11.5.1.13 gezeigt hat, schwankt die elektrische Leitfähigkeit von Tiefengrundwässern auch kurzfristig, was den Einsatz kombinierter Datensammler sinnvoll erscheinen lässt.

Da aus verschiedenen Gründen auch kurzfristige Schwankungen der hydrochemischen Zusammensetzung auftreten können, sollten an einigen ausgewählten Brunnen Datensammler zur Registrierung der elektrischen Leitfähigkeit und der Wassertemperatur eingerichtet werden.

Im Rahmen des Projektes NANUTIWA erfolgte dies beim Brunnen B7 des Wasserverbandes Südliches Burgenland 1 bereits. Erste Ergebnisse sind in Abbildung 394 dargestellt.

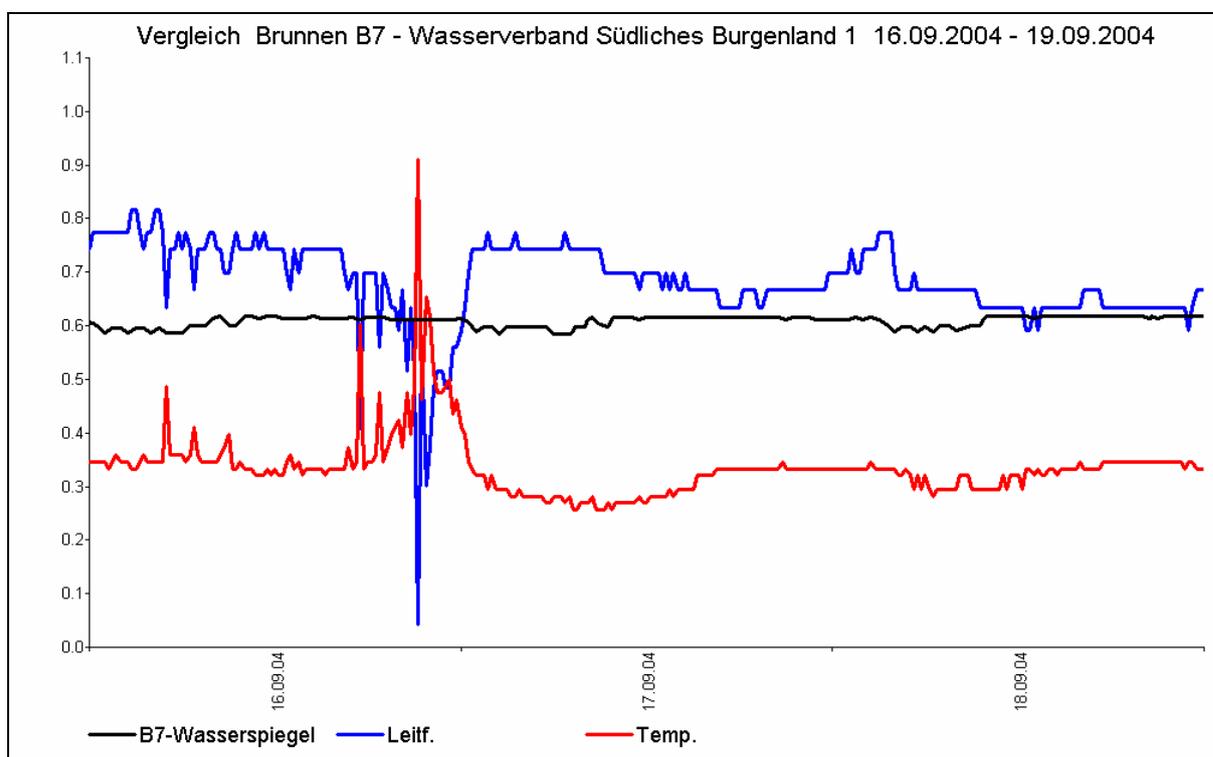


Abbildung 394: Temperatur, Leitfähigkeit und Lage des Wasserspiegels beim Brunnen B7

Der Einbau des LF-T-Datensammlers beim Brunnen B7 erfolgte aufgrund deutlicher Schwankungen der elektrischen Leitfähigkeit bei den einzelnen Probenahmen vor und im Rahmen des Projektes NANUTIWA. Im ersten Monat des Datensammler-Betriebes zeigten sich signifikante Schwankungen der elektrischen Leitfähigkeit und eine gegengleiche Schwankung der Temperatur. Der ursprünglich angenommene Grund dieser Schwankungen, nämlich Entnahmeschwankungen des Brunnens, war nicht zutreffend. Dies zeigen die aus dem Brunnen Monitoring System Burgenland übernommenen und im Programm ZRTools zusammengeführten Förderdaten. Der Brunnen stand demnach unter gleich bleibenden Förderbedingungen. Der Grund für diese Schwankungen ist derzeit noch nicht weiter interpretierbar. Anhand dieses Beispiels zeigt sich aber, dass der Einsatz von LF-Datensammlern an ausgewählten Brunnen zu interessanten Ergebnissen führen wird und eine Zusammenschau des qualitativen und quantitativen Monitorings erforderlich ist.

13.4.2.2.3 Messparameter

Die qualitativen Messparameter für ein Monitoring im Bereich der Tiefengrundwässer sollten hydrochemische und isopenhydrologische Parameter enthalten.

Die hydrochemischen Standardparameter (Hauptionen und Feldparameter) werden im Rahmen der Trinkwasseranalysen abgedeckt. Wie die Kapitel 11.5.1.7 und 11.5.1.8 zeigen, sind Analysen über den Parameterumfang von Trinkwasseranalysen hinaus nur im Rahmen von Spezialfragestellungen erforderlich. Eine standardisierte Zusammenführung der bei den kommunalen Wasserversorgern vorliegenden Trinkwasseranalysen könnte daher ausreichend sein um ein flächendeckendes Monitoring der Wasserqualität zu gewährleisten.

Die isopenhydrologischen Parameter sind in den Trinkwasseranalysen meist nicht beinhaltet. Im Sinne eines gut definierten qualitativen Monitorings von Tiefengrundwässern sind daher entsprechende Zusatzanalysen durchzuführen.

Ein diesbezüglicher Vorschlag ist in Tabelle 62 zusammengefasst.

	Isopenhydrologische Parameter				
	¹⁴ C	¹³ C	³ H	¹⁸ O	² H
Am Beginn der Betriebsphase eines Brunnens	x	x	x	x	x
in 3 bis 5-jährigen Abständen	x/-	x/-	x	x	x/-

Tabelle 62: Monitoring isopenhydrologischer Parameter

Am Beginn der betrieblichen Nutzung eines Brunnens sollte ein Bestandsaufnahme der stabilen und radioaktiven Isotope (siehe Tabelle 62) durchgeführt werden. Damit ist der Initialzustand des Aquifers im Bereich des beprobten Brunnens dokumentiert und Änderungen in der Betriebsphase können erkannt werden. Im Rahmen dieser ersten Beprobung sollten jedenfalls alle aufgelisteten Isotopengehalte bestimmt werden. Bei Vorliegen dieser Analysen ist die mittlere Verweildauer des

Wassers (Wasseralter) bestimmbar, der Einfluss von oberflächennahen Wasserkomponenten (Flüsse, Niederschlag, seichtes Grundwasser) erkennbar und auf die Bedingungen bei der Neubildung der Tiefengrundwässer rückschließbar.

Grundsätzlich sollte dieser Parameterumfang in etwa 3-5 jährlichen Intervallen wiederholt werden. Aufgrund der in Kapitel 11.5.1.10 bis 11.5.1.12 dargestellten Zusammenhänge könnte aus Kostengründen bei der 3-5-jährlichen Probennahme auf die Analyse von z.B. Deuterium (^2H) verzichtet werden, da dieser Wert entsprechend der dargestellten Niederschlagsgeraden mit dem Sauerstoff 18-Gehalt (^{18}O) etwa linear zusammenhängt.

Weiters kann bei den 3-5-jährlichen Probenahmen der Zusammenhang zwischen ^{18}O und ^{14}C ausgenutzt werden, wenn sich dieser entsprechend Kapitel 11.5.1.12 in der ersten Analyse bei Betriebsbeginn des Brunnens bestätigt.

Anzumerken ist, dass im Rahmen der isotopehydrologischen Probenahmen und Analysen auch die Durchführung von hydrochemischen Analysen erfolgen sollte um vergleichende Auswertungen zu ermöglichen.

Eine gewisse Bedeutung sollte auch auf das isotopehydrologische Monitoring des seichten Grundwassers und der Flüsse gelegt werden, da eine diesbezügliche Datenbasis für die Analyse der Zusammenhänge zwischen den Tiefengrundwässern und den seichten Komponenten des aquatischen Systems erforderlich ist. Diese Analysen würden sich auf den ^{18}O -Gehalt beschränken, welche mit geringem Kostenaufwand verbunden wären.

13.4.2.2.4 Auswertemethodik

Wie schon erwähnt, wäre der erste Schritt eines flächendeckenden Monitorings eine zusammenführende Bestandserhebung und Auswertung der Analyseergebnisse, die bei den kommunalen Wasserversorgern vorliegen. Dies erfolgte im Projekt NANUTIWA zum Teil, eine Vervollständigung wäre jedoch in jedem Fall erforderlich.

Nach dieser vervollständigenden Erhebung wäre eine ständige Fortführung und Aktualisierung des Datenbestandes in einer Datenbank (eventuell PRODATA) erforderlich. Regelmäßige, z.B. Jahresberichte und entsprechende Auswertungen der zeitlichen Abhängigkeiten der Parameter würden eine ausgezeichnete Datenbasis für das Monitoring der Tiefengrundwässer im Sinne der EU-WRRL erbringen.

13.4.3 Monitoring – Zusammenfassung

- Für die Brunnen des qualitativen Monitorings sollten auch die Daten des quantitativen Monitorings (Förderdaten) zur Verfügung stehen, da nur so kombinierte Auswertungen möglich sind.
- In ein flächendeckendes quantitatives und qualitatives Monitoringnetz sollten daher vorrangig die Brunnen der öffentlichen Wasserversorger einbezogen werden.
- Eine zusammenführende Bewertung ist in jedem Fall erforderlich um gebietsweise Vergleiche darstellen zu können.
- Das Monitoring muss so ausgelegt sein, dass zeitliche Änderungen der qualitativen und quantitativen Parameter dokumentiert und analysiert werden können. An ausgewählten Brunnen sollten daher Datensammler auch für qualitative Parameter (beispielsweise elektrische Leitfähigkeit) eingerichtet werden.

13.5 Bewertung der Nachhaltigkeit der Bewirtschaftung

13.5.1 Methodische Vorgangsweise, Datenbasis

Basis für die Beurteilung der Nachhaltigkeit der Bewirtschaftung eines Tiefengrundwasserfeldes bilden im Wesentlichen Zeitreihen der Förderdaten (Fördermengen und die zugehörigen Druckwerte). Ideale Voraussetzungen für diese Beurteilung bilden daher die seit einigen Jahren aufgezeichneten Förderdaten der Wasserversorgungsverbände im Burgenland. In der Steiermark werden die Förderdaten zwar ebenfalls aufgezeichnet und dokumentiert, aufgrund der weniger zentralen Versorgungsstruktur ist die vorliegende Datenbasis jedoch sehr heterogen und z.T. nur auf Papier (z.B. Schreibstreifen, Messprotokolle) und noch nicht digital verfügbar.

Im Rahmen des Projektes NANUTIWA wurden daher die Daten des Brunnen Monitoring Systems Burgenland zur Weiterverwendung im Projekt NANUTIWA in digitaler Form übermittelt bzw. die entsprechende Darstellungssoftware der Firma DATAVIEW installiert. Da das Programm der Firma DATAVIEW für die Auswertung langfristiger Zeitreihen nur bedingt einsetzbar war, wurden die Förderdaten aus dem Brunnen Monitoring Systems Burgenland exportiert, mehrfach konvertiert und in das Auswerteprogramm ZR-Tools übernommen. Die weiteren Auswertungen erfolgen innerhalb dieses Kapitels auf Basis dieser am WRM entwickelten Software sowie MS-Excel.

Die im Brunnen Monitoring Systems Burgenland verfügbaren Förderdaten wurden in ein TXT-Format exportiert, mit einem TXT-Editor angepasst, überarbeitet und korrigiert und anschließend mit ZR-Tools vereinheitlicht um vergleichende Betrachtungen anstellen zu können. Da ZR-Tools konzipiert wurde, um jede Form von Zeitreihen zu verarbeiten und zu konvertieren, liegt ein Teil der Daten des Brunnen

Monitoring Systems Burgenland nun auch im Excel-Format vor. Abbildung 395 zeigt ein Bildschirmabbild der DATAVIEW-Software des Brunnen Monitoring Systems Burgenland für den Brunnen B7 (WV Südliches Burgenland 1).

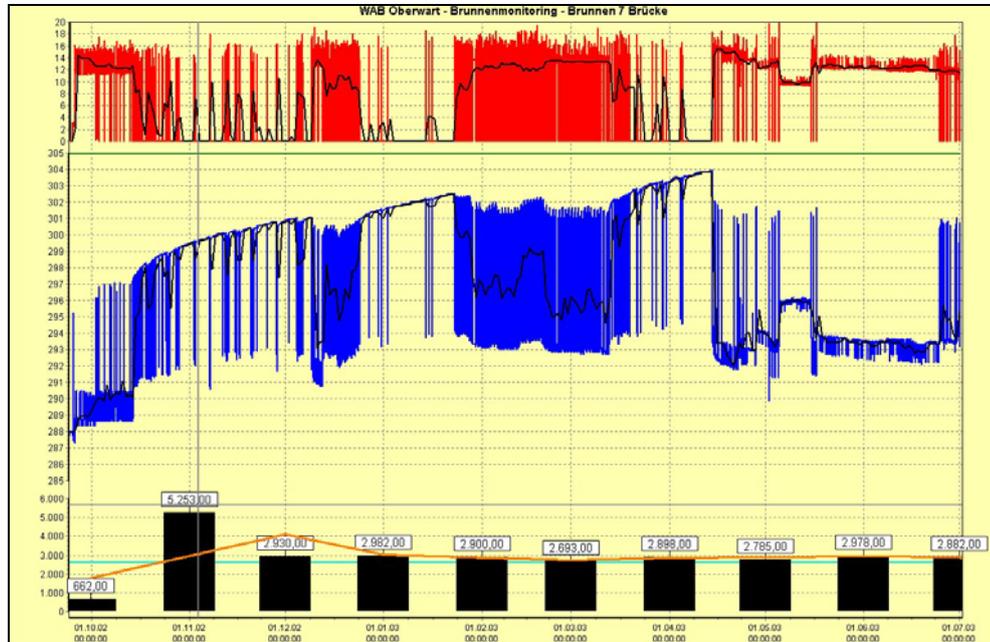


Abbildung 395: Bildschirmabbild des Brunnen Monitoring Systems Burgenland (B7-WV Süd. Bgld. 1; Software Fa. DATAVIEW)

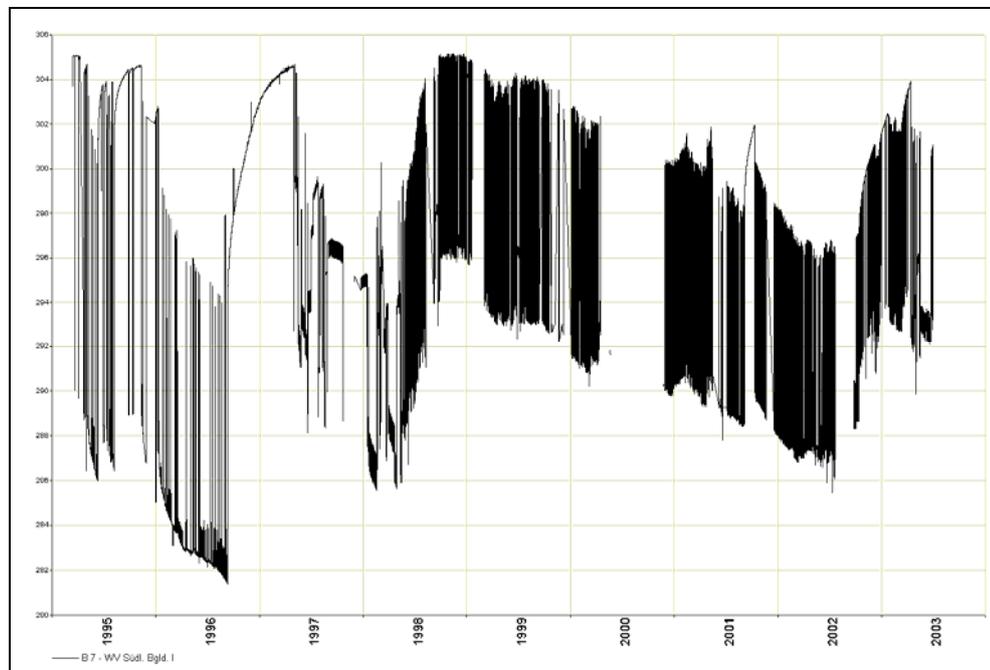


Abbildung 396: Korrigierte Daten in ZR-Tools (B7-WV Süd. Bgld. 1)

Abbildung 396 stellt die gesamte, überarbeitete Zeitreihe der Wasserspiegellage des Brunnen B7 in ZR-Tools dar. Datenlücken, Datenfehler und Nullwerte wurden korrigiert. Auf Basis dieser korrigierten Rohdaten erfolgte in ZR-Tools eine Berechnung von gewichteten Tagesmittelwerten, 60min-Mittelwerte, Monatsmitteln und Jahresmitteln. Diese Vereinheitlichung und Datenreduktion war einerseits aufgrund der unterschiedlichen Aufzeichnungsintervalle der verschiedenen Brunnen des Brunnen Monitoring Systems Burgenland und andererseits aufgrund des erforderlichen Vergleiches zwischen Fördermengen und Wasserspiegellage (siehe Kapitel 13.5.2) erforderlich. Die vereinheitlichten Datensätze wurden weiter in das MS-Excel-Format konvertiert um hier vergleichende Betrachtungen und Auswertungen durchführen zu können. Die in dieser Weise aufbereitete und für die weiteren Auswertungen zur Verfügung stehende Datenbasis dieser Versorgungsbrunnen sowie die verfügbare Datendichte bzw. Datenlücken sind in Abbildung 397 zusammengefasst.

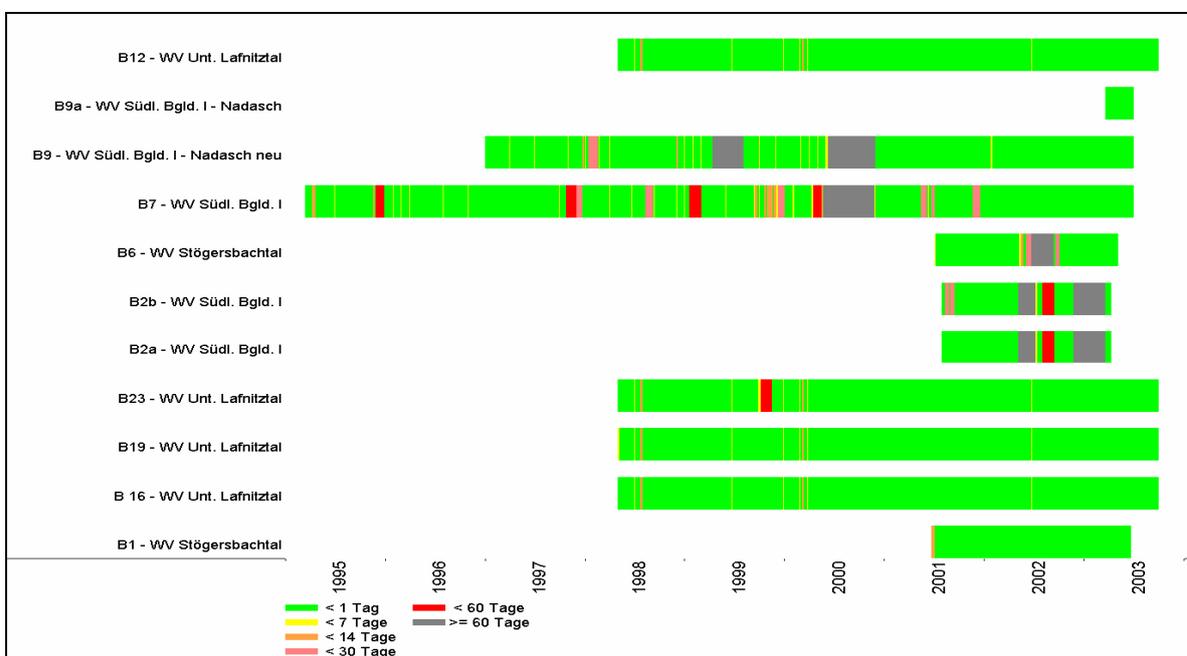


Abbildung 397: Aufbereitete Datenbasis des Brunnen Monitoring Systems Burgenland

13.5.2 Auswertungsmethodik am Beispiel Brunnen B7 (WV Südliches Burgenland 1)

Für die Beurteilung der Nachhaltigkeit der Bewirtschaftung der Tiefengrundwässer im NANUTIWA-Gebiet wurden im Rahmen der Auswertungen vorerst die Zeitreihen der Wasserspiegellagen und deren Trendanalyse herangezogen. Am Beispiel des Brunnens B7 (Wasserverband Südliches Burgenland 1) ist die Beurteilungsmethodik im Detail beschrieben. Der Brunnen B7 ist einer der ergiebigsten Brunnen im NANUTIWA-Gebiet. Seine Förderrate liegt im Bereich von 10 bis 20 l/s. Die Einschaltzeiten variieren entsprechend dem Bedarf und werden von der zentralen Steuerung im Wasserwerk Oberwart geregelt. In H. HERLICKA (2000) finden sich grundlegende Auswertungen zum Brunnen B7, die im Rahmen der folgenden Auswertungen herangezogen wurden.

Da nicht alle Daten des Brunnens B7 des Brunnen Monitoring Systems Burgenland zur gleichen Zeit vorlagen, sondern anfangs nur Teile für eine Interpretation bereitstanden, kam es am Beginn der Verwendung dieser Daten zu Über-, bzw. Fehlinterpretationen. Die gesamte Situation veranschaulicht Abbildung 398. In einer frühen Projektphase lag nur jener Datenbereich vor, der in Abbildung 398 rot eingrahmt dargestellt ist. Betrachtet man nun diesen Datenbereich, so ist zunächst ein deutliches, langfristiges Absinken des Wasserspiegels zwischen 1998 und 2002 erkennbar. Dieses könnte einerseits als „Übernutzung“ und damit verbundene Absenkung des Wasserspiegels und andererseits als eine Verschlechterung der Ergiebigkeit des Brunnens durch z.B. Filterverschlechterung interpretiert werden. Als in einer späteren Projektphase eine Ergänzung der Datenbasis erfolgte, zeigte sich jedoch, dass im Anschluss an die beschriebene langfristige Absenkung des Wasserspiegels ein deutlicher Wiederanstieg nahezu bis zur Lage des Wasserspiegels im Jahre 1995 erfolgte (siehe Abbildung 398).

Da in diesen Betrachtungen der Zusammenhang mit der Fördermenge noch nicht hergestellt wurde, ergab sich aus diesem Interpretationsspielraum heraus die Erfordernis, die Fördermengen (siehe Abbildung 399) in die weiteren Auswertungen einzubeziehen.

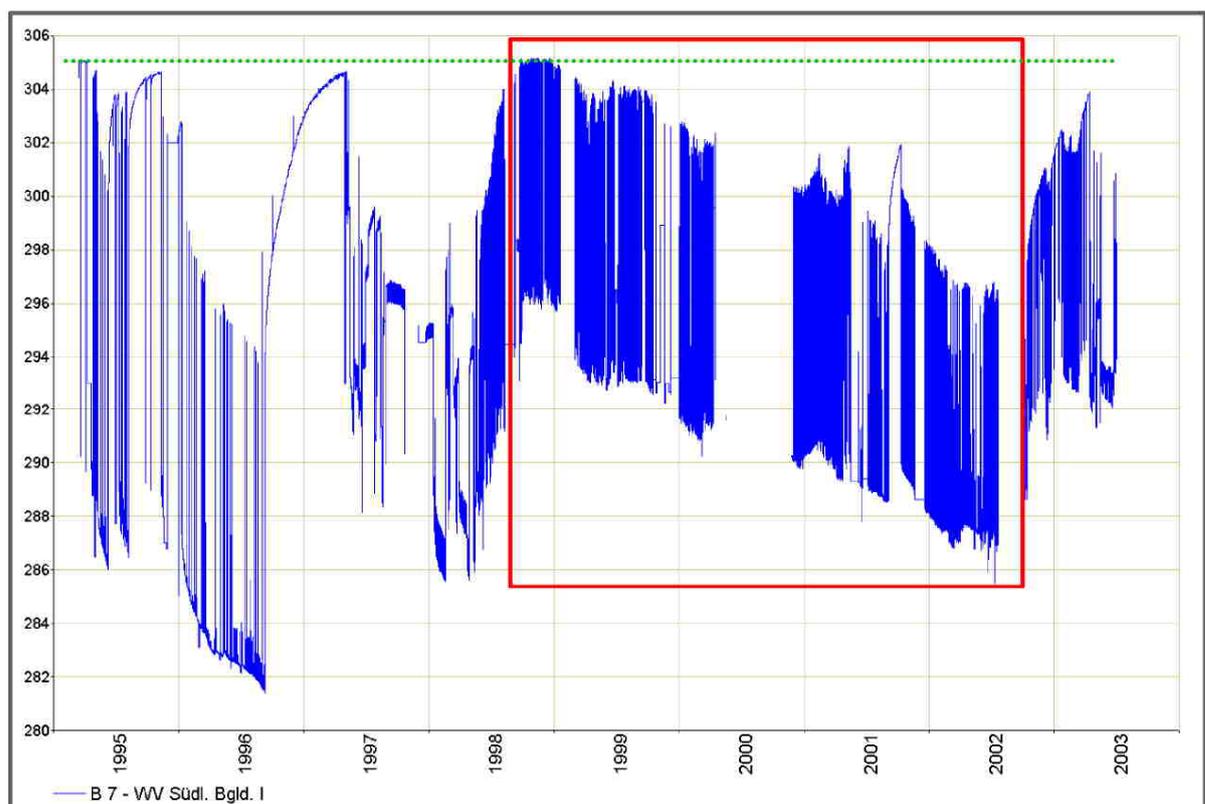


Abbildung 398: Lage des Wasserspiegels des Brunnens B7 des WV Südliches Burgenland 1

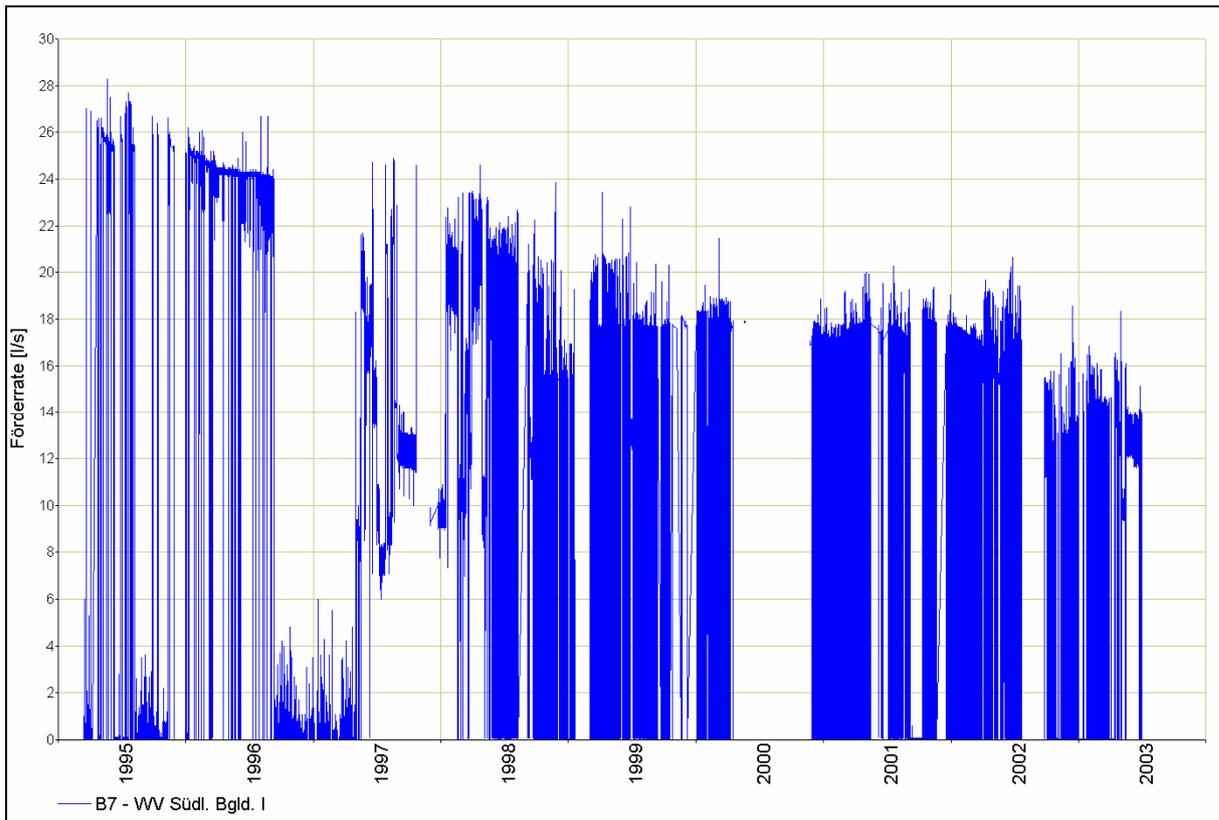


Abbildung 399: Förderraten des Brunnen B7 (WV Südliches Burgenland 1)

Dies wurde durch die beschriebene Datenaufbereitung in ZR-Tools möglich. Als beste Lösung für den zeitlichen Vergleich zwischen Förderraten und Wasserspiegellagen erwies sich die Vereinheitlichung in Form von gewichteten Tagesmitteln. Aus den gewichteten Tagesmitteln wurde das Verhältnis zwischen gewichtetem Tagesmittel der Lage des Wasserspiegels und dem gewichteten Tagesmittel der Förderrate berechnet bzw. grafisch dargestellt (Abbildung 400). Aus dieser Darstellung ergibt sich ein täglicher Wert der Brunneneigebigkeit. Anschließend wurden diese Verhältniswerte jahresweise gegliedert und in einem Diagramm (siehe Abbildung 400) farblich getrennt dargestellt um langfristige Trends erkennen zu können.

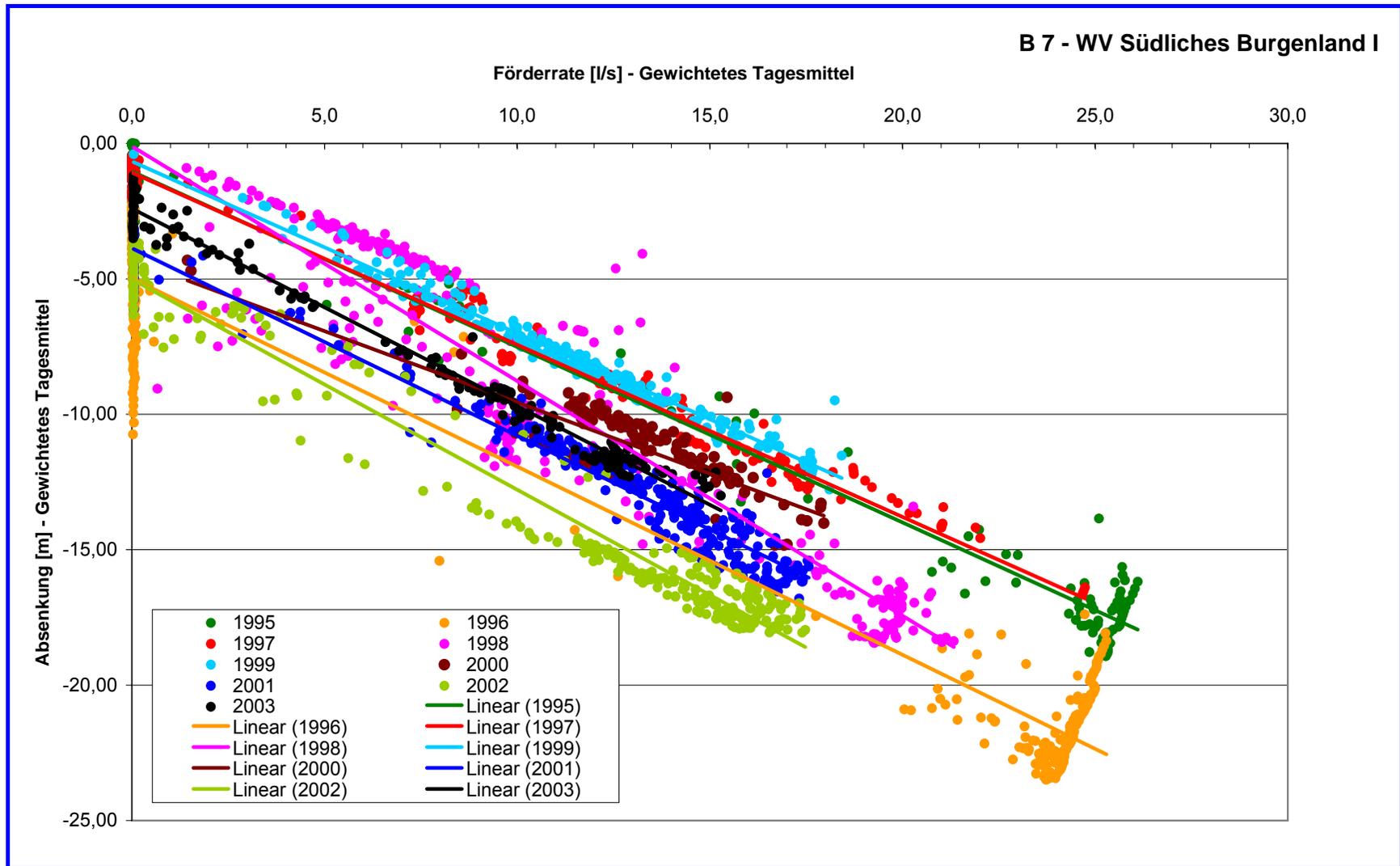


Abbildung 400: Ergiebigkeitswerte auf Basis der gewichteten Tagesmittel des Brunnen B7

Um eventuelle Auswirkungen von verschlechterten Zuflussbedingungen der Brunnen auszuschließen und daraus resultierende Fehlinterpretationen zu vermeiden wurde eine vergleichende Bewertung von Aufspiegelungsphasen zu unterschiedlichen Zeitpunkten durchgeführt. Aus den vorliegenden Zeitreihen der Lage des Wasserspiegels wurden entsprechende Phasen ausgewählt und diese in standardisierter Form gegenübergestellt.

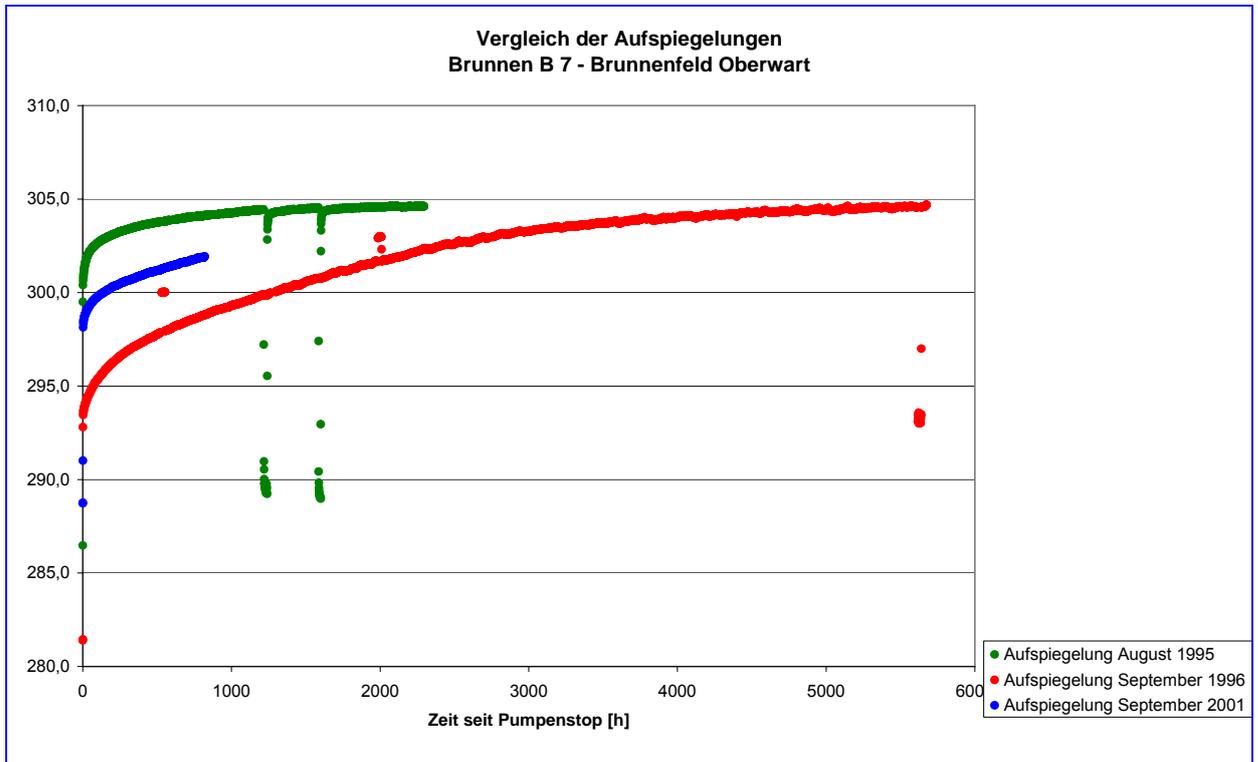


Abbildung 401: Vergleichende Betrachtung von Auspiegelungsphasen unterschiedlicher Zeiträume

Die gesamte, beschriebene Prozedur der Datenaufbereitung wurde für alle in Abbildung 397 zusammengefassten Brunnen durchgeführt. Die daraus abgeleiteten Interpretationen werden für die einzelnen Brunnen in den folgenden Kapiteln 13.5.2.1 - 13.5.2.4 beschreiben.

13.5.2.1 B 7 – Wasserverband Südliches Burgenland 1 – Oberwart

Ausgehend von der Ganglinie der Lage des Wasserspiegels (siehe Abbildung 398) und der Fördermenge (siehe Abbildung 399) wird für die weitere Interpretation Abbildung 400 herangezogen.

Offensichtlich ergibt sich aus der jährlichen Unterteilung der berechneten täglichen Ergiebigkeitspunkte eine Gliederung der Förderjahre. Die Jahre 1995, 1997 und 1999 weisen die geringsten Absenkungen des Wasserspiegels im Vergleich zur Fördermenge auf. Die größten Absenkungen des Wasserspiegels wurden in den Jahren 1996, 2001 und 2002 gemessen. Die

verfügbaren Förderdaten des Jahres 2003 zeigen eine durchschnittliche Lage der linear interpolierten Ergiebigkeitskennlinie.

Ein einheitlicher langfristiger Trend der Ergiebigkeitswerte ist daher nicht erkennbar. Wie Abbildung 398 vorerst anzeigte (siehe Kapitel 13.5.2), kam es in den ausgewerteten Betriebsjahren zu keiner signifikanten Abnahme der Ergiebigkeit des Brunnens B7 und auch zu keinem erkennbaren Trend des Druckspiegels.

Zieht man diese Auswertemethodik als Basis für die Bewertung der Nachhaltigkeit der Wasserbewirtschaftung heran, so kann zusammenfassend festgestellt werden:

- Beim Brunnen B7 im Bereich Oberwart besteht auf Basis der analysierten Betriebsdaten kein langfristiger Trend der Absenkung des Wasserspiegels, der auf eine Übernutzung schließen lassen würde.
- Der Ausgangswasserspiegel am Beginn der Förderperiode wird im letzten ausgewerteten Förderjahr wieder erreicht.
- Die Ergiebigkeitskennlinien der ausgewerteten Förderjahre weisen keinen Trend auf.
- Beim Brunnen B 7 kann auf Basis der vorliegenden Förderdaten daher von einer nachhaltigen Nutzung gesprochen werden, da sich die entnommene Wassermenge unter den herrschenden Betriebsbedingungen vollständig wieder regeneriert.
- Um langfristige diesbezügliche Informationen zu erhalten ist eine weitere Aufzeichnung und Auswertung der Förderdaten durchzuführen.
- Sämtliche Auswertungen sind im Zusammenhang mit dem Fördergeschehen des gesamten Brunnenfeldes zu sehen. Eine singuläre Auswertung von Einzelbrunnen ist oft nicht sinnvoll, da in gespannten Systemen hydraulische Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Brunnen über große Distanzen relativ rasch entstehen (siehe dazu Kapitel 13.5.2.3).
- Die maximale Fördermenge von etwa 25 l/s (1996) ist jedoch nicht stationär förderbar. Nur durch ein ständiges Aus- und Einschalten der Pumpe kann diese Menge relativ kurzfristig gefördert werden (siehe Abbildung 399).

Zusammenfassend kann festgestellt werden:

Für den Brunnen B7 des Wasserverbandes Südliches Burgenland 1 zeigt sich, dass keine nachhaltige Veränderung der Lage der Ergiebigkeitskennlinien der untersuchten Betriebsjahre besteht. Der Vergleich der verfügbaren Aufspiegelungen zeigt ebenfalls keinen Rückgang des

Ruhewasserspiegels an. Demnach zeigen sich am Brunnen 7 unter den aktuellen Betriebsbedingungen keine Übernutzungssymptome.

13.5.2.2 B 1 – Wasserverband Stögersbachtal – Markt Allhau

Der Brunnen B1 des Wasserverbandes Stögersbachtal befindet sich im Areal des Wasserwerkes Markt Allhau. Der Brunnen fördert mit einer Entnahmerate von bis zu 8 l/s. Die daraus resultierende Absenkung beträgt maximal etwa 25 m. Entsprechend den betrieblichen Erfordernissen bzw. den vorgegeben Grenzwerten der automatischen Brunnenregelung wird der Brunnen sehr oft ein- und ausgeschaltet (siehe Abbildung 402). Die Ganglinie des Wasserspiegels weist seit Beginn der Datenaufzeichnung keine signifikanten Tendenzen auf.

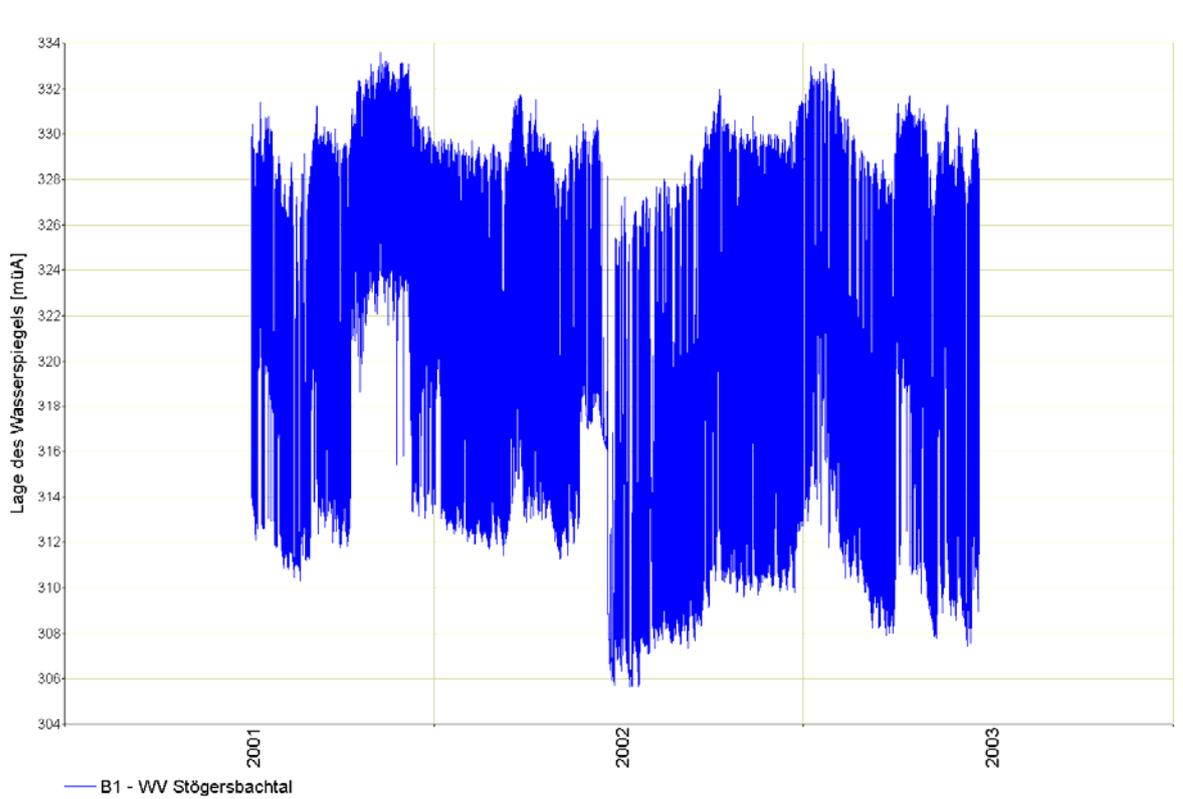


Abbildung 402: Ganglinie des Wasserspiegels - Brunnen B1 – Wasserverband Stögersbachtal

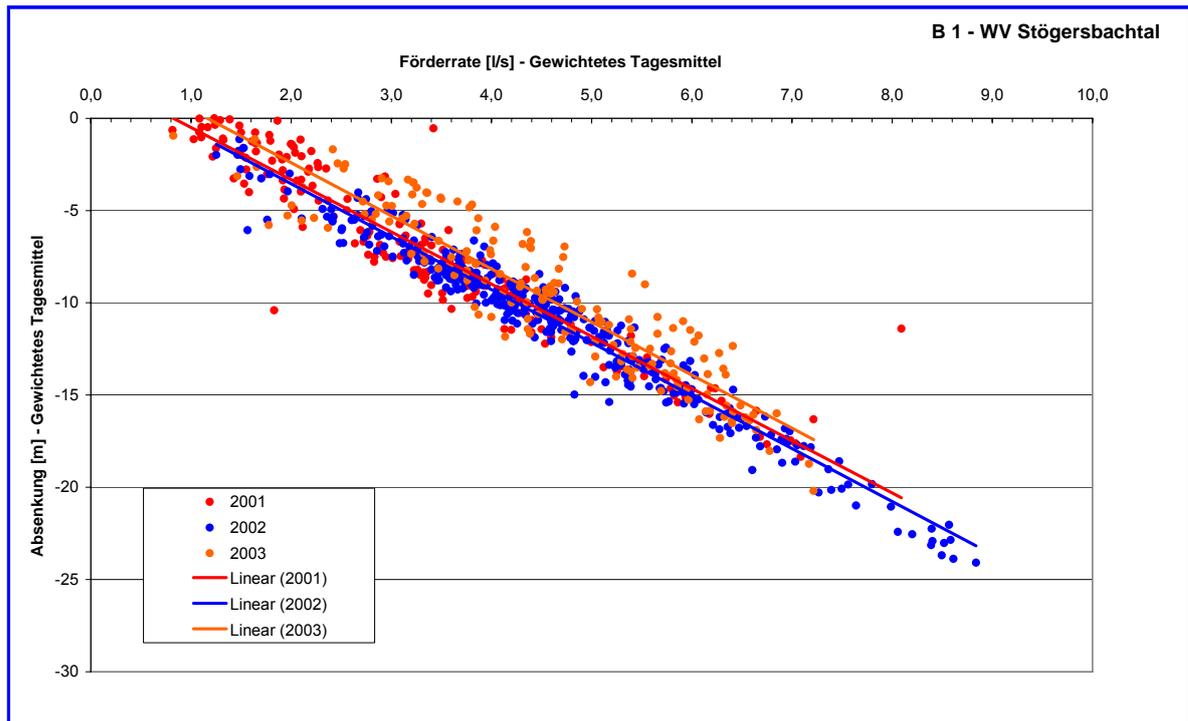


Abbildung 403: Ergiebigkeitskennlinien - Brunnen B 1 – Wasserverband Stögersbachtal

In Abbildung 403 sind die Ergiebigkeitslinien der Jahre 2001 bis 2003 verglichen. In dieser grafischen Umsetzung des Fördergeschehens ergibt sich kein Hinweis auf eine fehlende oder zu geringe Regeneration des geförderten Wassers bzw. eine Übernutzung des Aquifers. Die Ergiebigkeitskennlinien der betrachteten Förderjahre verlaufen nahezu ident. Für die betrachteten Förderjahre ist die Bewirtschaftung als nachhaltig zu bezeichnen und es ist keine Änderung der hydraulischen Rahmenbedingungen zu erkennen.

13.5.2.3 Brunnenfeld Heiligenkreuz – Wasserverband Unteres Lafnitztal

Das Brunnenfeld Heiligenkreuz umfasst 8 Tiefbrunnen und zusätzlich 15 Brunnen, die oberflächennahes Grundwasser erschoten. Im Folgenden erfolgt eine Einzelbewertung der wichtigsten Tiefbrunnen und eine abschließende Bewertung des gesamten Brunnenfeldes (siehe Lageplan in Abbildung 404).

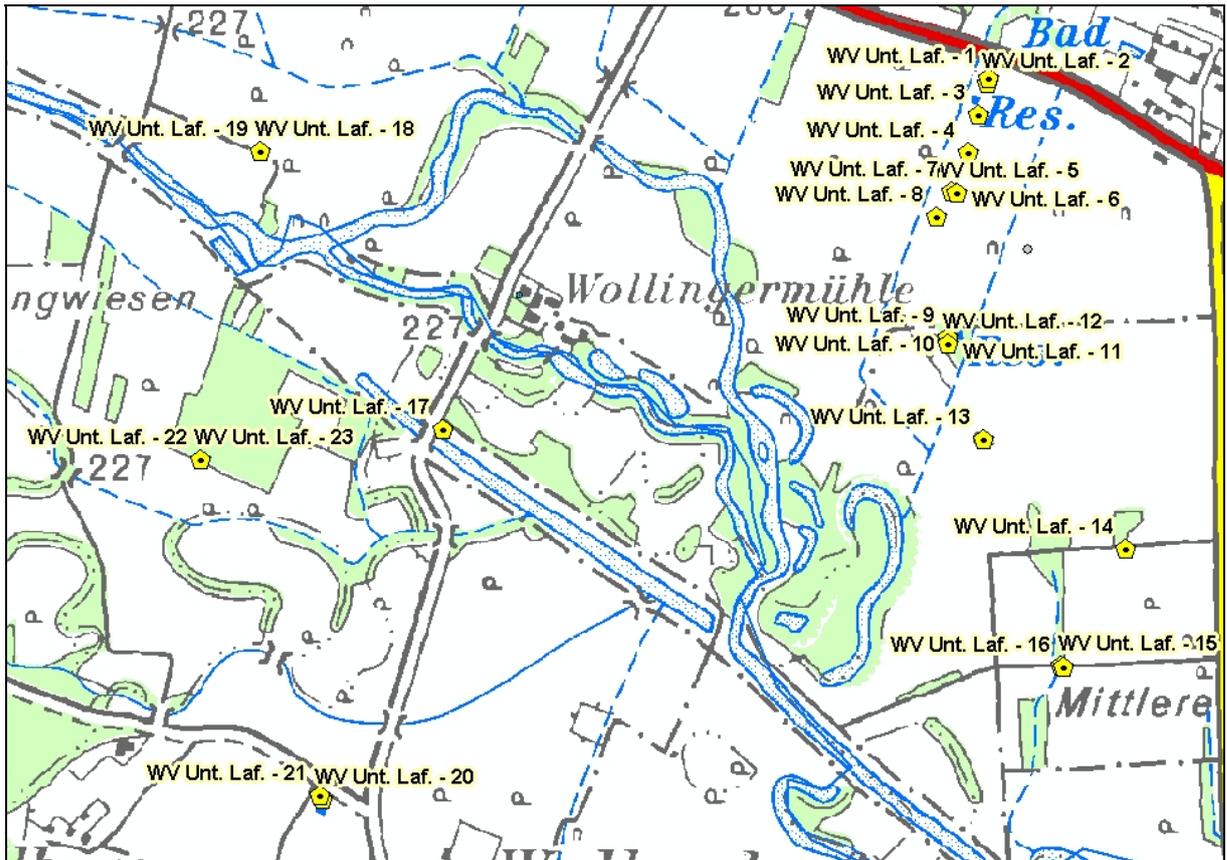


Abbildung 404: Lageplan des Brunnenfeldes Heiligenkreuz

13.5.2.3.1 B 7 – Wasserverband Unteres Lafnitztal – Brunnenfeld Heiligenkreuz

Der Brunnen B7 im Brunnenfeld Heiligenkreuz fördert etwa 3-4 l/s. Betrachtet man die Ganglinie des Wasserspiegels (siehe Abbildung 405), so ist neben den häufigen Schaltintervallen ein Schwanken des Wasserspiegels zwischen etwa 228 m und etwa 221 m zu beobachten. Weiters ist langfristig eine sinkende Tendenz des Wasserspiegels zu erkennen (siehe Abbildung 405).

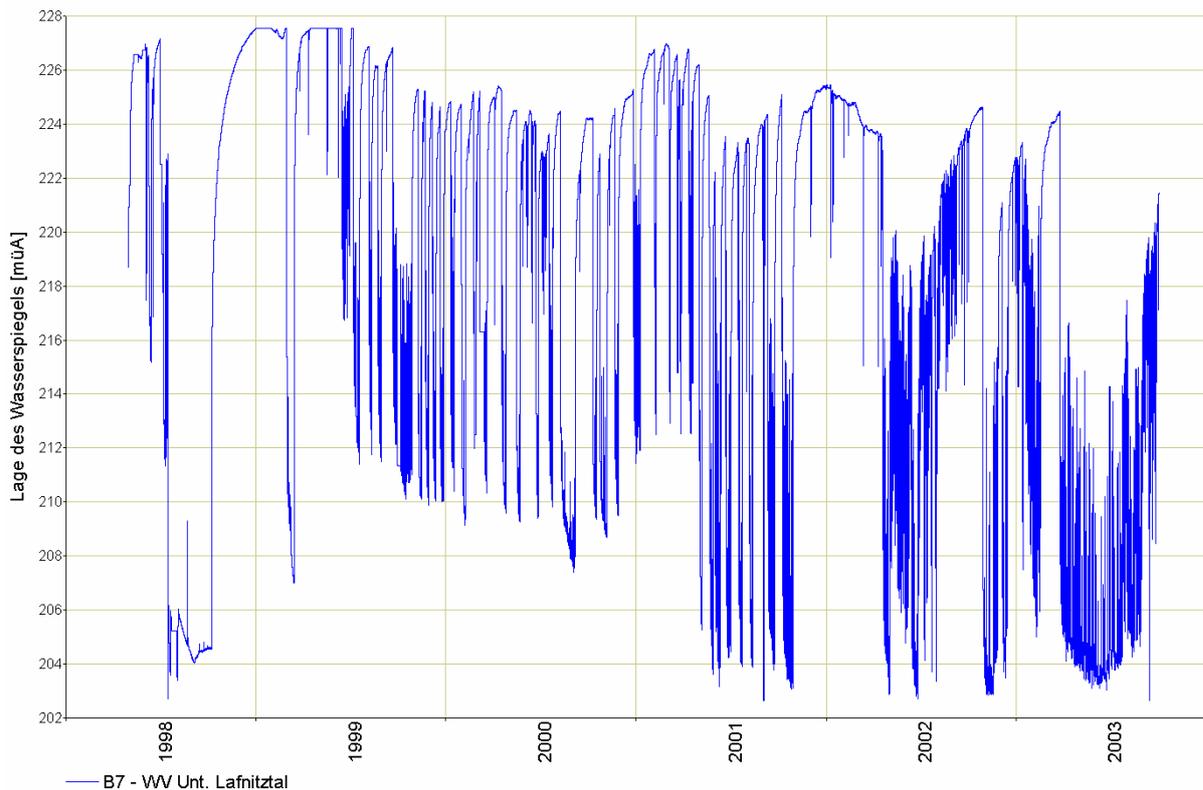


Abbildung 405: Ganglinie des Wasserspiegels - Brunnen B 7 – Wasserverband Unteres Lafnitztal

Setzt man die in den Kapitel 13.5.1 und 13.5.2 beschriebene Auswertemethodik ein, so ergeben die Förderdaten des B7 die Ergiebigkeitskennlinien in Abbildung 406. Hier ist eine klare Gliederung der Ergiebigkeitskennlinien zu erkennen. Die Ergiebigkeitslinien der ausgewerteten Jahre zeigen eine abnehmende Tendenz des Wasserspiegels bei gleichen Entnahmeraten. Das bedeutet, dass diese Betriebsweise (Förderraten, Einschaltintervalle) eine zu geringe Regeneration aufweist. Sowohl der dynamische Wasserspiegel während der Förderintervalle als auch die Aufspiegelungsphasen (siehe Abbildung 407) während Förderpausen zeigen ein Sinken des Wasserspiegels um etwa 3-4 m zwischen den Jahren 1998 und 2003 an. Die vergleichende Auswertung verschiedener Aufspiegelungsphasen beweist im Fall des Brunnens B7 (Wasserverband Unteres Lafnitztal), dass die in den ausgewerteten Betriebsjahren erkennbare Absenkung des dynamischen Wasserspiegels nicht mit einer Verschlechterung der Zuflussbedingungen im Brunnen im Zusammenhang steht, sondern mit einer langfristigen Absenkung des Wasserspiegels in begründbar ist.

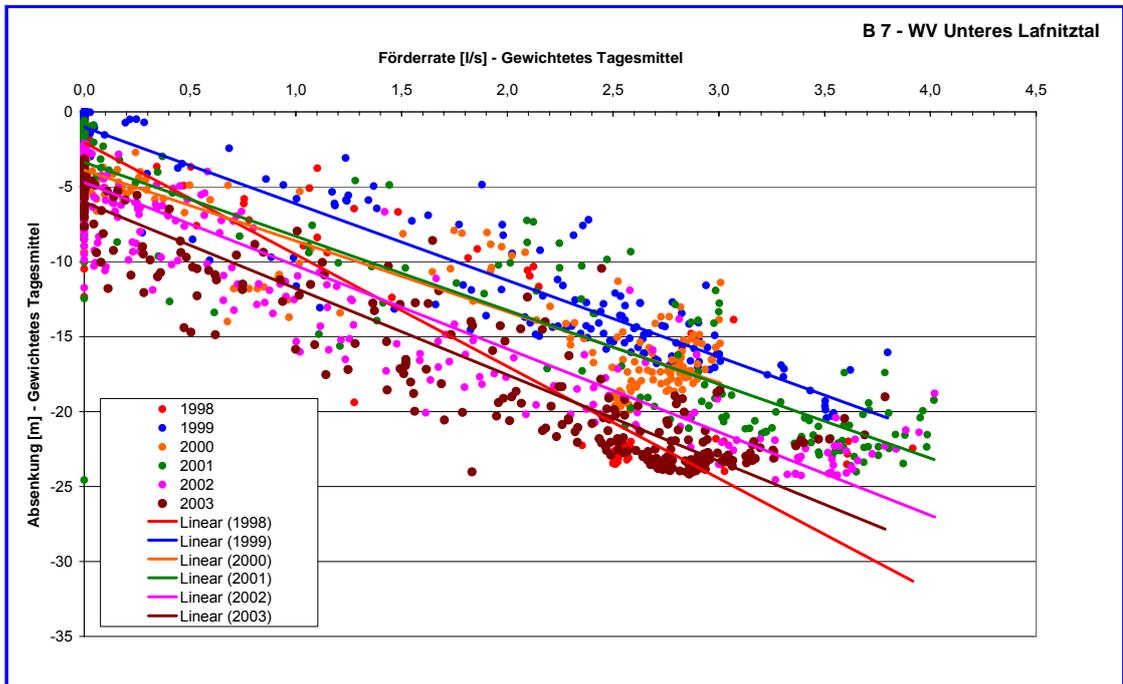


Abbildung 406: Ergiebigkeitskennlinien - Brunnen B 7 – Wasserverband Unteres Lafnitztal

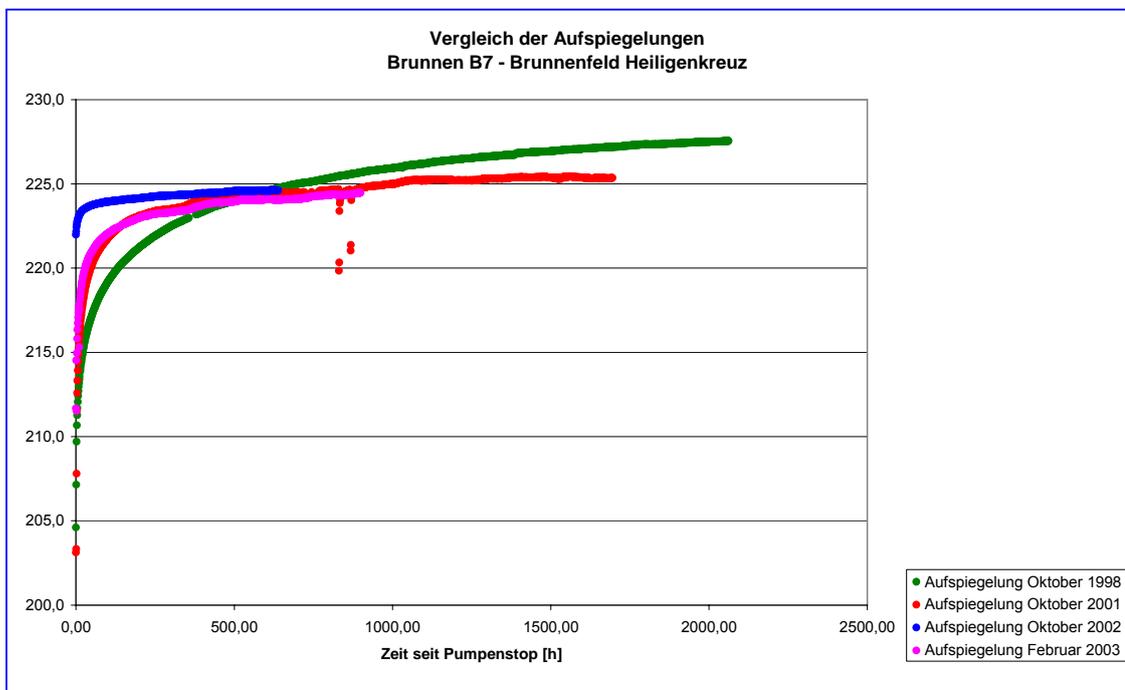


Abbildung 407: Vergleich von Aufspiegelungsphasen - Brunnen B 7 – Wasserverband Unteres Lafnitztal

Eine zusammenfassende Interpretation dieser Förderdaten findet sich in Kapitel 13.5.2.4.

13.5.2.3.2 B 12 – Wasserverband Unteres Lafnitztal – Brunnenfeld Heiligenkreuz

Der Brunnen B12 fördert etwa 5-6 l/s. Die zugehörigen Diagramme der in Kapitel 13.5.1 beschriebenen Auswertemethodik sind in Abbildung 408, Abbildung 409 und Abbildung 410 dargestellt. Wie der Brunnen B 7 zeigt auch der Brunnen B 12 eine langfristig sinkende Tendenz der Ergiebigkeiten und des Ruhewasserspiegels, was als Übernutzung interpretiert werden kann.

Eine zusammenfassende Interpretation dieser Förderdaten findet sich in Kapitel 13.5.2.4.

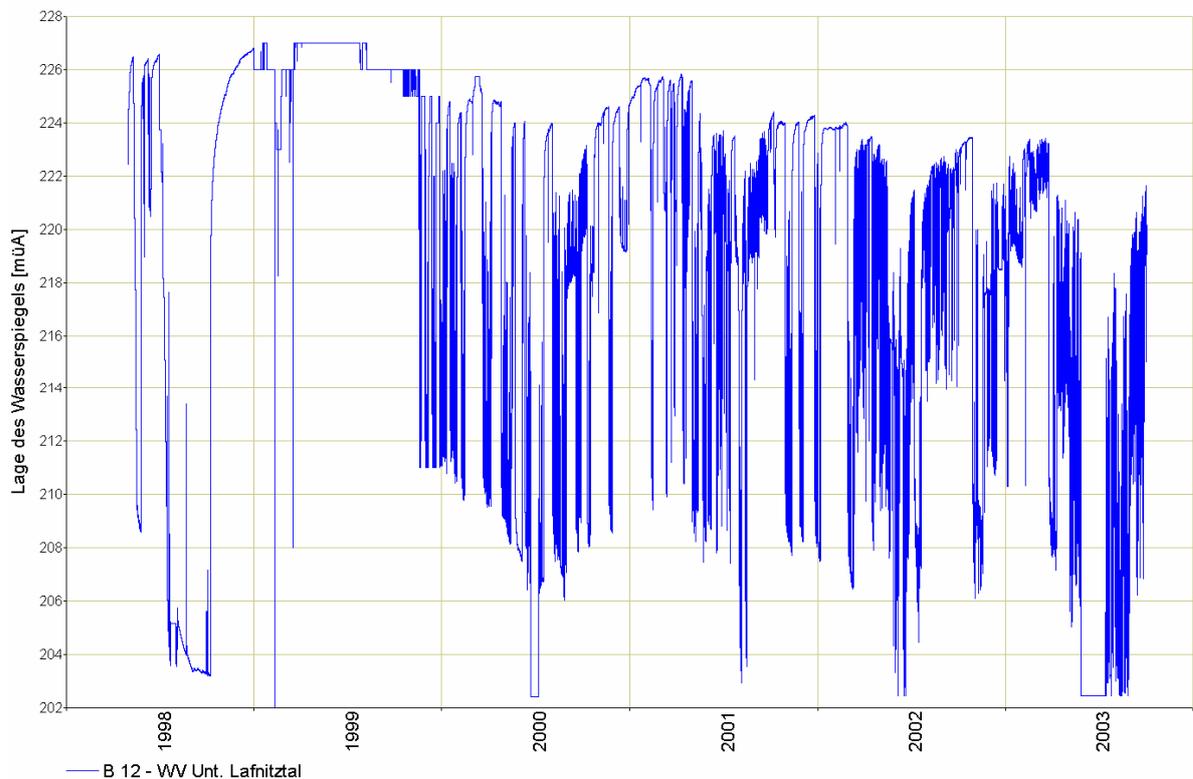


Abbildung 408: Ganglinie des Wasserspiegels - Brunnen B 12 – Wasserverband Unteres Lafnitztal

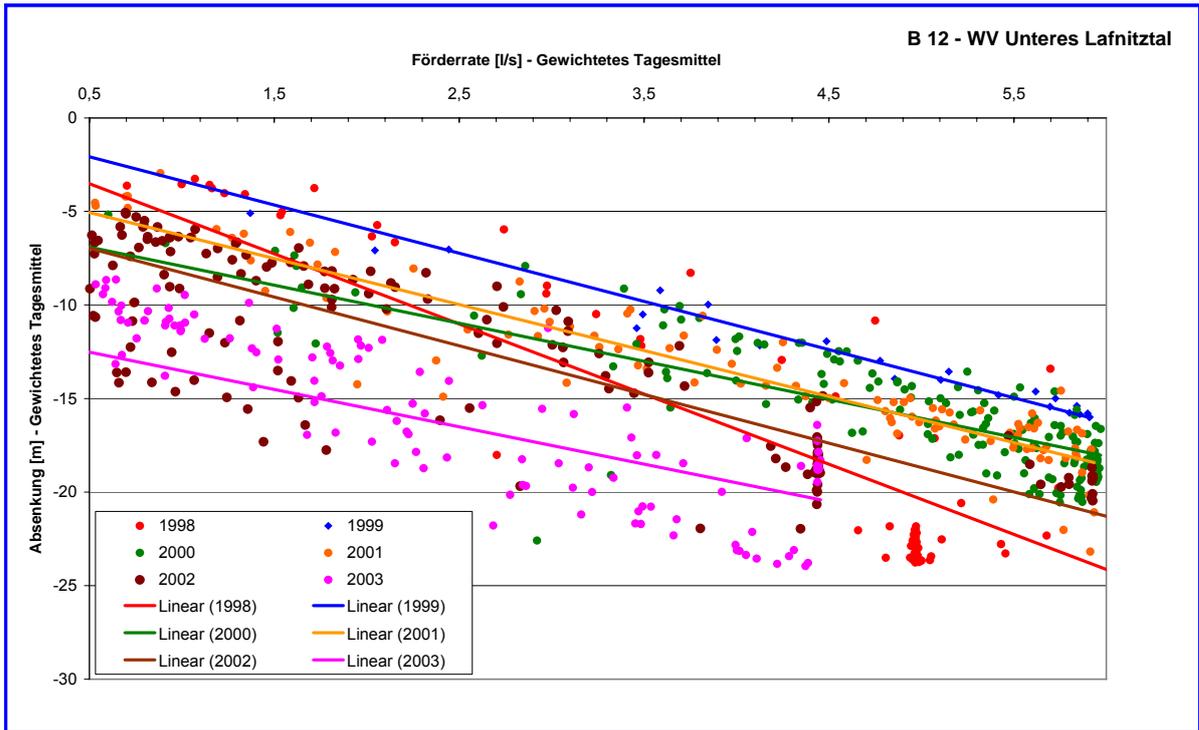


Abbildung 409: Ergiebigkeitskennlinien - Brunnen B 12 – Wasserverband Unteres Lafnitztal

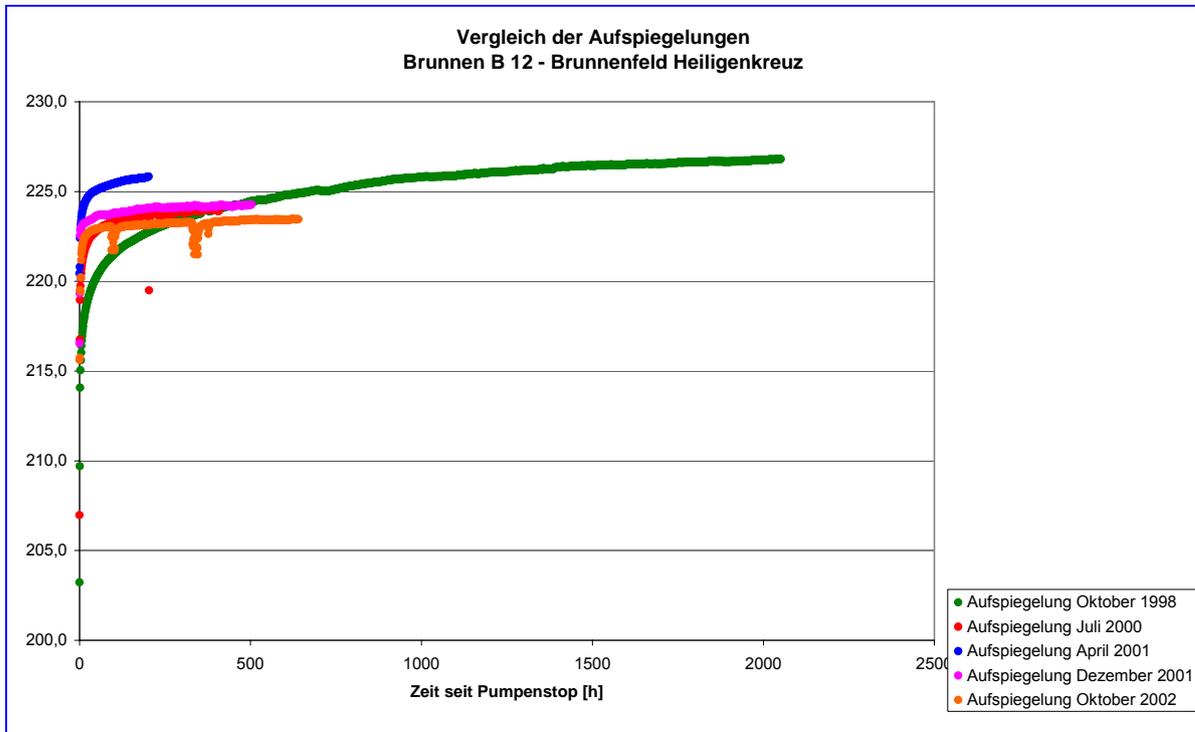


Abbildung 410: Vergleich von Aufspiegelungsphasen - Brunnen B 12 – Wasserverband Unteres Lafnitztal

13.5.2.3.3 B 16 – Wasserverband Unteres Lafnitztal – Brunnenfeld Heiligenkreuz

Der Brunnen B16 fördert etwa 2 l/s. Die zugehörigen Diagramme der in Kapitel 13.5.1 beschriebenen Auswertemethodik sind in Abbildung 411, Abbildung 412 und Abbildung 413 dargestellt. Eine zusammenfassende Interpretation dieser Förderdaten findet sich in Kapitel 13.5.2.4. Aus der Asuwertung der Förderdaten des Brunnens B16 resultieren ähnliche Aussagen wie für die Brunnen B 7 und B 12.

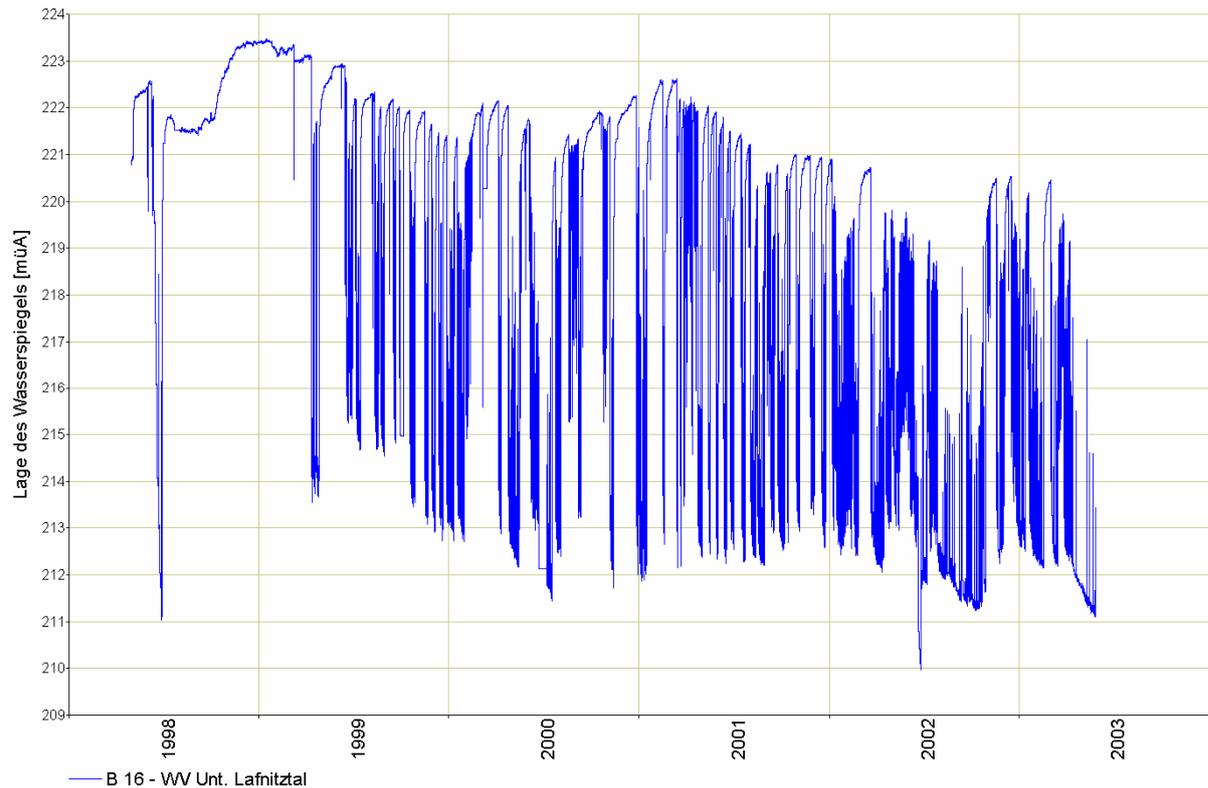


Abbildung 411: Ganglinie des Wasserspiegel - Brunnen B 16 – Wasserverband Unteres Lafnitztal

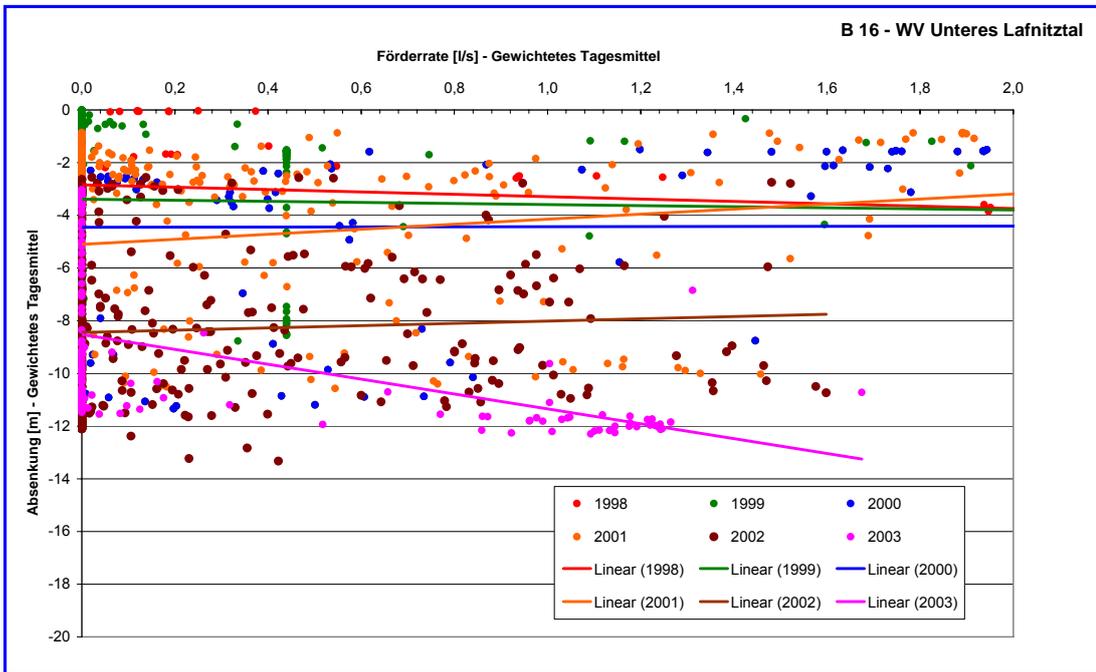


Abbildung 412: Ergiebigkeitskennlinien - Brunnen B 16 – Wasserverband Unteres Lafnitztal

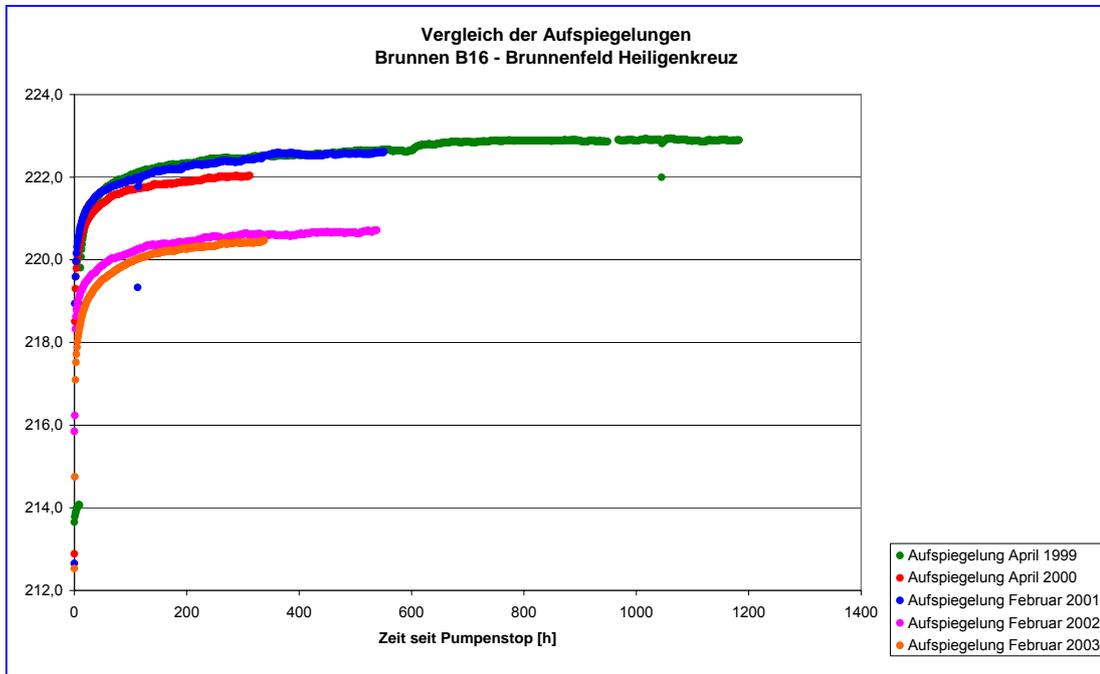


Abbildung 413: Vergleich von Aufspiegelungsphasen - Brunnen B 16 – Wasserverband Unteres Lafnitztal

13.5.2.3.4 B 19 – Wasserverband Unteres Lafnitztal – Brunnenfeld Heiligenkreuz

Der Brunnen B19 fördert etwa 7-8 l/s. Die zugehörigen Diagramme der in Kapitel 13.5.1 beschriebenen Auswertemethodik sind in Abbildung 414, Abbildung 415 und Abbildung 416 dargestellt. Eine zusammenfassende Interpretation der Ergebnisse findet sich in Kapitel 13.5.2.4. Wie die anderen Brunnen des Brunnenfeldes Heiligenkreuz weist der Brunnen B19 unter den bestehenden Betriebsbedingungen ein nachhaltiges Sinken des Wasserspiegels auf.

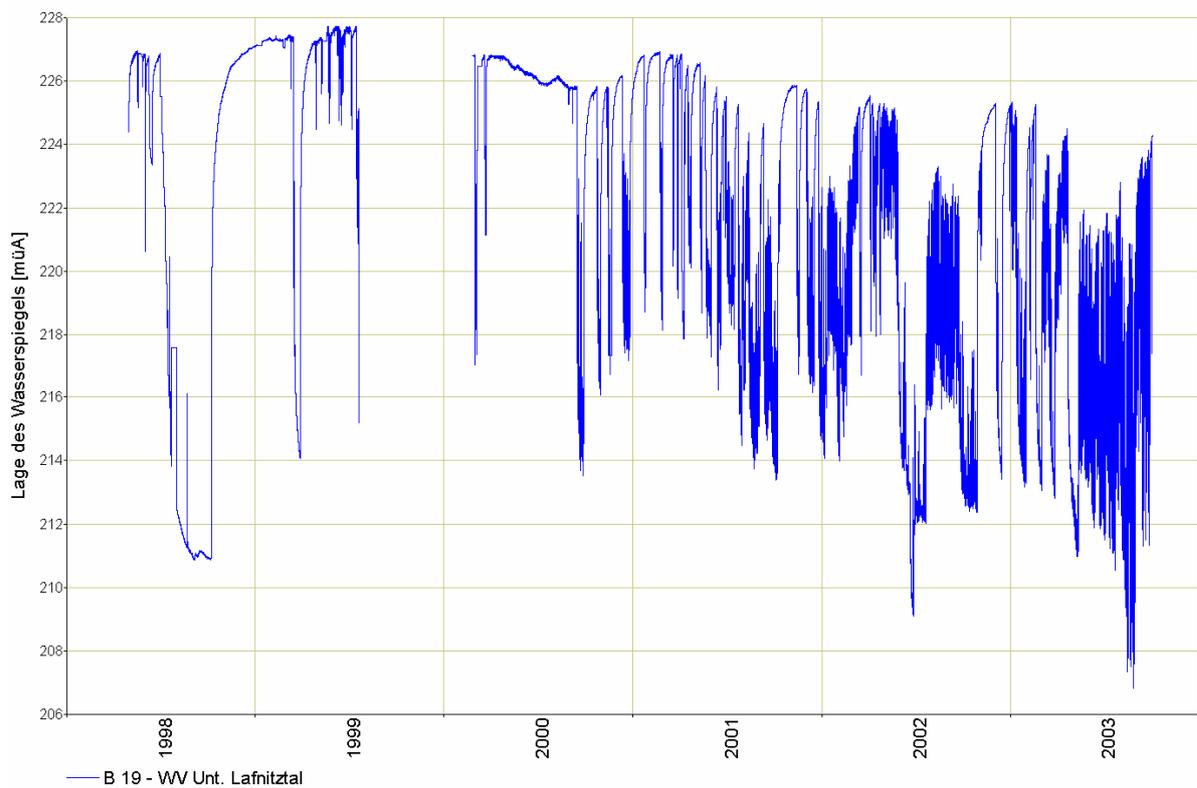


Abbildung 414: Ganglinie des Wasserspiegels - Brunnen B 19 – Wasserverband Unteres Lafnitztal

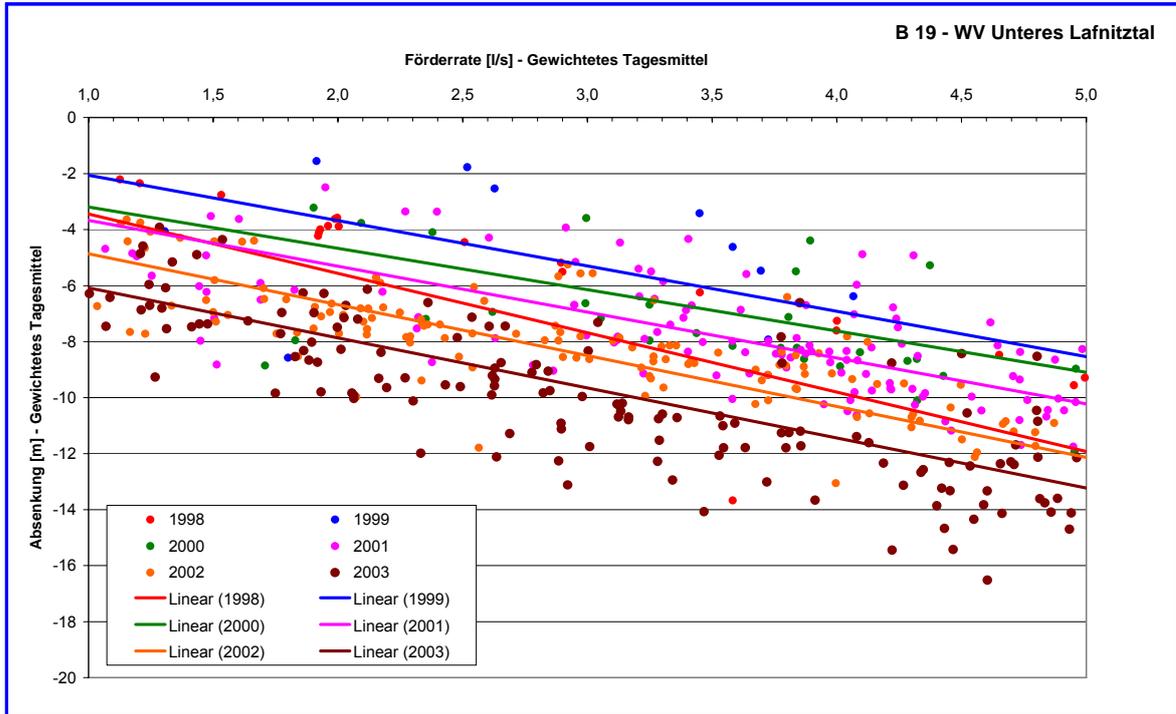


Abbildung 415: Ergiebigkeitskennlinien - Brunnen B 19 – Wasserverband Unteres Lafnitztal

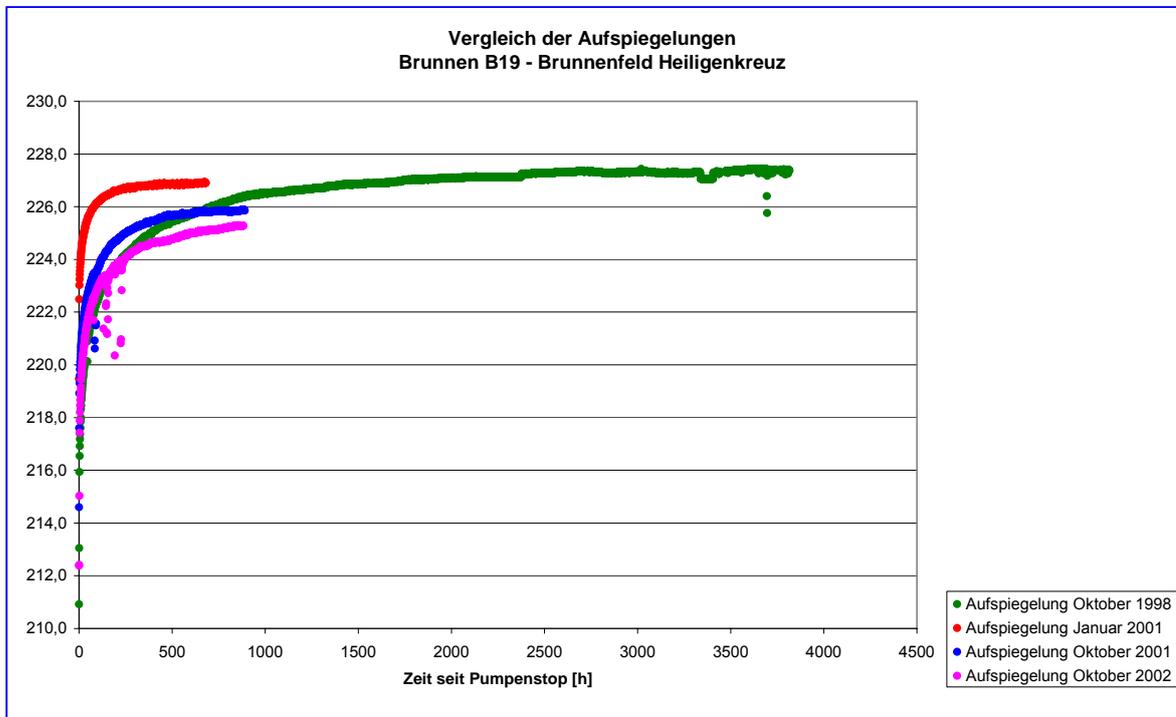


Abbildung 416: Vergleich von Aufspiegelungsphasen - Brunnen B 19 – Wasserverband Unteres Lafnitztal

13.5.2.3.5 B 21 – Wasserverband Unteres Lafnitztal – Brunnenfeld Heiligenkreuz

Der Brunnen B 21 fördert etwa 7 l/s. Die zugehörigen Diagramme der in Kapitel 13.5.1 und Kapitel 13.5.2.3.1 beschriebenen Auswertemethodik sind in Abbildung 417, Abbildung 418 und Abbildung 419 dargestellt. Eine zusammenfassende Interpretation der Förderdaten findet sich in Kapitel 13.5.2.4. Der Brunnen B21 zeigt einen langfristigen Trend der Ergiebigkeitsabnahme. Eine Trennung von den Einflüssen einer möglichen Brunnenverschlechterung ist in diesem Fall nicht eindeutig durchführbar, da die verfügbaren Aufspiegelungsphasen zu kurz waren (siehe Abbildung 419).

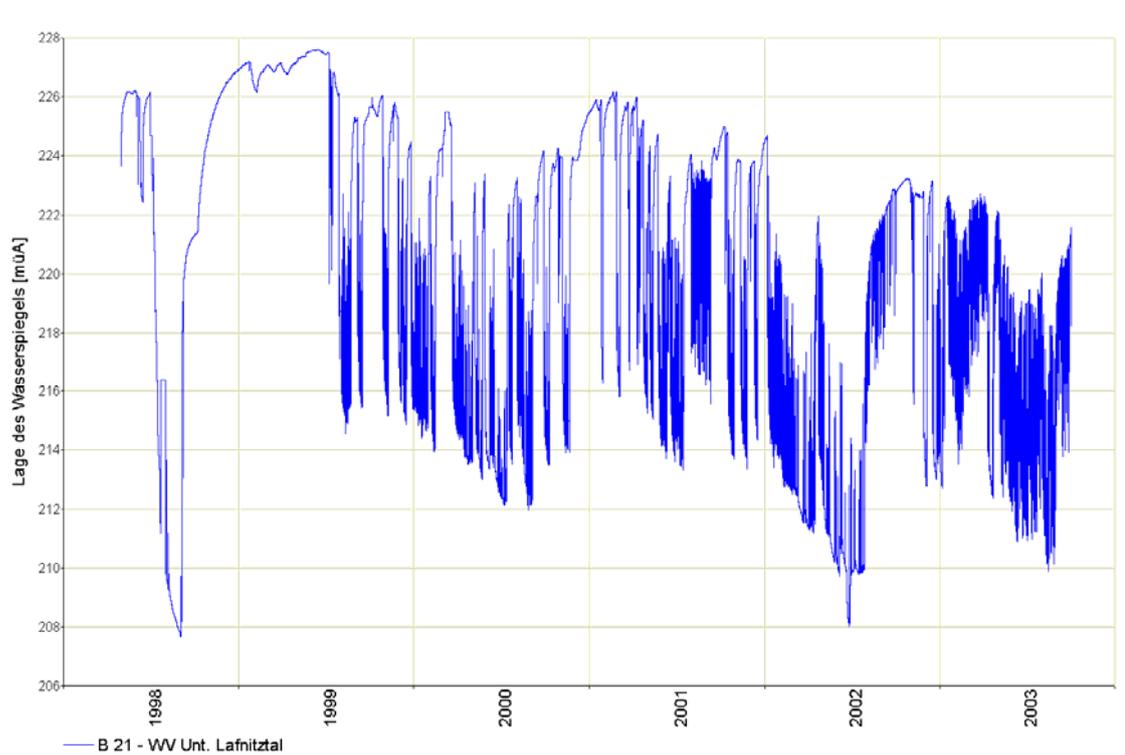


Abbildung 417: Ganglinie des Wasserspiegels - Brunnen B 21 – Wasserverband Unteres Lafnitztal

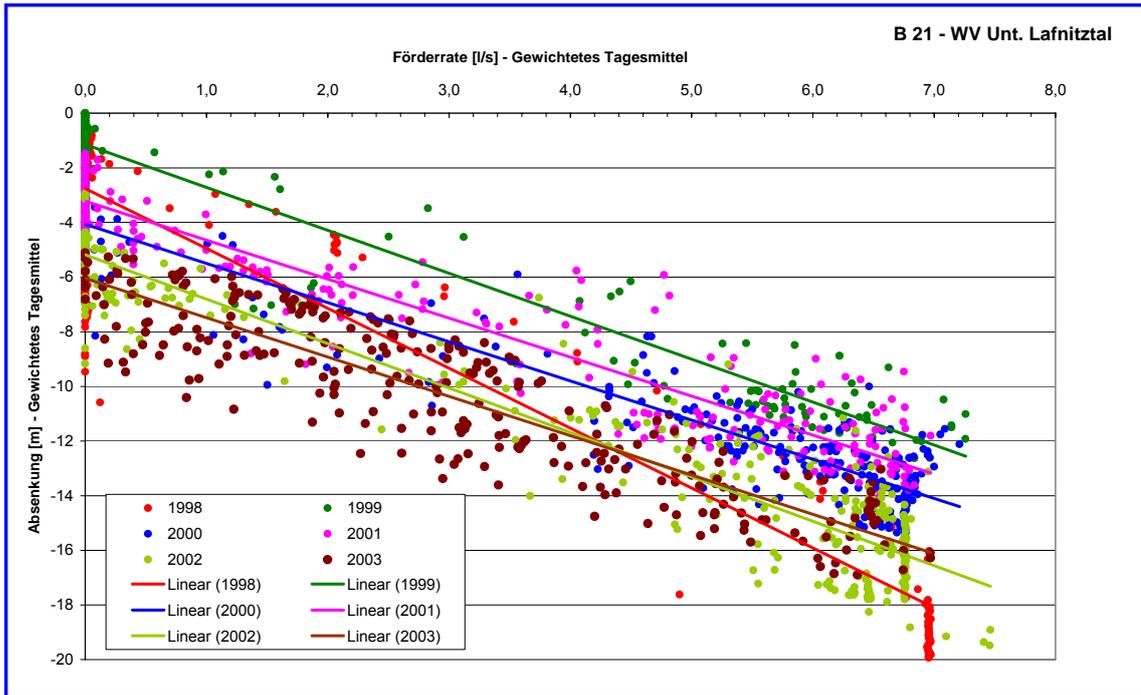


Abbildung 418: Ergiebigkeitskennlinien - Brunnen B 21 – Wasserverband Unteres Lafnitztal

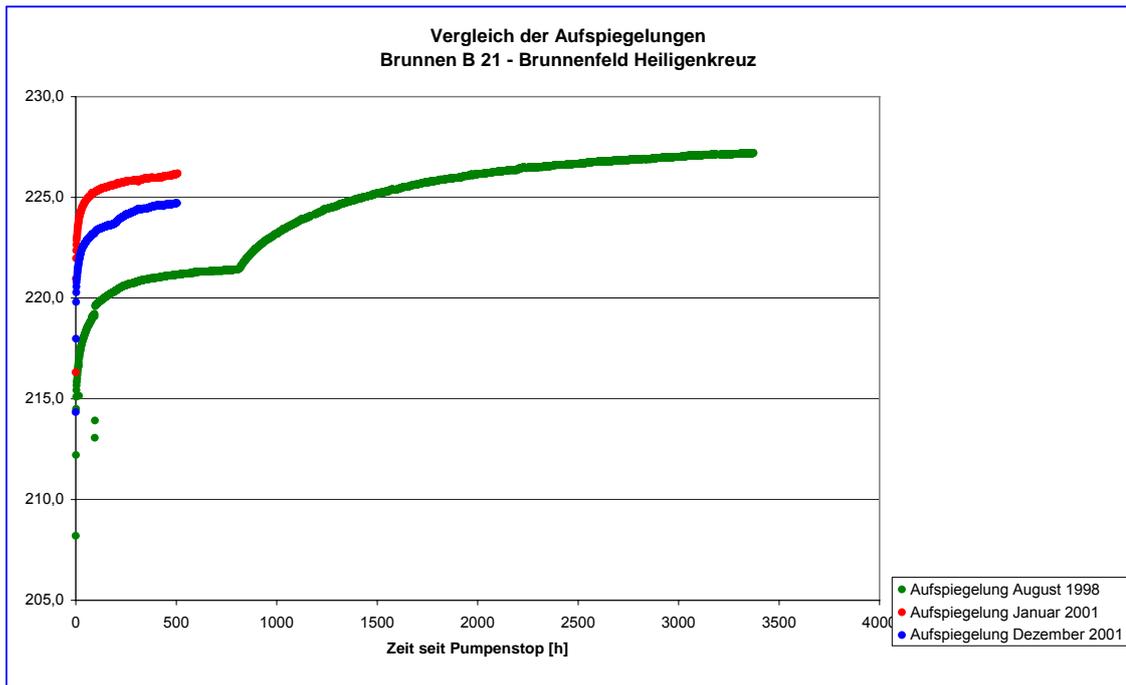


Abbildung 419: Vergleich von Aufspiegelungsphasen - Brunnen B 21 – Wasserverband Unteres Lafnitztal

13.5.2.3.6 B 23 – Wasserverband Unteres Lafnitztal – Brunnenfeld Heiligenkreuz

Der Brunnen B 23 fördert etwa 2 l/s, maximal etwa 5 l/s. Die zugehörigen Diagramme der in Kapitel 13.5.1 und Kapitel 13.5.2.3.1 beschriebenen Auswertemethodik sind in Abbildung 420, Abbildung 421 und Abbildung 422 dargestellt. Eine zusammenfassende Interpretation dieser Förderdaten findet sich in Kapitel 13.5.2.4.

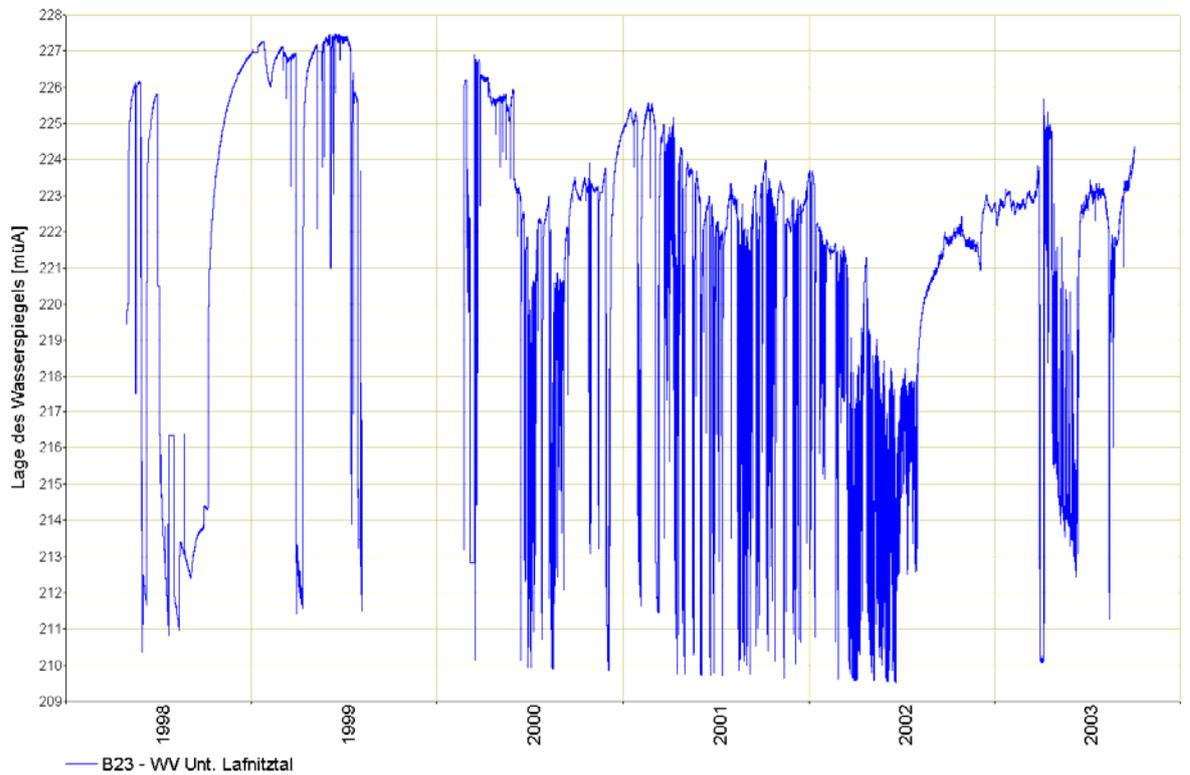


Abbildung 420: Ganglinie des Wasserspiegels- Brunnen B23 – Wasserverband Unteres Lafnitztal

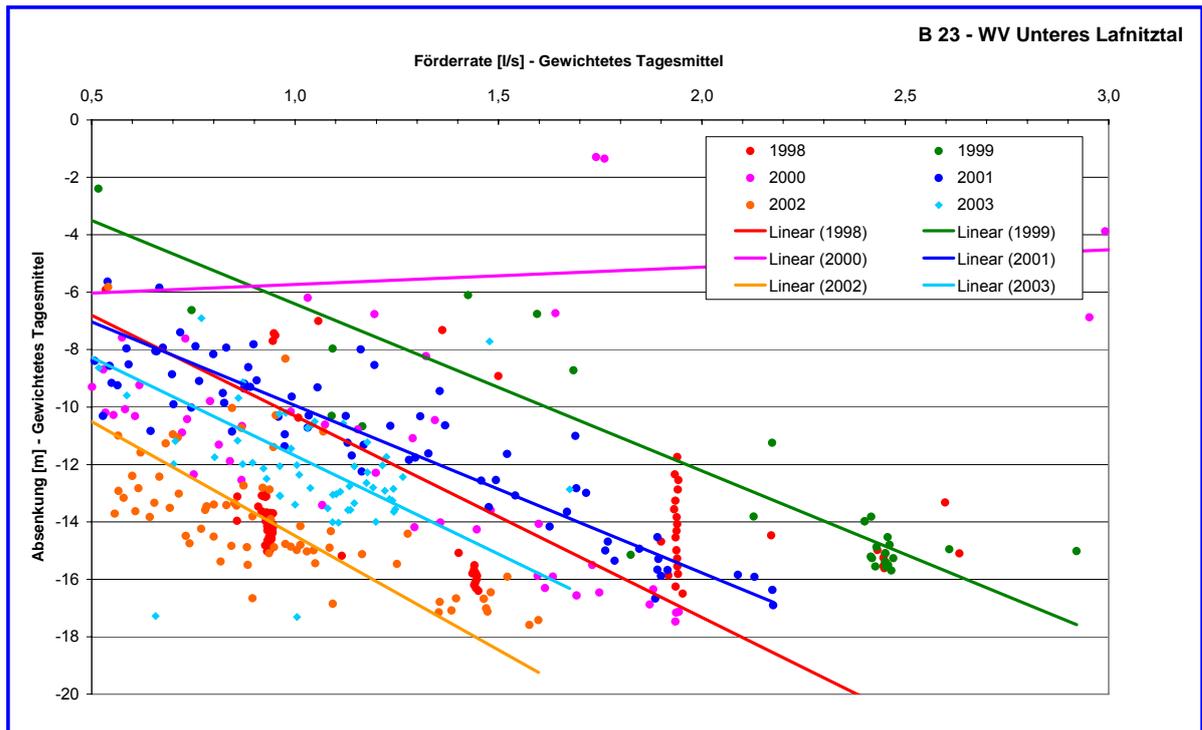


Abbildung 421: Ergiebigkeitskennlinien - Brunnen B 23 – Wasserverband Unteres Lafnitztal

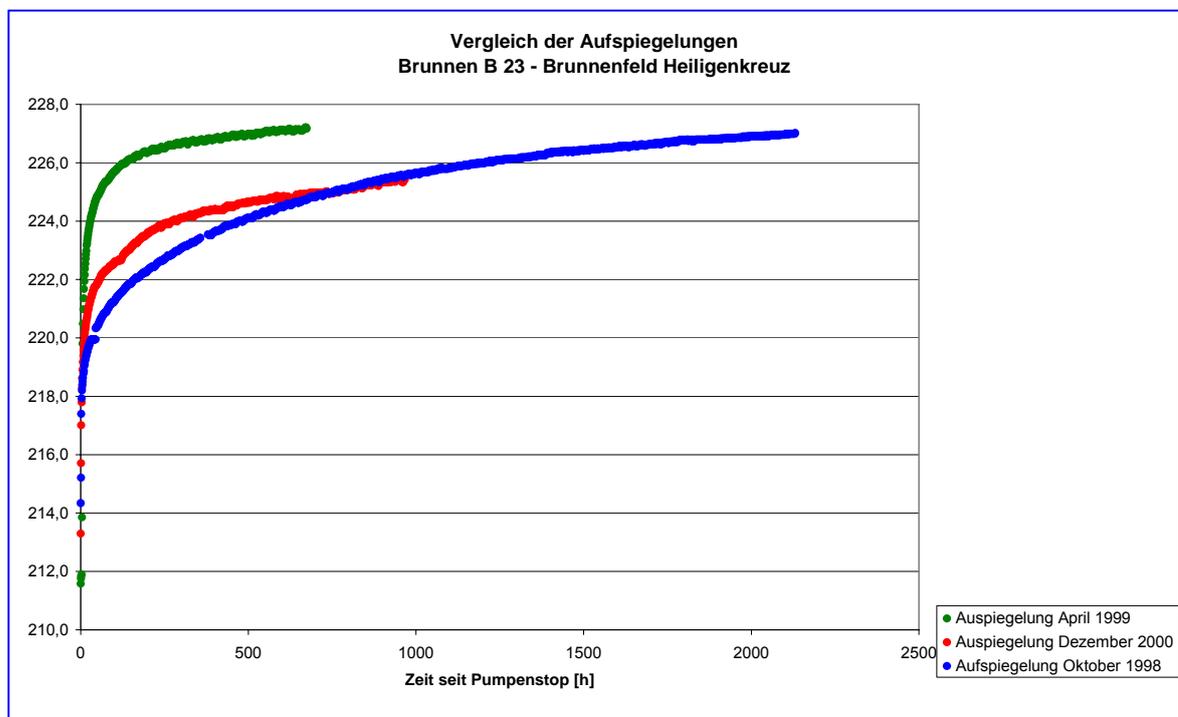


Abbildung 422: Vergleich von Aufspiegelungsphasen - Brunnen B 23 – Wasserverband Unteres Lafnitztal

13.5.2.4 Gesamtbetrachtung Brunnenfeld Heiligenkreuz

Aufgrund der hydraulischen Zusammenhänge zwischen den Brunnen im Bereich des Brunnenfeldes Heiligenkreuz ist für die Betrachtung der Nachhaltigkeit der Bewirtschaftung des gesamten Brunnenfeldes die Einbeziehung aller Förderbrunnen erforderlich. Aus diesem Grund wurde beim Wasserverband Unteres Lafnitztal die Fördermenge des gesamten Brunnenfeldes erhoben. In Abbildung 423 sind die Jahresfördermengen von 1976 bis 2003 dargestellt. Die dargestellte Gesamtfördermenge bezieht die seichtliegenden und die Tiefbrunnen ein. Die Fördermenge der seichtliegenden Brunnen betrug im Jahr 2002 etwa 13 l/s bei einer Gesamtentnahmemenge (seichtliegende und tiefe Brunnen) von fast 30 l/s. Weiters ist in diesem Zusammenhang die grenznahe Lage des Brunnenfeldes Heiligenkreuz zu erwähnen und die Tatsache zu berücksichtigen, dass auf ungarischer Seite im Bereich von Szentgotthard einige Tiefbrunnen existieren, deren hydraulischer Zusammenhang mit dem Brunnenfeld Heiligenkreuz im Rahmen von Pumpversuchen nachgewiesen wurde (H. HERLICKA, 2000).

Entsprechend dem Wasserbedarf stieg die Entnahmemenge seit 1976 nahezu ständig an. Speziell nach 1997 kam es zu einem sehr steilen Anstieg der Gesamtfördermenge. Zwischen 1979 und 2003 hat sich die Entnahmemenge von etwa 5 l/s auf etwa 40 l/s etwa verachtfacht.

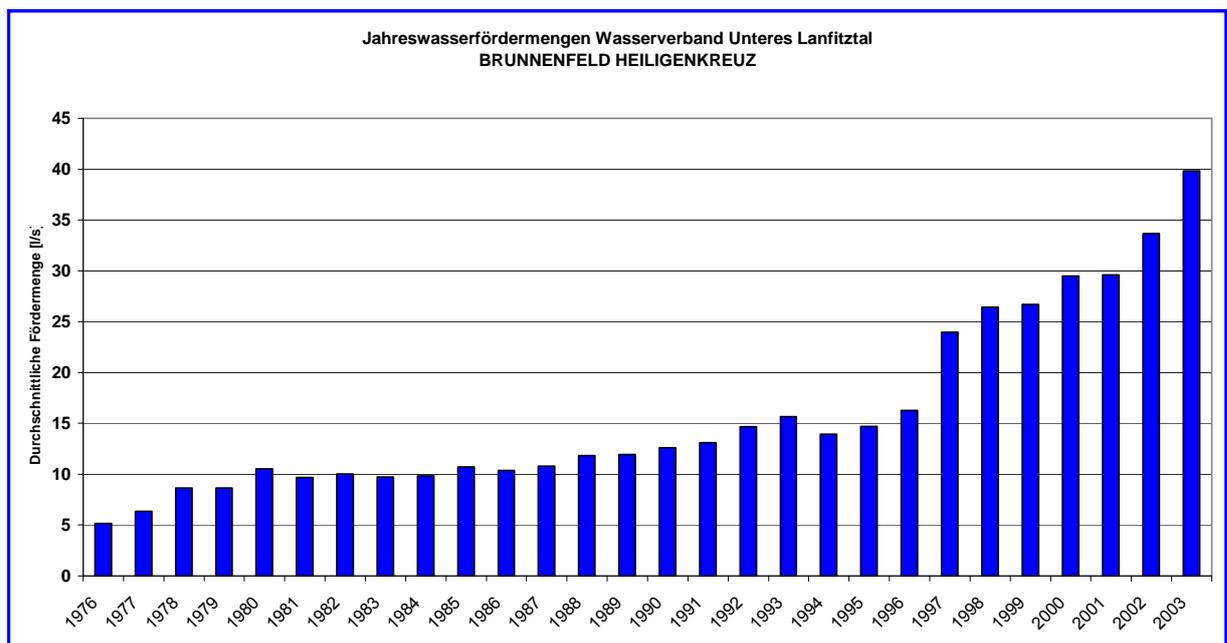


Abbildung 423: Jährliche Gesamtentnahmemenge Brunnenfeld Heiligenkreuz (1976 bis 2003)

Aus dieser Entnahmesteigerung resultiert zwangsläufig eine sinkende Tendenz des Wasserspiegels in den analysierten Tiefbrunnen des Brunnenfeldes Heiligenkreuz wie in den entsprechenden Ganglinien zu sehen ist. Auch die Tendenz der Ergiebigkeitskennlinien weist auf eine Abnahme der Ergiebigkeit der Tiefbrunnen hin. D.h. dass das Verhältnis der Absenkung/Fördermenge steigt. Die

Zunahme der Absenkungen steigt überproportional zur Fördermengesteigerung an. Da der hydraulische Zusammenhang zwischen den Tiefbrunnen auf ungarischer Seite und dem Brunnenfeld Heiligenkreuz besteht, beeinflusst aber auch das Fördergeschehen auf ungarischer Seite die Druckentwicklung des Brunnenfeldes Heiligenkreuz. In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, dass im Bereich von Szentgotthard erst kürzlich 5 gewerblich genutzte Tiefbrunnen (zusätzlich zu den schon länger bekannten Tiefbrunnen) bekannt geworden sind.

Um den eventuellen Einfluss von Verschlechterungen der Brunnenzuflussbedingungen (durch z.B. Versinterungen etc.) ausschließen zu können, wurden die Aufspiegelungsphasen der Brunnen analysiert. Die Detailbetrachtung der Aufspiegelungsphasen der einzelnen Brunnen zeigt, dass die meisten Brunnen den Ruhewasserspiegel früherer Betriebsjahre nicht mehr erreichen. Das bedeutet weiter, dass die Ergiebigkeitsabnahme dieser Brunnen nicht aus Brunnenschlechterungen resultiert, sondern auf einen sinkenden Wasserspiegel der Einzelbrunnen bzw. des zusammenhängenden Grundwasserfeldes aufgrund einer ungenügenden Regeneration zurückzuführen sind.

Zusammenfassend kann daher für das Brunnenfeld Heiligenkreuz gesagt werden, dass die steigende Entnahmemenge in Kombination mit der Nutzung der Tiefengrundwasserkörper im Bereich von Szentgotthard zu einer langfristig sinkenden Tendenz des Druckspiegels führen. Es zeigt sich, dass die bestehende Betriebsweise eine Übernutzung des Aquifers zur Folge hat. Dies bedeutet, dass unter den gegebenen Voraussetzungen und Entnahmemengen mit einem weiteren Absinken des Wasserspiegels zu rechnen ist.

13.5.3 Nachhaltige Nutzung - Grundlegende Aussagen

- Aufgrund der weiträumigen Zusammenhänge in gespannten Aquiferen ist die alleinige Beurteilung von einzelnen Brunnen oft nicht zielführend, da dessen Druckverhalten vom Fördergeschehen weit entfernter Brunnen überprägt sein kann.
- Die Beurteilung der zeitlichen Entwicklung des Aquiferdruckes (Lage des Wasserspiegels) ist nur in Kombination mit der detaillierten Betrachtung der zeitlichen Entwicklung der Fördermengen des betrachteten Brunnens zielführend. Anderenfalls können Über- bzw. Fehlinterpretationen der Druckspiegelganglinien auftreten.
- Bei der Detailbetrachtung der Förderdaten von Brunnen ist der Einfluss eventueller Verschlechterungen der Zuflussbedingungen zu bewerten. Dies ist mit Hilfe der vergleichenden Analyse verschiedener Aufspiegelungsphasen bzw. deren Änderung in der Betriebsphase möglich.
- Aufgrund der weiträumigen hydraulischen Zusammenhänge in Tiefenaquiferen ist die exakte Beurteilung der möglichen Dauerentnahmemengen nur unter Einbeziehung der

Entnahmemengen im gesamten Brunnenfeld möglich. Die Erstellung und Berechnung hydraulischer Grundwassermodelle kann eine Entscheidungshilfe zur Festlegung der möglichen Entnahmemengen sein. Das Brunnenfeld Heiligenkreuz würde sich aufgrund der vorliegenden Informationen und der bestehenden Datendichte, sowie der Grenzsituation für eine Modellumsetzung (3D, instationär) anbieten.

- Der normale Förderbetrieb vieler Brunnen läuft weitgehend unter instationären Bedingungen ab. Die durch den Pumpbetrieb vorgegebenen Förderraten können meist nur kurzfristig beibehalten werden und werden durch Absenkungslimits begrenzt. Diese Absenkungslimits und die bedarfsgerechte Steuerung der Brunnen führt zu einer Vielzahl von Ein- und Ausschaltzyklen der Förderpumpen.
- Die analysierten Detailbetrachtungen zeigen, dass im NANUTIWA-Gebiet Bereiche mit nachhaltiger Nutzung aber auch Bereiche mit Übernutzungsanzeichen existieren. Eine detaillierte Analyse kann nur auf Basis der Förderdaten des jeweiligen Brunnengebietes und z.T. grenzüberschreitend erfolgen. Für den gesamten, im Rahmen der Umsetzung der EU-WRRL definierten Tiefengrundwasserkörper im NANUTIWA-Gebiet lässt sich im Sinne der EU-WRRL derzeit kein mengenmäßiges Risiko erkennen.

14 Gesamtzusammenfassung

Das Projekt NANUTIWA diente der Erarbeitung von hydrogeologischen Grundlagen, welche als Entscheidungshilfe für die wasserwirtschaftliche Planung herangezogen werden können.

Im folgenden wird versucht eine Gesamtzusammenfassung wichtiger Fakten, Ergebnisse und Teilergebnisse des Projektes NANUTIWA durchzuführen.

Aufgrund der Projektgebietsgröße und dem inhomogenen Aufbau des Untergrundes können nicht alle generalisierten Ergebnisse zur Bearbeitung von Detailfragestellungen herangezogen werden.

Die Gliederung der folgenden Punctuation erfolgt etwa entsprechend der Kapitelgliederung des vorliegenden Berichtes.

Beauftragung: Das Projekt NANUTIWA wurde mit den Teilaufträgen vom Amt der Burgenländischen Landesregierung (8.Februar 2000), vom Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (12.Dezember 2000), vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft (12.Dezember 2000) und vom Amt der Steiermärkischen Landesregierung (1.Juni 2001) beauftragt.

Projektmanagement: Mit dem Projektmanagement wurde das Institut für Hydrogeologie und Geothermie (mittlerweile umbenannt in Institut für WasserRessourcenManagement) der JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH beauftragt.

Projektverantwortliche: Univ.-Prof. Dr. H. Zojer, Dipl.-Ing. G. Domberger

Projekttitle: Der vollständige Titel des Projektes NANUTIWA lautet: „Hydrogeologische Grundlagen für eine nachhaltige Nutzung der Tiefengrundwässer im Bereich des Oststeirischen und Pannonischen Beckens“.

Projektkurzbezeichnung: Die Projektkurzbezeichnung NANUTIWA ergibt sich aus den Teilen **NA**chhaltige, **NU**tzung und **TiefenWA**sser.

Projektgebiet: Das Projektgebiet von NANUTIWA erstreckt sich über ein Gebiet von etwa 82x84 km und weist eine Gesamtfläche von 4290 km² auf. Das eigentliche Projektgebiet, in welchem Tiefenaquifere als Trinkwasserspender genutzt werden, besitzt eine Fläche von 2870 km², also etwa 2/3 des Gesamtprojektgebietes. Das Projektgebiet umfasst große Bereiche der Bezirke Feldbach, Fürstenfeld, Hartberg, Weiz, Güssing, Jennersdorf, Oberwart und kleine Teile angrenzender Bezirke.

Gesamtkosten: Die Gesamtkosten des Projektes NANUTIWA betragen € 1.080.950.— und wurden zu etwa gleichen Teilen von den beiden Ländern (Steiermark, Burgenland) und den beiden Ministerien (BMLFUW, BMWA) finanziert.

Projektteam: Die Bearbeitung des Projektes, welches über eine Gesamtdauer von 3 Jahren konzipiert wurde, erfolgte durch Joanneum Research GmbH, Dr. P. Niederbacher, Geoteam GmbH, Dr. J. Meyer, Dipl.-Ing. W. Erhart-Schuppek und das Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau der TU Graz.

Projektdatenbank: Die Datenbasis des Projektes ist die Projektdatenbank PRODATA, welche für die Bearbeitung des gesamten Projektes NANUTIWA herangezogen wurde. In der Datenbank PRODATA sind etwa 4000 Bohrungen, Brunnen und Hausarteeser eingetragen und koordinatenmäßig erfasst.

Literaturdatenbank: Die verwendeten Berichte und erhobenen Unterlagen wurden in der Literaturdatenbank LIMEDATA systematisch und mit geografischem Bezug erfasst. In LIMEDATA sind 623 Einträge enthalten.

GIS-Bearbeitung: Aufgrund der Größe des Projektgebietes wurde das gesamte Projekt mit Hilfe der GIS-Software ARCVIEW und ARCGIS umgesetzt. Die Projektdatenbank PRODATA sowie die GIS-Grundlagen liegen dem Endbericht auf DVD bei. Die für das Projekt aufbereiteten GIS-Daten stellen ein mächtiges Werkzeug für die zukünftige Bearbeitung des Gebietes dar. Eine Pflege, Aktualisierung und regelmäßige Ergänzung von PRODATA und der gesamten GIS-Datenbasis ist daher erforderlich.

Geologie:

- Im Themenbereich Geologie wurde die gesamte geologische Datenbasis neu bearbeitet und eine zusammenführende geologische Karte erstellt.
- Weiters erfolgte die Konstruktion von 14 Längs- und Querprofilen, welche den gesamten geologisch-stratigrafischen Aufbau bis zum Grundgebirgsuntergrund beinhalten. Im Hinblick auf ein geplantes Ergänzungsprojekt, welches vorrangig die Nutzung der Thermalwässer zum Ziel haben soll, wurden die geologischen Grundlagen bis in entsprechende Tiefen erarbeitet.
- Die Ergebnisse wurden zur Verbesserung der Interpretationsmöglichkeiten im 3D-GIS umgesetzt und visualisiert.

Aquifersystemanalyse:

- Im Themenbereich Aquifersystemanalyse erfolgte die Weiterverarbeitung der geologischen Grundlagen und deren Umsetzung zur Beurteilung wasserwirtschaftlicher Fragestellungen.
- Aufgrund der Sedimentationsgeschichte besteht ein sehr inhomogener Untergrundaufbau, der Korrelationen von Aquiferen nur in Teilbereichen ermöglicht.

- Hydraulische Zusammenhänge zwischen verschiedenen Brunnen sind in vielen Bereichen eindeutig nachweisbar. Es existieren aber auch Bereiche, in welchen die Brunnen entgegen den Erwartungen nicht hydraulisch kommunizieren.
- Die Auswertung und Neubewertung der k_f -Werte erbrachte Werte zwischen $2 \cdot 10^{-6}$ m/s und $3 \cdot 10^{-4}$ m/s. Daraus lässt sich für das NANUTIWA-Gebiet ein durchschnittlicher Gebiets- k_f -Wert von etwa $2 \cdot 10^{-5}$ m/s anschätzen.
- Im Rahmen des Themenbereiches Aquifersystemanalyse erfolgte die Erstellung von 14 hydrogeologischen Längs- und Querprofilen, die die detaillierten Ergebnisse der Korrelation wasserführender Schichten und z.T. grundwasserstauender Leithorizonte beinhalten. Die korrelierten Schichten wurden ebenfalls im 3D-GIS visualisiert.
- Es besteht eine generelle Grundwasserströmungsrichtung von Westen nach Osten, mit einer zentralen Ausrichtung der Fließrichtung auf den Bereich des unteren Lafnitz- und Raabtales.
- Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass sich die jährliche Schwankung der untersuchten Druckspiegelganglinien generell zwischen 0,1 und 1,5 m bewegt, wobei eine Tiefenabhängigkeit nicht festgestellt werden kann.

Grundwasserneubildung, Wasserbilanz:

- Im Rahmen der Untersuchung der Grundwasserneubildung erfolgte der Aufbau einer einheitlichen hydrologischen Datenbasis. Diese beinhaltet die Tiefenaquifere und das oberflächennahe Grundwasser, sowie das Niederschlags- und das Abflussgeschehen.
- Alle Möglichkeiten der Grundwasserneubildungsmechanismen wurden analysiert. Ein Hauptteil der Grundwasserneubildung erfolgt im NANUTIWA-Gebiet durch eine direkte Versickerung der Hauptflüsse in die Tiefenaquifere. Die anderen Möglichkeiten der Grundwasserneubildung wurden beschrieben, sind jedoch mengenmäßig von deutlich geringerer Bedeutung. Aufgrund dieser Ergebnisse besitzen die Methoden der Berechnung der klimatischen Wasserbilanz nur eingeschränkt Gültigkeit.
- Die Tiefengrundwasserneubildung hängt nachweisbar intensiv mit den Oberflächengewässern zusammen. Aus diesem Grund sollte im Rahmen von Maßnahmen im Bereich der Oberflächengewässer (Kraftwerke, Deponien, Verkehrswege etc.) auch dieser Aspekt Berücksichtigung finden.
- Mit der Berechnung von zwei Typen von hydraulischen Strömungsmodellen wurde versucht, die Grundwasserneubildung und das Strömungsverhalten der Tiefengrundwässer zu simulieren und quantifizieren. Es zeigte sich, dass viele kleinräumige Zirkulationssysteme

(Infiltrations- und Exfiltrationszonen) bestehen und keine einheitliche großräumige Zirkulation besteht.

- Die Berechnung von Strömungsmodellen mit Prognosefähigkeit kann nur auf Basis instationärer 3D-Strömungsmodelle erfolgen, da dies den realen Fließbedingungen am nächsten kommt. Dies erfordert langfristige Zeitreihen der Förderdaten und eine detaillierte räumliche Beschreibbarkeit der Aquifere. In jedem Fall muss von einem hohen Bearbeitungsaufwand ausgegangen werden. Auch die Rechnerkapazität wäre in diesen Strömungsmodellen extrem gefordert. Dennoch sollte die Realisierung instationärer 3D-Modelle als wissenschaftliche Zielvorstellung verfolgt werden. Ein realisierbarer Zwischenschritt wäre die Kombination mehrerer Profilmodelle.

Wassereigenschaften:

- Im Zuge der Interpretation der hydrochemischen und isotopehydrologischen Datenbasis bestätigt sich die komplexe und lokal unterschiedliche Genese der Tiefengrundwässer im NANUTIWA-Gebiet.
- Die hohen Verweilzeiten der meisten Tiefengrundwässer bedingen deren Neubildung in Zeiten, in denen anthropogene Belastungen durch Landwirtschaft oder Industrie nicht vorhanden waren.
- Der Mangel oder das Fehlen von Sauerstoff sowie die teilweise Anwesenheit von postvulkanischem CO₂ führen zur einer speziellen hydrochemischen Genese der Wässer, welche sich in den speziellen hydrochemischen Eigenschaften manifestiert.
- Kationenseitig sind die Wässer von Kalzium und Natrium dominiert. Anionenseitig dominiert Hydrogenkarbonat. Chlorid und Sulfat treten meist nur in untergeordneten Konzentrationen auf.
- Das Alter (mittlere Verweilzeit) der Wässer liegt zwischen rezent und etwa 50.000 Jahren. Wässer mit Anteilen rezenter Wasserkomponenten können nicht als Tiefengrundwässer im klassischen Sinn bezeichnet werden.
- Die Gesamteigenschaften zeichnen Tiefengrundwässer im besonderen hinsichtlich des Schutzes gegenüber Schadstoffeinträgen von der Oberfläche aus.
- Tiefengrundwässer sind daher von besonderer Bedeutung im Zusammenhang mit der Trinkwassernotversorgung im Fall von Umweltkatastrophen.

- Gegenüber den Einflüssen von Überschwemmungen und Trockenzeiten ist Tiefengrundwasser ebenfalls weitgehend resistent und daher auch im Sinne von Trinkwassermangelzeiten von größter Bedeutung.

Nutzung, Bedarf, Dargebot:

- Die Gesamtentnahme an Tiefengrundwasser im NANUTIWA-Gebiet beträgt mindestens 473 l/s (14,9 Mio. m³/a), dürfte aber aufgrund verschiedener Datenunsicherheiten tatsächlich höher liegen.
- Im Burgenland erfolgt etwa 41% der Gesamtentnahme; der Anteil der Pumpentnahmen liegt deutlich über dem Anteil des freien Überlaufs. Der Anteil der Entnahmemenge auf steirischem Projektgebiet liegt bei etwa 59%. In der Steiermark liegen geringere Pumpentnahmen (22%) als Entnahmen mit freiem Überlauf (37%) vor. Die generelle Bilanz zwischen Pumpentnahmen und freiem Überlauf ist nahezu ausgeglichen.
- Im NANUTIWA-Gebiet wurden insgesamt 1947 Brunnen der verschiedenen Nutzungsarten (öffentliche Wasserversorger, gewerbliche Brunnen, private „Hausarteeser“) erhoben und in der Datenbank PRODATA eingetragen.
- Es zeigt sich, dass die private Nutzung bezogen auf die Anzahl der Brunnen überwiegt. Der hohe Anteil privater Nutzungen ist von Bedeutung, da diese „Hausarteeser“ oft nur zu einem kleinen Teil genutzt werden und ein erheblicher Anteil ungenutzt abfließt. Der Nutzungsgrad dieser Brunnen kann durchschnittlich mit etwa 20% angegeben werden, geht in vielen Fällen jedoch gegen 0%. Daraus ergibt sich für den burgenländischen Anteil des NANUTIWA-Gebiets eine ungenutzt abfließende Tiefengrundwassermenge von von etwa 70-80 l/s, für den steirischen Anteil etwa 170-180 l/s. Da die Neubildung von Tiefengrundwasser begrenzt ist, ergibt sich in Zusammenhang mit diesen frei ausfließenden, hochwertigen Trinkwasserressourcen aus wasserwirtschaftlicher Sicht ein zukünftiger Handlungsbedarf.
- Die Versorgungsstruktur im NANUTIWA-Gebiet ist landesspezifisch unterschiedlich. Während im Burgenland wenige Wasserverbände mit großen Verteilungsnetzen bestehen, sind in der Steiermark wesentlich mehr kleine, oft gemeindeeigene Versorgungsnetze vorhanden.

EU-Wasserrahmenrichtlinie:

- Der Tiefengrundwasserkörper im Bereich des NANUTIWA-Gebietes wurde im Zusammenhang mit der Umsetzung der EU-WRRL nicht untergliedert, wodurch der Aquifer im NANUTIWA-Gebiet als einheitlicher Tiefengrundwasserkörper verstanden werden kann. Aufgrund der in NANUTIWA erarbeiteten Informationen kann davon ausgegangen werden, dass die Definition eines einzigen Tiefengrundwasserkörpers zutreffend ist.

- In ein flächendeckendes quantitatives und qualitatives Monitoringnetz sollten vorrangig die Brunnen der öffentlichen Wasserversorger einbezogen werden. Eine Verbesserung und Vereinheitlichung der Datenaufzeichnung, -dokumentation und -auswertung ist anzustreben.
- Das Monitoring muss so ausgelegt sein, dass zeitliche Änderungen der qualitativen und quantitativen Parameter dokumentiert und analysiert werden können. Im Idealfall erfolgt die Datenaufzeichnung mittels Datensammler. Einzelmessungen mit großen Zeitabständen sind nicht ausreichend. In Teilbereichen besteht bereits ein Monitoring der Tiefbrunnen (z.B. Brunnen Monitoring System Burgenland und andere öffentliche Wasserversorger). NANUTIWA-gebietsweit besteht jedoch kein einheitliches Monitoringnetzwerk. Eine regelmäßige Zusammenführung der unterschiedlichen Datenbestände wäre daher zielführend um großflächige Zusammenhänge und Änderungen analysieren zu können.
- Eine zusammenführende länderübergreifende Auswertung der Monitoringdaten ist erforderlich, da die Tiefengrundwasserkörper weiträumige Zusammenhänge aufweisen.

Nachhaltigkeit:

- Aufgrund der weiträumigen Zusammenhänge in gespannten Aquiferen ist die alleinige Beurteilung von einzelnen Brunnen oft nicht zielführend. Aus diesem Grund sind Betrachtungen der gesamten Brunnenfelder anzustreben.
- Die exakte Beurteilung der möglichen Dauerentnahmemengen ist nur unter Einbeziehung der Entnahmemengen im gesamten Brunnenfeld möglich.
- Der normale Förderbetrieb vieler Brunnen läuft weitgehend unter instationären Bedingungen ab. Diese Tatsache ist in sämtliche hydraulischen Auswertungen einzubeziehen.
- Die analysierten Detailbetrachtungen zeigen, dass im NANUTIWA-Gebiet Bereiche mit nachhaltiger Nutzung aber auch Bereiche mit Übernutzungsanzeichen existieren. Eine detaillierte Analyse kann nur auf Basis der Förderdaten des jeweiligen Brunnengebietes erfolgen. Für den gesamten, im Rahmen der Umsetzung der EU-WRRL definierten Tiefengrundwasserkörper im NANUTIWA-Gebiet lässt sich im Sinne der EU-WRRL derzeit kein mengenmäßiges Risiko erkennen.

Graz, November 2005

Dipl.-Ing. Gunnar Domberger
(Projektmanagement)

Univ.-Prof.Dr. Hans Zojer
(Institutsleiter)

15 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Auftraggebervertreter und Bearbeitungsteam	12
Abbildung 2: NANUTIWA-Logo.....	13
Abbildung 3: NANUTIWA-Gebiet in Österreich.....	15
Abbildung 4: Projektgebiet von NANUTIWA im Detail	16
Abbildung 5: Kartenspiegel GK 50.000, Stand 2000/2001	28
Abbildung 6: Geologische Übersichtskarte (Grundlage GK 1:500.000), Blattschnitte ÖK 50, Koordinaten BMN34 und Umgrenzung des Arbeitsgebietes (rote Linien).....	29
Abbildung 7: Lage der für das Projektgebiet erworbenen SPOT-Szene.	34
Abbildung 8: Verteilung der erfassten Veröffentlichungen nach Hauptgruppen.....	35
Abbildung 9: LIMEDATA - Startformular	37
Abbildung 10: LIMEDATA – Eingabehauptformular.....	37
Abbildung 11: LIMEDATA - Abfrageformular	38
Abbildung 12: Ergebnisdarstellung der LIMEDATA-Einträge im GIS	39
Abbildung 13: Einträge pro erhebende Institution.....	40
Abbildung 14: LIMEDATA-Einträge mit Flussgebietsbezug	40
Abbildung 15: Zeitraum der Basiserhebungen.....	44
Abbildung 16: Räumliche Abdeckung	44
Abbildung 17: Umgrenzung des Untersuchungsgebietes (Ausschnitt aus der Geologischen Karte 1:1.5 Mio vergrößert auf 1:1 Mio GBA).....	46
Abbildung 18: Übersicht geologische Kartenwerke der Österreichischen Geologischen Bundesanstalt 1:50.000 und 1:200.000 (Datenquelle: http://www.geolba.ac.at , Kartenspiegel GK Steiermark , Burgenland 1:200.000 und Projektgebiet ergänzt)	48
Abbildung 19: Anzahl aller Brunnen in den Gemeinden	49
Abbildung 20: Verwendete Seismiklinien.....	53

Abbildung 21: Interpretation der Reflexionsseismik RI 9901 (West – Ost).....	54
Abbildung 22 : Interpretation der Reflexionsseismik UL 9901 (Nord-Süd).....	55
Abbildung 23: Interpretation der Reflexionsseismiklinien FF0101 (rechts; West-Ost) und FF0102 (links; Nord-Süd)	55
Abbildung 24: Seismiklinie JE 0101 (Nordwest-Südost) mit dem Brunnen 1	56
Abbildung 25: Interpretation der Reflexionsseismiklinie JE 0102 Nordwest-Südost).....	57
Abbildung 26: Interpretation der Reflexionsseismiklinie JE 0103 (Süd-Nord).....	57
Abbildung 27: Interpretation der Reflexionsseismiklinie JE0104 (Südwest-Nordost).....	58
Abbildung 28: Vergleich zweier Seismiklinien an der selben geologischen Position	59
Abbildung 29: Reflexionsseismiklinie IL 9301(Nord-Süd).....	60
Abbildung 30: Reflexionsseismiklinie BW 9001 (Südest-Nordost)	61
Abbildung 31: Reflexionsseismiklinie BW 9002 (West-Ost)	61
Abbildung 32: Reflexionsseismiklinie OL 0201 (Nord-Süd).....	62
Abbildung 33: Seismiklinien OL 0203, OL 0202 und OL 0201	63
Abbildung 34: Reflexionsseismiklinie OL 0203 (Nord-Süd).....	64
Abbildung 35: Detailausschnitt der Seismiklinie OL 0203 mit der Bohrung Markt Allhau 7	65
Abbildung 36: Aus dem Processing abgeleitetes Geschwindigkeitsmodell.....	66
Abbildung 37: Die Lage der Seismiklinie im Bereich von Kaindorf bezogen auf die Strukturkarte Kröll et al., 1988.....	67
Abbildung 38: Ausschnitt der geologischen Karte und die Linien von Kaindorf (rot) und vorhandene Seismiklinien der KW-Prospektion der RAG (blau) im Steirischen Neogenbecken	67
Abbildung 39: Seismiklinie Dombachtal 1	69
Abbildung 40: Seismiklinie Kaindorf 1 (kdf1)	70
Abbildung 41: Seimiklinie Kaindorf 2 (kdf2)	71

Abbildung 42: Seismiklinie Kaindorf 3 (kdf3)	72
Abbildung 43: Aus KOSI, 2002: Die Zuordnung der Sequenzen UPa-1 und UPa-2 zu der lithostratigraphischen Gliederung nach GROSS (2000).....	74
Abbildung 44: Oberfläche der prätertiären Umrahmung und des präteriären Untergrundes	78
Abbildung 45: Relief des Prätertiärs: Kombination der Umrahmung (vereinfachte Topografie) und des Beckenuntergrundes (aus FLÜGEL et al, 1988)	80
Abbildung 46: Übersicht - Position des Steirischen Beckens im Raum Alpen – Karpaten.....	82
Abbildung 47: Übersicht über die neogene Evolution des Steirischen Beckens (nach EBNER & SACHSENHOFER, SPERL & WAGINI, 1996)	83
Abbildung 48: Seismiklinie RAG F 206 mit Interpretation des Ablagerungsregimes aus SACHSENHOFER, SPERL & WAGINI (1996)	85
Abbildung 49: Verbreitung der von jüngeren Sedimenten bedeckten Vulkangebiete im Steirischen Becken (Abgedeckte Geologische Karte des Steirischen Beckens, KOLLMANN, 1965).....	87
Abbildung 50: Kumulative Schichtmächtigkeiten nach EBNER & SACHSENHOFER 1991 (die im Projektgebiet relevanten Beckenbereiche sind hervorgehoben).....	88
Abbildung 51: Rekonstruktion Top Sarmat	89
Abbildung 52: Übersicht der miozänen und Pliozän- Neotektonischen (Insert) Spannungsverhältnisse im Alpin – Karpatisch – Pannonischen Raum nach PERESSON & DECKER, 1997	90
Abbildung 53: Skizzenhafte Darstellung des Durchpausens von Störungen des Untergrundes an der Geländeoberfläche	91
Abbildung 54: Lage der für das Projektgebiet erworbenen stereoskopischen SPOT-Szene	92
Abbildung 55: Lage des Untersuchungsgebietes mit ausgewiesenen Fotolineamenten.	93
Abbildung 56: Lage der mittels DHM ausgewerteten Untersuchungsbereiche.	94
Abbildung 57: Fotolineamente	94
Abbildung 58: Fotolineamente (grün) und ergänzende Lineamente aus dem DHM (rot).....	95
Abbildung 59: Überlagerung der Fotolineamente mit bekannten Strukturen.....	97

Abbildung 60: Vergleich der Lage kartierter Störungen (KRAINER, 1987) mit Fotolineamenten	98
Abbildung 61: Verifizierte Lineamente	100
Abbildung 62: Lineamente im Bereich Jennersdorf	102
Abbildung 63: Skizze des Oststeirischen Beckens als "pull-apart-Becken" (Beckenuntergrund nach KRÖLL et al., 1988).	104
Abbildung 64: Übersichtslageplan des Projektgebietes.....	106
Abbildung 65: Hauptelemente und Tiefbohrungen im NANUTIWA-Gebiet (aus EBNER & SACHSENHOFER, 1991).....	106
Abbildung 66: Absolute Altersdatierung des Neogens (nach STEININGER et al. – 1990) aus EBNER & SACHSENHOFER (1991)	107
Abbildung 67: Legendenblatt zu den folgenden paläogeografischen Skizzen (aus EBNER F. & SACHSENHOFER, 1991).....	108
Abbildung 68: Vereinfachte Gegenüberstellung (aus GROSS, 2000).....	109
Abbildung 69: Die Schichtfolge des Neogens im Burgenland (aus ZORN, 2000)	110
Abbildung 70: Paläogeographische Skizze des Otnang (nach EBNER & SACHSENHOFER, 1991)	111
Abbildung 71: Paläogeographische Skizze des Karpat (nach EBNER. & SACHSENHOFER, 1991).....	112
Abbildung 72: Paläogeographische Skizze des Baden (nach EBNER. & SACHSENHOFER, 1991).....	113
Abbildung 73: Paläogeographische Skizze des Untersarmat (nach EBNER. & SACHSENHOFER, 1991) .	116
Abbildung 74: Paläogeographische Skizze des Obersarmat (nach EBNER. & SACHSENHOFER, 1991)..	118
Abbildung 75: Sarmatische Wechsellagerung bei der Schottergrube Wiesfleck bei Pinkafeld	120
Abbildung 76: Paläogeographische Skizze des Pannon (nach EBNER F. & SACHSENHOFER F., 1991)	121
Abbildung 77: Gesamter Aufschluß bei Steinhöfl (Pannon)	124
Abbildung 78: Typische Wechsellagerung beim Aufschluß bei Steinbüchl (Pannon)	125
Abbildung 79: Fest gelagerte Sande Aufschluß bei Steinbüchl (Pannon).....	125

Abbildung 80: Kreuzschichtungen beim Aufschluß Steinhöfl (Pannon)	126
Abbildung 81: Wechsellagerung Aufschluß Steinhöfl (Pannon)	126
Abbildung 82: Schottergrube Kolmegg (wahrscheinlich Schemerl Schotter)	127
Abbildung 83: Päläogeographische Skizze des Oberpannon (nach EBNER F. & SACHSENHOFER F., 1991)	130
Abbildung 84: Schematische Darstellung (aus M. GROSS, 2000).....	131
Abbildung 85: Lageplan der geologischen Schnitte A bis N	137
Abbildung 86: 3D-Umsetzung der Profilschnitte A-N	143
Abbildung 87: Lageplan der wichtigsten Grundwasserfelder im Burgenland	146
Abbildung 88: Brunnenkopf Brunnen B4 - WV Südl. Burgenland 1	147
Abbildung 89: Grafische Darstellung der Betriebsdaten eines Beobachtungsjahres am Brunnen B17 des Wasserverbandes Unteres Lafnitztal	147
Abbildung 90: Buch Geiseldorf – Druckspiegelganglinie, Beobachtungszeitraum 1980-2000	153
Abbildung 91: Waltersdorf Nord – Druckspiegelganglinie, Beobachtungszeitraum 1989-2001	154
Abbildung 92: Waltersdorf Süd – Druckspiegelganglinie, Beobachtungszeitraum 1988-1996	155
Abbildung 93: Kaindorf 1 – Druckspiegelganglinie, Beobachtungszeitraum 1983-1989.....	156
Abbildung 94: Kaindorf 2 – Druckspiegelganglinie, Beobachtungszeitraum 1983-1989.....	157
Abbildung 95: Blumau (Filterstrecke B) – Druckspiegelganglinie, Beobachtungszeitraum 1975-1985	158
Abbildung 96: Hirnsdorf 1 – Druckspiegelganglinie, Beobachtungszeitraum 1991-1999.....	159
Abbildung 97: Kroisbach – Druckspiegelganglinie, Beobachtungszeitraum 1981-2000	160
Abbildung 98: Großsteinbach II – Druckspiegelganglinie, Beobachtungszeitraum 1991-2001	161
Abbildung 99: Großhartmannsdorf Sonde 1 – Druckspiegelganglinie, Beobachtungszeitraum 1989- 1994	162

Abbildung 100: Großhartmannsdorf Sonde 2 – Druckspiegelganglinie, Beobachtungszeitraum 1991-2001	162
Abbildung 101: Obgrün V1 – Druckspiegelganglinie, Beobachtungszeitraum 1991-2001	163
Abbildung 102: Obgrün V2 – Druckspiegelganglinie, Beobachtungszeitraum 1989-2001	164
Abbildung 103: Hainersdorf – Druckspiegelganglinie, Beobachtungszeitraum 1989-1995	165
Abbildung 104 Großwilfersdorf – Druckspiegelganglinie, Beobachtungszeitraum 1949-1999	165
Abbildung 105: Neudau 1 und 2 – Druckspiegelganglinie, Beobachtungszeitraum 1991-1999	166
Abbildung 106: Busental – Druckspiegelganglinie, Beobachtungszeitraum 1988-1995	167
Abbildung 107: Jobst – Druckspiegelganglinie, Beobachtungszeitraum 1978-1983 und 1990-1999	168
Abbildung 108: Markt Hartmannsdorf – Druckspiegelganglinie, Beobachtungszeitraum 1991-2000	169
Abbildung 109: Potenzialverteilung im NANUTIWA-Gebiet.....	175
Abbildung 110: Halblogarithmische Absenkungskurve mit zeitlichem Auftreten der brunnen- und aquiferspezifischen Einflüsse (SINGHAL & GUPTA, 1999)	181
Abbildung 111: Typische Aquifermodelle und Bohrlocheinflüsse sowie ihre Absenkungs- und Wiederanstiegskurven (DvWK, 1987).....	182
Abbildung 112: Auswertung der Absenkungskurve (links) und des Gesamtpumpversuches (rechts) nach THEIS.....	183
Abbildung 113: Auswertung der Aufspiegelungskurve nach THEIS	183
Abbildung 114: Auswertung der Absenkungskurve nach THEIS	184
Abbildung 115: Auswertung der Absenkungskurven vom Horizont 1 (links) und vom Horizont 2 (rechts) nach THEIS	184
Abbildung 116: Auswertung der Absenkungskurve vom Horizont 3 nach THEIS.....	185
Abbildung 117: Auswertung der Absenkungskurve nach THEIS	185
Abbildung 118: Auswertung der Absenkungs- und Aufspiegelungskurve nach THEIS	186
Abbildung 119: Auswertung der Absenkungskurve nach THEIS	186

Abbildung 120: Auswertung der Aufspiegelung nach THEIS, brunnenferner Bereich, Aquifer (links) und brunnennaher Bereich, Skin (rechts).....	187
Abbildung 121: Auswertung der Aufspiegelung nach THEIS, brunnenferner Bereich, Aquifer (links) und brunnennaher Bereich, Skin (rechts).....	187
Abbildung 122: Auswertung der Absenkungs- (links) und der Aufspiegelungskurve (rechts) nach THEIS	188
Abbildung 123: Auswertung der Aufspiegelungskurve nach THEIS	188
Abbildung 124: Auswertung der Absenkungskurve nach THEIS	189
Abbildung 125: Auswertung der Aufspiegelungskurve nach THEIS	189
Abbildung 126: Auswertung der Aufspiegelung nach THEIS	190
Abbildung 127: Auswertung der Absenkungskurve nach THEIS	190
Abbildung 128: Auswertung der Aufspiegelungskurve nach THEIS	191
Abbildung 129: Auswertung der Absenkungskurve nach THEIS	191
Abbildung 130: Auswertung der Absenkungs- (links) und der Aufspiegelungskurve (rechts) nach THEIS	192
Abbildung 131: Auswertung des Gesamtpumpversuches nach THEIS, Beobachtungsbrunnen Mariasdorf 1 (links) und Beobachtungsbrunnen Mariasdorf 2 (rechts)	192
Abbildung 132: Auswertung der Absenkungs- (links) und der Aufspiegelungskurve (re.)nach THEIS	193
Abbildung 133: Auswertung der Absenkungs- (links) und der Aufspiegelungskurve (rechts) nach THEIS	193
Abbildung 134: Auswertung der Absenkungskurve nach THEIS mit mehrmaligen Pumpausfällen.....	194
Abbildung 135: Auswertung der Absenkungskurve nach THEIS	194
Abbildung 136: Auswertung der Absenkungskurve nach THEIS (links) und nach PAPADOPULOS & COOPER, Brunnenspeicherung (rechts)	195
Abbildung 137: Auswertung des Dauerpumpversuches, Unterwart 1 (links) und Unterwart 2 (rechts)	196

Abbildung 138: Auswertung des Dauerpumpversuches, Unterwart 3 (links) und Unterwart 4 (rechts)	196
Abbildung 139: Auswertung der Absenkungs- (links) und der Aufspiegelungskurve (rechts) nach THEIS	197
Abbildung 140: Auswertung der Absenkungs- (links) und der Aufspiegelungskurve (rechts) nach THEIS	197
Abbildung 141: Auswertung der Absenkungs- (links) und der Aufspiegelungskurve (rechts) nach THEIS	198
Abbildung 142: Auswertung der Absenkungskurve nach THEIS	198
Abbildung 143: Auswertung der Absenkungskurve nach THEIS	199
Abbildung 144: Auswertung der Absenkungskurve (links) nach COOPER & JACOB und der Wiederanstiegskurve (rechts) nach THEIS	199
Abbildung 145: Auswertung der Absenkungskurve (links) nach COOPER & JACOB und der Wiederanstiegskurve (rechts) nach THEIS	200
Abbildung 146: Auswertung des Gesamtpumpversuches nach THEIS (links) und der Absenkungskurve der ersten Förderstufe nach COOPER & JACOB (rechts)	200
Abbildung 147: Auswertung der Wiederanstiegskurven nach THEIS, nach der ersten (links) und der zweiten Förderstufe (rechts)	201
Abbildung 148: Auswertung der Absenkungskurve (links) und der Wiederanstiegskurve (rechts) nach THEIS	201
Abbildung 149: Auswertung der Absenkungskurve (links) und der Wiederanstiegskurve (rechts) nach THEIS	202
Abbildung 150: Auswertung der Absenkungskurve nach THEIS	202
Abbildung 151: Auswertung der Absenkungskurve nach COOPER & JACOB (links) und nach THEIS (rechts)	203
Abbildung 152: Auswertung der Absenkungskurve (links) und der Wiederanstiegskurve (rechts) nach THEIS	203

Abbildung 153: Auswertung der Absenkungskurve (links) und der Wiederanstiegskurve (rechts) nach THEIS	204
Abbildung 154: Halblogarithmische (oben) und doppellogarithmische (unten) Darstellung der Absenkungskurven ohne Auswertung	205
Abbildung 155: Auswertung der Aufspiegelungskurve nach THEIS, Aquifer 1 (links) und Aquifer 2 (rechts)	206
Abbildung 156: Auswertung der Aufspiegelungskurve nach THEIS	206
Abbildung 157: Auswertung der Absenkungskurve nach COOPER & JACOB (sondennaher Bereich links, sondenferner Bereich rechts)	207
Abbildung 158: Auswertung der Wiederanstiegskurve nach THEIS (sondennaher Bereich links, sondenferner Bereich rechts).....	207
Abbildung 159: Doppellogarithmische Darstellung der Absenkungskurve (links) und Auswertung der Aufspiegelungskurve nach THEIS (rechts)	208
Abbildung 160: Auswertung der Absenkungskurve nach JACOB (links) und der Aufspiegelungskurve nach THEIS (rechts)	208
Abbildung 161: Auswertung der Absenkungskurve COOPER & JACOB (links) und der Aufspiegelungskurve nach THEIS (rechts)	209
Abbildung 162: Auswertung der Aufspiegelungskurve nach THEIS	209
Abbildung 163: Auswertung der Aufspiegelungskurve nach THEIS	210
Abbildung 164: Auswertung der Absenkungskurve nach THEIS	210
Abbildung 165: Auswertung der Absenkungskurve (sondennaher Bereich links, sondenferner Bereich rechts) nach COOPER & JACOB	211
Abbildung 166: Auswertung der Wiederanstiegskurve (links, sondenferner Bereich) und Auswertung der Absenkungskurve (rechts) nach PAPADOPULOS & COOPER.....	211
Abbildung 167:Auswertung der Absenkungskurve nach THEIS (links) und der Wiederanstiegskurve nach THEIS (rechts)	212
Abbildung 168: Auswertung der Absenkungskurve (1. Stufe) nach COOPER & JACOB und der Aufspiegelungskurve nach der ersten Stufe nach THEIS	212

Abbildung 169: Auswertung der Aufspiegelung nach THEIS	213
Abbildung 170: Auswertung der Absenkungs- und der Aufspiegelungskurve nach THEIS	213
Abbildung 171: Auswertung der Absenkungskurve nach COOPER & JACOB (sondennaher Bereich links, sondenferner Bereich rechts).....	214
Abbildung 172: Auswertung der Wiederanstiegskurve nach THEIS (sondennaher Bereich links, sondenferner Bereich rechts).....	214
Abbildung 173: Auswertung der ersten (links) und der zweiten Aufspiegelung (rechts) nach THEIS .	215
Abbildung 174: Auswertung der dritten Aufspiegelung nach THEIS	215
Abbildung 175: Auswertung der Absenkungskurve nach PAPADOPULOS & COOPER (links) und der Aufspiegelungskurve nach THEIS (rechts).....	216
Abbildung 176: Auswertung der Absenkungskurve nach THEIS (links) und der Wiederanstiegskurve nach THEIS (rechts)	217
Abbildung 177: Auswertung der Absenkungskurve nach THEIS (links) und der Wiederanstiegskurve nach THEIS (rechts)	217
Abbildung 178: Auswertung der Absenkungskurve nach COOPER & JACOB	218
Abbildung 179: Auswertung der Absenkungskurve nach PAPADOPULOS & COOPER (links) und der Wiederanstiegskurve nach THEIS (rechts)	218
Abbildung 180: Auswertung der Absenkungs- (links) und der Wiederanstiegskurve (rechts) nach THEIS	219
Abbildung 181: Auswertung der Absenkungs- (links) und der Wiederanstiegskurve (rechts) nach THEIS	219
Abbildung 182: Auswertung der Absenkungskurve nach THEIS	220
Abbildung 183: Auswertung der Absenkungskurve nach THEIS	220
Abbildung 184: Auswertung der Absenkungs- (links) und der Wiederanstiegskurve (rechts) nach THEIS	221
Abbildung 185: Auswertung der Aufspiegelung nach der ersten (links) und der zweiten Förderstufe (rechts) nach THEIS	221

Abbildung 186: Auswertung der Absenkungs- (links) und der Wiederanstiegskurve (rechts) nach THEIS	222
Abbildung 187: Auswertung der Absenkungs- (links) und der Wiederanstiegskurve (rechts) nach THEIS	222
Abbildung 188: Auswertung der Aufspiegelung nach THEIS	223
Abbildung 189: Auswertung der Absenkungs- (links) und der Wiederanstiegskurve (rechts) nach THEIS	223
Abbildung 190: Auswertung der Absenkung nach THEIS	224
Abbildung 191: Auswertung der Aufspiegelungen nach der ersten (links) und der zweiten (rechts) Förderstufe nach THEIS	224
Abbildung 192: Auswertung der Absenkung nach COOPER & JACOB	225
Abbildung 193: Auswertung der Aufspiegelung nach der ersten (links) und der zweiten Förderstufe (rechts) nach THEIS	225
Abbildung 194: Auswertung des Gesamtpumpversuches nach THEIS	226
Abbildung 195: Auswertung der Absenkung (1. Stufe) nach COOPER & JACOB (links) und nach PAPADOPULOS & COOPER, Brunnenspeicherung (rechts)	226
Abbildung 196: Auswertung der Aufspiegelung nach der ersten (links) und der zweiten Förderstufe (rechts) nach THEIS	227
Abbildung 197: Auswertung der Absenkungskurve (links) nach COOPER & JACOB und der Wiederanstiegskurve (rechts) nach THEIS	228
Abbildung 198: Auswertung der Absenkungskurve von PV 1 (links) nach THEIS und der Absenkungskurve von PV 2 (rechts) nach PAPADOPULOS & COOPER	228
Abbildung 199: Auswertung der Wiederanstiegskurve von PV 2 nach THEIS	229
Abbildung 200: Auswertung der Absenkung (1. Stufe) nach PAPADOPULOS & COOPER (links) und der Aufspiegelung nach der 2. Stufe nach THEIS (rechts).....	229
Abbildung 201: Auswertung der Absenkung (links) und der Aufspiegelung (rechts) nach THEIS.....	230
Abbildung 202: Profil Grafenschachen bis Wiesfleck	234

Abbildung 203: Verteilung von gut durchlässigen (gelb) und schlecht durchlässigen (blau) Sedimenten entlang von 10 Bohrprofilen im untersuchten Längsschnitt.....	235
Abbildung 204: Experimentelles und angepasstes theoretisches Variogramm in vertikaler Richtung	236
Abbildung 205: Experimentelles und angepasstes theoretisches Variogramm in horizontaler Richtung	236
Abbildung 206: Kriging-Schätzung der Sedimenteigenschaften mit Radien der Suchellipse von 285 bzw. 10 m.....	238
Abbildung 207: Kriging-Schätzung der Sedimenteigenschaften mit Radien der Suchellipse von 475 bzw. 47,5 m.....	238
Abbildung 208: Verteilung der Bohrtiefen	241
Abbildung 209: Profildichte pro Tiefenstufe	242
Abbildung 210: Schichteinträge je relative Tiefenstufe	242
Abbildung 211: Aquifermächtigkeiten in % im Tiefenintervall 0 bis 50	243
Abbildung 212: Aquifermächtigkeiten in % im Tiefenintervall 50 bis 100 m	244
Abbildung 213 Aquifermächtigkeiten in % im Tiefenintervall 100 bis 150 m	244
Abbildung 214: Aquifermächtigkeiten in % im Tiefenintervall 150 bis 200 m	245
Abbildung 215: Aquifermächtigkeiten in % im Tiefenintervall 0 bis 200 m	245
Abbildung 216: Gegenüberstellung Aquifermächtigkeiten 0-200m – Potenzielle Wasserführung	246
Abbildung 217: Lage der geologisch-hydrogeologischen Profilschnitte im Untersuchungsgebiet	248
Abbildung 218: Verifizierte Lineamente	249
Abbildung 219: Geologisches Profilbeispiel mit dem Ausschnitt für die hydrogeologische Bearbeitung	249
Abbildung 220: Aquiferkorrelation – Beispiel für die Evaluierung der wasserführenden Horizonte aus den Daten der "artesischen Hausbrunnen"	250
Abbildung 221: Aquiferkorrelation – Beispiel für die Evaluierung der wasserführenden Horizonte aus den Bohrprofilen der PRODATA	251

Abbildung 222: Aquiferkorrelation – Lage der CF-Bohrungen im hydrogeologischen Profilschnitt A	252
Abbildung 223: Aquiferkorrelation – CF-Bohrungen im hydrogeologischen Profilschnitt A mit ausgewiesenen Kohle- und Lignithorizonten	252
Abbildung 224: Aquiferkorrelation – Einspielen von geophysikalischen Bohrlochmessungen	253
Abbildung 225: Aquiferkorrelation – Korrelation von geophysikalischen Bohrlochmessungen	254
Abbildung 226: Aquiferkorrelation – Einspielen und Korrelation von reflexionsseismischen Profilen	254
Abbildung 227: Exemplarische Beispiel – Ausschnitt Profil A	256
Abbildung 228: Verbreitung der obersarmatischen oolithischen Kalksandsteine im Untersuchungsgebiet (Isolinien Top m ü.A.)	260
Abbildung 229: Verbreitung der Kapfensteiner Schotter im Untersuchungsgebiet (Isolinien Top m ü.A.)	261
Abbildung 230: Mächtigkeit der Kapfensteiner Schotter im Untersuchungsgebiet (Mächtigkeit in m)	262
Abbildung 231: Aquifermächtigkeiten in m bis 350 m bzgl. GOK	267
Abbildung 232: Aquifermächtigkeiten in m bis 100 m bzgl. GOK	268
Abbildung 233: Potenziallinienplan	270
Abbildung 234: Generelle Fließrichtung der Tiefengrundwässer im NANUTIWA-Gebiet	271
Abbildung 235: Grafische Darstellung des Grundwasserdurchflusses im Modellgebiet	277
Abbildung 236: Lageplan der beschriebenen Messstellen im Feistritzal	291
Abbildung 237: Hydrogeologischer Detailschnitt Feistritzal	292
Abbildung 238: Vergleich der Pegelwerte im Feistritzal (November 1992 bis Jänner 1994)	293
Abbildung 239: Vergleich der Ganglinien VB Jobst – VB Hainersdorf	294
Abbildung 240: Detailvergleich – Ganglinien VB Jobst – VB Hainersdorf	295
Abbildung 241: Pegelstand der Feistritz im Vergleich zur VB Hirnsdorf 1	296
Abbildung 242: Vergleich Rittschein – Pegel Markt Hartmannsdorf 1	297

Abbildung 243: Vergleich - Lafnitz – Pegel VB Neudau 1 und VB Neudau 2	298
Abbildung 244: Detailvergleich 1 – Lafnitztal bei Neudau	298
Abbildung 245: Detailvergleich 2 – Lafnitztal bei Neudau (September 1993 bis Jänner 1995)	299
Abbildung 246: Vergleich des Abflusspegels Waltersdorf mit dem Tiefengrundwasserpegel VB Buch-Geiseldorf 1990-1999	300
Abbildung 247: Vergleich des Abflusspegels Waltersdorf mit dem Tiefengrundwasserpegel VB Buch-Geiseldorf Trockenperiode 1993.....	300
Abbildung 248: Seichtliegende Grundwasserkörper (Basis: BMLFUW, 2002).....	301
Abbildung 249: RAG-Schussbohrungen im Raabtal (Feldbach bis Fehring)	304
Abbildung 250: Längsprofil entlang der Raab (Dietmannsdorf bis Jennersdorf).....	304
Abbildung 251: Schotterabbau Holler bei Königsdorf	306
Abbildung 252: Quartärbasis im Lafnitztal im Bereich von Königsdorf	306
Abbildung 253: Seichte Grundwasserkörper – Durchflussmenge	313
Abbildung 254: Lageplan der Abflussmessungen an der oberen Lafnitz	316
Abbildung 255: Untergrund im Bereich der Lafnitzschlinge bei Lafnitz	316
Abbildung 256: Versickerungsbereich (Luftbild)	316
Abbildung 257: Reflexionsseismik im Bereich der Abflussmessungen	317
Abbildung 258: Abflussmessungen im Bereich der Strem.....	319
Abbildung 259: Abflusspegel an der Strem - Rauchwart	319
Abbildung 260: Verteilung der Flurabstände.....	321
Abbildung 261: Verteilung der Flurabstände in [%].....	322
Abbildung 262: Regressionsfunktion - Verteilung und Abweichung der Potenzialwerte [Einheiten: Error in 10m, Measured in 100 m.ü.A]	323
Abbildung 263: Regressionsfunktion - Vergleich der Messwerte mit den berechneten Werten [Einheit in 100 m.ü.A]	323

Abbildung 264: 3D-Darstellung der Potenzialfläche im NANUTIWA-Gebiet (Verschnitt mit Geländemodell).....	323
Abbildung 265: 3D-Darstellung der Potenzialfläche (100fach überhöht).....	324
Abbildung 266: 3D-Stratigraphie	326
Abbildung 267: Schematische Darstellung möglicher Wasserpfade zur Tiefengrundwasserneubildung	327
Abbildung 268: Wasserpfad 1 – Niederschlag gelangt in die Flüsse	328
Abbildung 269: Wasserpfad 2 – Niederschlag-Randgebirge.....	329
Abbildung 270: Lithologie der Grundgebirgsumrahmung	329
Abbildung 271: Wasserpfad 3 – Unterirdischer Übertritt von Grundwasser im Festgestein in die Tiefenaquifere	330
Abbildung 272: Begünstigte Zonen für Wasserpfad 3	330
Abbildung 273: Wasserpfad 4 – Grundwasserübertritt aus dem Festgestein in seichtliegende GW-Körper.....	332
Abbildung 274: Wasserpfad 5 – Seichtliegendes Grundwasser alimentiert Tiefengrundwässer	332
Abbildung 275: Wasserpfad 6 - Niederschlag alimentiert die seichten Grundwasserkörper	334
Abbildung 276: Wasserpfad 7 – Versickerung von Flüssen im Bereich des Grundgebirges	336
Abbildung 277: Wasserpfad 8 - Flüsse alimentieren die seichtliegendes Grundwasserkörper	337
Abbildung 278: Wasserpfad 9 – Niederschlag versickert direkt in die Tiefenaquifere	338
Abbildung 279: Flüsse alimentieren direkt die Tiefenaquifere	339
Abbildung 280: Bedeutung der möglichen Wasserpfade für die Neubildung von Tiefengrundwasser	340
Abbildung 281: Verteilung der mittleren Jahresniederschlagssumme im NANUTIWA-Gebiet.....	342
Abbildung 282: Verteilung der mittleren Niederschlagssumme Herbst und Winter im NANUTIWA-Gebiet.....	343

Abbildung 283: Verteilung der mittleren Niederschlagssumme Frühling und Sommer im NANUTIWA-Gebiet.....	344
Abbildung 284: Verwendete Monatssummen des Niederschlags	345
Abbildung 285: Lageplan der Niederschlagmessstationen der hydrografischen Dienste Steiermark und Burgenland	345
Abbildung 286: Landnutzung im NANUTIWA-Gebiet (Basis: CORINE).....	346
Abbildung 287: Bucht von Passail – Einzugsgebiet der Raab.....	347
Abbildung 288: Oberstes Einzugsgebiet der Raab.....	347
Abbildung 289: Oberlauf der Pinka bei Glashütten.....	348
Abbildung 290: Gneisaufschluss im Einzugsgebiet der Lafnitz	348
Abbildung 291: Vorauer Randbucht – Einzugsgebiet der Lafnitz	348
Abbildung 292: Einzugsgebiet der Pöllauer Safen.....	349
Abbildung 293: Panorama im Einzugsgebiet der Feistritz bei Rettenegg	349
Abbildung 294: Einzugsgebiete und Abflussmessstellen	350
Abbildung 295: Verwendete Tagesmittel der Abflusswerte	352
Abbildung 296: Lageplan der Abflusspegel der hydrografischen Dienste	353
Abbildung 297: Mittlere Jahressumme der potenziellen Evapotranspiration nach PENMAN (1948)....	358
Abbildung 298: Grundwasserneubildung nach dem MoMnQ-Verfahren von WUNDT, 1958 (aus Wasserversorgungsplan Steiermark)	359
Abbildung 299: Jahressumme der klimatischen Wasserbilanz nach dem Penman-Ansatz.....	360
Abbildung 300: Wasserbilanz Steiermark (aus Wasserversorgungsplan Steiermark).....	364
Abbildung 301: Ganglinie des Abflusspegels Feldbach/Raab	365
Abbildung 302: Darstellung zur Beschreibung der Einzugsgebiete.....	365
Abbildung 303: Monatsweise Darstellung der Abflussdifferenzen des Jahres 1993.....	366

Abbildung 304: Monatsweise Darstellung der Abflussspenden des Jahres 1993 in l/s / km ²	368
Abbildung 305: Das Modellgebiet im mittleren Feistritztal	371
Abbildung 306: Darstellung der schematisierten untersten Modellschicht (Layer 1).....	372
Abbildung 307: Darstellung der schematisierten sechsten Modellschicht (Layer 6)	373
Abbildung 308: Das Modellgebiet mit dem darüber gelegten Gitternetz und den Versuchsbohrungen	373
Abbildung 309: Durchlässigkeitsverteilung des oberen Modellaquifers (Modellschicht 6).....	374
Abbildung 310: Durchlässigkeitsverteilung des mittleren Modellaquifers (Modellschicht 4)	374
Abbildung 311: Durchlässigkeitsverteilung des unteren Modellaquifers (Modellschicht 2).....	374
Abbildung 312: Vertikalschnitt durch das Modellgebiet (Bohrungen Hirnsdorf 1, Blaindorf, Hainersdorf)	375
Abbildung 313: Randbedingungen in der obersten Modellschicht blau – Grundwasserneubildung; dunkelrot – Festpotenzial.....	376
Abbildung 314: Die Gegenüberstellung der berechneten und der gemessenen Druckspiegelhöhen	378
Abbildung 315: Berechnete Isolinien der Druckspiegelhöhe im Modellgebiet.....	378
Abbildung 316: Zu- und Abflüsse im oberen Modellaquifer	379
Abbildung 317: Zu- und Abflüsse im mittleren Modellaquifer	379
Abbildung 318: Zu- und Abflüsse im unteren Modellaquifer	379
Abbildung 319: Projiziertes Strömungsbild im Modellgebiet.....	380
Abbildung 320: Prinzip der Profilmodelle	382
Abbildung 321: Modellnetz – Profilmodell Oberes Lafnitz	383
Abbildung 322: Randbedingungen für Profilmodell Oberes Lafnitztal V02.....	384
Abbildung 323: Fließpfade - Variante V02c	384
Abbildung 324: Randbedingungen für Profilmodell Oberes Lafnitztal V03.....	385

Abbildung 325: Fließpfade - Variante V03	385
Abbildung 326: Zusammenfassung der Ergebnisse der Variante V04	386
Abbildung 327: Aquifergeometrie – Profilmodell Pinkatal	387
Abbildung 328: Fließpfad aus Modellvariante V02a	388
Abbildung 329: Ergebnisübersicht - Profilmodell Pinkatal	389
Abbildung 330: Probenahmearbeiten im Rahmen von NANUTIWA.....	392
Abbildung 331: Verteilung der LF-Werte.....	393
Abbildung 332: Verteilung der elektrischen Leitfähigkeiten [$\mu\text{S}/\text{cm}$] im NANUTIWA-Gebiet.....	394
Abbildung 333: Elektrische Leitfähigkeit versus Filterstreckentiefe	395
Abbildung 334: Piper-Diagramm der Tiefengrundwässer im NANUTIWA-Gebiet.....	396
Abbildung 335: Hydrochemische Gliederung der Tiefengrundwässer	396
Abbildung 336: Chlorid-Gehalte der Wässer	397
Abbildung 337: Natrium-Kalzium-Verhältnis in mval/l (Na=rot, Ca=blau).....	398
Abbildung 338: Nitrat-Verteilung der Wässer im NANUTIWA-Gebiet.....	399
Abbildung 339: Nitrit-Verteilung der Wässer im NANUTIWA-Gebiet.....	400
Abbildung 340: Ammonium-Verteilung der Wässer im NANUTIWA-Gebiet.....	400
Abbildung 341: Sulfat-Gehalte der Tiefengrundwässer im NANUTIWA-Gebiet.....	401
Abbildung 342: Lage des Wasserspiegels und elektrische Leitfähigkeit	402
Abbildung 343: Detailvergleich (LF-T-Wasserspiegellage – Werte normiert).....	402
Abbildung 344: Eisenkonzentration der Wässer im NANUTIWA-Gebiet.....	403
Abbildung 345: Mangan-Gehalte der Wässer im NANUTIWA-Gebiet.....	403
Abbildung 346: Verteilung der pH-Werte der Wässer	404
Abbildung 347: Histogramm der pH-Werte	405

Abbildung 348: Verteilung der log pCO ₂	405
Abbildung 349: Verteilung der log pCO ₂	406
Abbildung 350: Verteilung der ¹⁸ O-Gehalte	408
Abbildung 351: Niederschlagsgerade Graz – NANUTIWA-Wässer	409
Abbildung 352: Vergleich Flüsse - Brunnen.....	411
Abbildung 353: Klimatischer Effekt der stabilen Isotope.....	412
Abbildung 354: Isotopische Zusammensetzung der Flüsse und der Brunnen im NANUTIWA-Gebiet	412
Abbildung 355: Tritiumgehalt des Niederschlags in Graz.....	413
Abbildung 356: Verteilung der Tritiumgehalte in den Wässern des NANUTIWA-Gebietes.....	414
Abbildung 357: Geografische Verteilung der Tritium-Gehalte (grünes Dreieck Tritiumgehalt >2TU, rotes Kreuz < 2TU).....	414
Abbildung 358: Verteilung der mittleren Verweilzeiten	415
Abbildung 359. Geografische Verteilung der mittleren Verweilzeiten der Wässer	416
Abbildung 360: Zusammenhang ¹⁸ O-Gehalt und ¹⁴ C-Alter.....	417
Abbildung 361: Berechnete Wasseralter auf Basis des Zusammenhanges zwischen ¹⁸ O und ¹⁴ C-Alter	418
Abbildung 362: Zeitreihen der ¹⁸ O-Gehalte.....	420
Abbildung 363: Lageplan Bereich Fürstenfeld	422
Abbildung 364: Reflexionsseismik Linie FF0101	422
Abbildung 365: Profil Fürstenfeld	423
Abbildung 366: Profil Grafendorf-Seibersdorf	425
Abbildung 367: Profil Hirnsdorf	427
Abbildung 368: Fließpfade entsprechend der Aquifergeometrie entlang des Pinkatales.....	428

Abbildung 369: Schüttungsmessungen pro Brunnen	430
Abbildung 370: Brunnen mit mehr als einer Schüttungsmessung	430
Abbildung 371: Zeitliche Verteilung der Schüttungsmessung	431
Abbildung 372: Mittlerer Zeitraum zwischen den Schüttungsmessungen	431
Abbildung 373: Schüttungsdifferenzen in Gemeinden.....	432
Abbildung 374: Nutzungsarten je Bezirk.....	435
Abbildung 375: Anzahl nutzungsrelevanter Brunnen pro Gemeinde.....	435
Abbildung 376: Wasserversorgungsanlagen im Untersuchungsgebiet.....	436
Abbildung 377: Private Brunnen und Brunnen mit keiner Nutzung	438
Abbildung 378: Ganglinie der Jahresfördermengen der WVAs in der Steiermark	439
Abbildung 379: Entwicklung der Jahresfördermengen im Brunnenfeld Heiligenkreuz (Daten des Wasserverbande Unteres Lafnitztal)	441
Abbildung 380: Verteilungsgebiete der öffentlichen Wasserversorger	442
Abbildung 381: Entnahmemengen pro Gemeinde (Ermittlungsvariante 2)	451
Abbildung 382: Illustration der Gesamtentnahme im NANUTIWA-Gebiet (EV 1)	452
Abbildung 383: Entnahmemengen der Gemeinden.....	454
Abbildung 384: Tagesbedarf pro Einwohner.....	455
Abbildung 385: Prognostizierter Bedarf für das Jahr 2011	456
Abbildung 386: Gegenüberstellung der Nettomächtigkeit wasserführender Schichten bis -200m bzgl. GOK in % und Entnahmemengen pro Gemeinde in l/s	461
Abbildung 387: Notversorgungsbrunnen und Leitungsnetz im Untersuchungsgebiet.....	472
Abbildung 388: Tiefengrundwasserkörper im NANUTIWA-Gebiet gemäß EU-WRRL.....	474
Abbildung 389: Oberflächengrundwasserkörper im NANUTIWA-Gebiet gemäß EU-WRRL	475
Abbildung 390: Brunnen Monitoring System Burgenland - WV Unteres Lafnitztal.....	479

Abbildung 391: Brunnenmonitoring im NANUTIWA-Gebiet.....	479
Abbildung 392: Lageplan der seichten GW-Pegel des hydrografischen Dienstes	480
Abbildung 393: Bildschirmaufbau von ZR-TOOLS (Zeitreihenauswertungssoftware des WRM)	482
Abbildung 394: Temperatur, Leitfähigkeit und Lage des Wasserspiegels beim Brunnen B7.....	484
Abbildung 395: Bildschirmabbild des Brunnen Monitoring Systems Burgenland (B7-WV Südl. Bgld. 1; Software Fa. DATAVIEW).....	488
Abbildung 396: Korrigierte Daten in ZR-Tools (B7-WV Südl. Bgld. 1).....	488
Abbildung 397: Aufbereitete Datenbasis des Brunnen Monitoring Systems Burgenland.....	489
Abbildung 398: Lage des Wasserspiegels des Brunnens B7 des WV Südliches Burgenland 1	490
Abbildung 399: Förderraten des Brunnen B7 (WV Südliches Burgenland 1).....	491
Abbildung 400: Ergiebigkeitswerte auf Basis der gewichteten Tagesmittel des Brunnen B7	492
Abbildung 401: Vergleichende Betrachtung von Auspiegelungsphasen unterschiedlicher Zeiträume	493
Abbildung 402: Ganglinie des Wasserspiegels - Brunnen B1 – Wasserverband Stögersbachtal	495
Abbildung 403: Ergiebigkeitskennlinien - Brunnen B 1 – Wasserverband Stögersbachtal	496
Abbildung 404: Lageplan des Brunnenfeldes Heiligenkreuz	497
Abbildung 405: Ganglinie des Wasserspiegels - Brunnen B 7 – Wasserverband Unteres Lafnitztal	498
Abbildung 406: Ergiebigkeitskennlinien - Brunnen B 7 – Wasserverband Unteres Lafnitztal	499
Abbildung 407: Vergleich von Aufspiegelungsphasen - Brunnen B 7 – Wasserverband Unteres Lafnitztal	499
Abbildung 408: Ganglinie des Wasserspiegels - Brunnen B 12 – Wasserverband Unteres Lafnitztal	500
Abbildung 409: Ergiebigkeitskennlinien - Brunnen B 12 – Wasserverband Unteres Lafnitztal	501
Abbildung 410: Vergleich von Aufspiegelungsphasen - Brunnen B 12 – Wasserverband Unteres Lafnitztal	501

Abbildung 411: Ganglinie des Wasserspiegel - Brunnen B 16 – Wasserverband Unteres Lafnitztal	502
Abbildung 412: Ergiebigkeitskennlinien - Brunnen B 16 – Wasserverband Unteres Lafnitztal	503
Abbildung 413: Vergleich von Aufspiegelungsphasen - Brunnen B 16 – Wasserverband Unteres Lafnitztal	503
Abbildung 414: Ganglinie des Wasserspiegels - Brunnen B 19 – Wasserverband Unteres Lafnitztal	504
Abbildung 415: Ergiebigkeitskennlinien - Brunnen B 19 – Wasserverband Unteres Lafnitztal	505
Abbildung 416: Vergleich von Aufspiegelungsphasen - Brunnen B 19 – Wasserverband Unteres Lafnitztal	505
Abbildung 417: Ganglinie des Wasserspiegels - Brunnen B 21 – Wasserverband Unteres Lafnitztal	506
Abbildung 418: Ergiebigkeitskennlinien - Brunnen B 21 – Wasserverband Unteres Lafnitztal	507
Abbildung 419: Vergleich von Aufspiegelungsphasen - Brunnen B 21 – Wasserverband Unteres Lafnitztal	507
Abbildung 420: Ganglinie des Wasserspiegels- Brunnen B23 – Wasserverband Unteres Lafnitztal	508
Abbildung 421: Ergiebigkeitskennlinien - Brunnen B 23 – Wasserverband Unteres Lafnitztal	509
Abbildung 422: Vergleich von Aufspiegelungsphasen - Brunnen B 23 – Wasserverband Unteres Lafnitztal	509
Abbildung 423: Jährliche Gesamtentnahmemenge Brunnenfeld Heiligenkreuz (1976 bis 2003)	510

16 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zusammenfassung der erhobenen stratigraphischen Daten der KW- bzw. Thermalwasserbohrungen im Projektgebiet	52
Tabelle 2: Die im Brunnen Monitoring System Burgenland zur Verfügung stehenden Daten nach Wasserverbänden	145
Tabelle 3: Die untersuchten Versuchsbohrungen in der Steiermark	148
Tabelle 4: Ruhedruckspiegelhöhen im Teilgebiet Burgenland	173
Tabelle 5: Ruhedruckspiegelhöhen im Teilgebiet Steiermark	174
Tabelle 6: Zeiträume der ausgewerteten Pumpversuche im burgenländischen NANUTIWA-Gebiet	177
Tabelle 7: Zeiträume der ausgewerteten Pumpversuche im steirischen NANUTIWA-Gebiet	178
Tabelle 8: Hydraulische Eigenschaften der Aquifere im Teilgebiet Burgenland	231
Tabelle 9: Hydraulische Eigenschaften der Aquifere im Teilgebiet Steiermark	233
Tabelle 10: Klassifizierung karbonathaltiger Sedimente in Anlehnung an FÜCHTBAUER & MÜLLER 1977.	239
Tabelle 11: Überführung der Lithologiebeschreibungen in geohydraulisch relevante Klassen	240
Tabelle 12: Zusammenfassung der Aquifernettomächtigkeiten des Untersuchungsgebietes	265
Tabelle 13: Filtergeschwindigkeiten der neogenen Aquifere des Modellraumes	273
Tabelle 14: Abstandsgeschwindigkeiten der neogenen Aquifere des Modellraumes Meter pro Jahr	273
Tabelle 15: Berechnete Durchflussmengen für den Tiefenabschnitt 0-100 unter GOK	275
Tabelle 16: Berechnete Durchflussmengen für den Tiefenabschnitt 100-200 unter GOK	275
Tabelle 17: Berechnete Durchflussmengen für den Tiefenabschnitt 200-350 unter GOK	276
Tabelle 18: Zusammenfassung der für das Untersuchungsgebiet berechneten Durchflussmengen in l/s	278
Tabelle 19: Spezifischen Durchflussmengen für den Tiefenabschnitt 0-100m	279
	541

Tabelle 20: Spezifischen Durchflussmengen für den Tiefenabschnitt 100-200m	279
Tabelle 21: Spezifischen Durchflussmengen für den Tiefenabschnitt 200-350m	280
Tabelle 22: Detailmodell "Mittleres Feistritztal" - Koordinaten der Modellgebiet-Eckpunkte	280
Tabelle 23: Detailmodell "Mittleres Feistritztal" – Hydrogeologische Einheiten	282
Tabelle 24: Detailmodell "Mittleres Feistritztal" – vertikale Abgrenzung der Layer	282
Tabelle 25: Eckdaten des flurnahen Aquifers im Raabtal (generelle Beurteilung)	305
Tabelle 26: Eckdaten des flurnahen Aquifers im Lafnitztal	307
Tabelle 27: Eckdaten des flurnahen Aquifers im Stremtal	308
Tabelle 28: Eckdaten des flurnahen Aquifers im Pinkatal	309
Tabelle 29: Aufstellung Grundwasserdurchsätze, gesamt	311
Tabelle 30: Abstrommengen im seichten Grundwasserkörper der Hauptflüsse	312
Tabelle 31: Teileinzugsgebiete als Basis der Berechnung der Wasserbilanz	351
Tabelle 32: Gemessene Verdunstung in mm/Monat (Graz)	356
Tabelle 33: Potenzielle Verdunstung nach PENMAN (1948) im Bereich des NANUTIWA-Gebietes (aus Wasserversorgungsplan Steiermark)	357
Tabelle 34: Zusammenfassung der Bilanzparameter	361
Tabelle 35: Wasserbilanz für das NANUTIWA-Gebiet auf Basis der Daten im Wasserversorgungsplan Steiermark	364
Tabelle 36: Ruhedruckspiegelhöhen im Modellgebiet	376
Tabelle 37: Zusätzliche Parameter der WGEV	407
Tabelle 38: Detailvergleich VB Grafendorf 1-4	410
Tabelle 39: Detailvergleich Mariasdorf-Oberschützen	410
Tabelle 40: Stabile Isotope einiger Flüsse im NANUTIWA-Gebiet	410
Tabelle 41: Bilanzrelevante Nutzungsarten und Erhebungsmethode	434
	542

Tabelle 42: Nutzungsgrade	437
Tabelle 43: Brunnen mit freiem Überlauf – Teil 1/3 (PRODATA-Abfrage: qryKREUZTABELLE (KT6), SUMMEN)	443
Tabelle 44: Brunnen mit freiem Überlauf – Teil 2/3 (PRODATA-Abfrage: qryKREUZTABELLE (KT6), SUMMEN)	444
Tabelle 45: Brunnen mit freiem Überlauf – Teil 3/3 (PRODATA-Abfrage: qryKREUZTABELLE (KT6), SUMMEN)	445
Tabelle 46: Zusammenfassung der Tabelle 43 bis Tabelle 45 (Entnahmen aus offenen Systemen)	446
Tabelle 47: Fördermengen 2002, 2001, 1995	447
Tabelle 48: Zusammenfassung von Tabelle 47 (Entnahme aus geschlossenen Systemen)	448
Tabelle 49: Zusammenfassung der Entnahmemengen (Variante 1)	449
Tabelle 50: Zusammenfassung der anteiligen Entnahmemengen (Variante 1)	449
Tabelle 51: Vergleich der beiden Ermittlungsvarianten zu Gesamtentnahme	451
Tabelle 52: Entnahmemengen und Bedarfsdeckung pro Gemeinde (Teil 1/3)	457
Tabelle 53: Entnahmemengen und Bedarfsdeckung pro Gemeinde (Teil 2/3)	458
Tabelle 54: Entnahmemengen und Bedarfsdeckung pro Gemeinde (Teil 3/3)	459
Tabelle 55: Zusammenfassung Bedarfsanalyse	460
Tabelle 56: Aufbereitungsanlagen im Untersuchungsgebiet	462
Tabelle 57: Ermittlung des Notwasserbedarfes	465
Tabelle 58: Liste der Getränkeabfüller im Untersuchungsgebiet mit Angabe der Abfüllkapazität	466
Tabelle 59: Ausgewählte Notwasserbrunnen im burgenländischen NANUTIWA-Gebiet	468
Tabelle 60: Ausgewählte Notwasserbrunnen im steirischen NANUTIWA-Gebiet	469
Tabelle 61: Förderraten der potenziellen Notwasserbrunnen und Notwasserbedarf	470
Tabelle 62: Monitoring isopenhydrologischer Parameter	485
	543

17 Verwendete Literatur, Studien, Beiträge

Innerhalb dieses Literaturverzeichnis sind nicht alle verwendeten Literaturstellen, Beiträge, Berichte, Studien und Arbeiten zusammengefasst, da dies in der Literaturlatenbank LIMEDATA (siehe Kapitel 5) erfolgte. LIMEDATA liegt dem Bericht in digitaler Form (MS Access-Datenbank) bei.

17.1 Geologie, Sedimentologie

EBNER, F. (1978): Der paläozoische Untergrund in der Bohrung Waltersdorf 1 (S Hartberg, Oststeiermark), Wien

EBNER, F. SACHSENHOFER, R.F. (1989): Inkohlung, Paläogeothermie und Erdölreife im Oststeirischen Becken, Hannover

EBNER, F UND SACHSENHOFER, R. F. (1991): Die Entwicklungsgeschichte des Steirischen Tertiärbeckens, Landesmuseum Joanneum, Abt. Geol. und Paläont., Graz

EBNER, F.; SACHSENHOFER, R. (1995): Paleogeography, subsidence and thermal history of the Neogene Styrian Basin (Pannonian Basin System. Austria)

FLÜGEL, H.W. (1961): Die Geologie des Grazer Berglandes (Erläuterungen zur Geologischen Wanderkarte des Grazer Berglandes 1:100000 [non]. Mitt. Mus. Bergbau Geol. Technik Landesmus. Joanneum Graz. Volume 23. Graz: p 1-212.

FLÜGEL, H.W. (1972): Das Steirische Neogenbecken [K 8]. Graz: p 199-227.

FLÜGEL, H.W, HERITSCH, H. (1968): Das Steirische Tertiärbecken [B]. Slg. Geol. Führer. Volume 47. Berlin: Bornträger. p 196 S.

FLÜGEL, HW. (1975): Das Neogen der Grazer Bucht.- Mitt. naturw. Ver. Stmk, 105, 71-7, 4 Abb., Graz.

FLÜGEL, H.W. & NEUBAUER, F., 1984, Geologische Karte der Steiermark, 1: 200.000, Geologische Bundesanstalt, Wien

FRIEBE, J.G. (1989): Fazies und Paläogeographie der Leithakalkkareale der Mittelsteirischen Schwelle (Baden, Steiermark). [B]. Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck. Volume 16. Innsbruck: p 32-4.

FRIEBE, J.G. (1994): Gemischte siliziklastisch-karbonatische Abfolgen aus dem Oberen Sarmat (Mittleres Miozän) des Steirischen Beckens.- Jb. Geol. B.-A., 137 (2), 245-74, Wien.

FRIEBE, J.G. (1990): Karbonat-Sedimentation im siliziklastischen Umfeld : Beispiele aus dem mittelmiozänen Leithakalk (Baden; Steirisches Becken, Österreich) [MS]. Sediment '90 - 5. Treffen deutschsprachiger Sedimentologen (Abstracts). Bonn.

FRIEBE, J.G. (1990): Lithostratigraphische Neugliederung und Sedimentologie der Ablagerungen des Baden (Miozän) um die Mittelsteirische Schwelle (Steirisches Becken, Österreich).- Jb. Geol. B.-A., 133 (2), 223-57, 29 Abb., Wien.

FRIEBE, J.G. (1990): Neotektonik an der Mittelsteirischen Schwelle (Österreich): Die "Steirische Phase" [MS]. Symposium TSK III, Abstracts. Graz.

- FRIEBE, J.G. (1988): Paläogeographische Überlegungen zu den Leithakalkarealen (Baden) der Mittelsteirischen Schwelle (Steiermark) [SD]. Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck. Volume 15. Innsbruck: p 41-57.
- FRIEBE, J.G. (1990): Schwermineraluntersuchungen an miozänen Sedimenten im Umfeld der Mittelsteirischen Schwelle (Steirisches Becken, Österreich).- Jb. Geol. B.-A., 133 (4), 537-47, 6 Abb., 1 Tab., Wien.
- FRIEBE, J.G. (1989): Stratigraphie und Fazies der Leithakalkareale der Mittelsteirischen Schwelle [B]. Graz: p 335 S.
- FRIEBE, J.G. POLTING, W. (1991): Wien;; Biostratigraphische Ergebnisse der Tiefenbohrung Fürstenfeld Thermal 1
- FRIEBE, J.G. (1994): Gemischt sliziklastisch-karbonatische Abfolgen aus dem Oberen Sarmatium (Mittleres Miozän) des Steirischen Beckens, Jahrbuch der Geol. Bundesanstalt 1994.
- FRITZ, I. (2000): Überlegungen zu einer lithostratigraphischen Gliederung der neogenen Vulkanite Österreichs, Austrostrat 2000, KF-Uni Graz, Gossendorf
- FRITZ, I. (2000): Altes und Neues zum neogenen Vulkanismus in Österreich, Austrostrat 2000, KF-Uni Graz, Gossendorf
- GEUTEBRÜCK E., (1978): Das kohleführende Tertiär von Tauchen und seine kristalline Umrahmung, Dissertation, Montan Uni Leoben
- GROSS, M., (1998): Floren- und Faziesentwicklung im Unterpannonium (Obermiozän) des oststeirischen Neogenbeckens, Geol. Paläontol. Mitt. Innsbruck, Innsbruck
- GROSS, M. (1998): Faziesanalyse fluvialer Sedimente (Obermiozän, Südoststeiermark, Österreich), Graz
- GROSS, M. (1998): Der Braunkohlebergbau von Paldau (Südoststeiermark); Mitteilungen Ref. Geol. und Paläont. Landesmuseum Joanneum, Graz
- GROSS, M. (1998): Faciesanalyse fluviatiler Sedimente (Obermiozän, Südoststeiermark, Österreich), Mitt. Geol. und Paläont. Landesmuseum Joanneum, Heft 56, Graz
- GROSS, M. (1997): Diplomarbeit: Geologisch-paläontologische Untersuchungen im Obermiozän der Südoststeiermark (Paldau-Perlsdorf), Institut für Geologie und Paläontologie, Graz
- GROSS, M. (1994): Erster Nachweis der fossilen Schildkröte *Clemmydopsis turnauensis* aus dem Pannonium des Oststeirischen Tertiärbeckens
- GROSS, M. (2000): Das Pannon im Oststeirischen Becken, Berichte des Institutes für Geologie und Paläontologie, KFU Graz, Band 2, 47-86, Graz.
- GROSS, M. (2000): Das Pannonium im Oststeirischen Becken, Austrostat 2000, KF-Uni Graz
- GROSS, M. (2003): Beitrag zur Lithostratigraphie des Oststeirischen Beckens (Neogen/Pannonium; Österreich). – In: PILLER, W.E. (Ed.): Stratigraphia Austriaca. – Österreichische Akademie der Wissenschaften, Schriftenreihe Erdwissenschaften Komm. 16; S 11-62, Wien.
- HANSELMAYER, J. (1968): Zur Kenntnis der Karnerbergschotter des steirischen Tertiär-Beckens, Graz

- HERMANN, P., FELLNER, D. et. al. (1993): Geologische Karte der Republik Österreich, Blatt 167 Güssing, Geologische Bundesanstalt, , Wien
- HERITSCH H., BORSCHUTZKY J., SCHUCHLENZ J. (1965), Zwei vulkanische Gesteine aus den Tiefbohrungen von Mitterlabill, östlich von Wildon, und von Walkersdorf, südlich von Ilz (Stmk.), Graz
- HILBER, V. (1894): Das Tertiärgebiet um Hartberg in Steiermark und Pinkafeld in Ungarn, Jahrb.k.k.geol.Reichsanstalt, Wien
- HILBER, V. (1893): Das Tertiärgebiet um Graz, Köflach und Gleisdorf, Jahrb.k.k.geol.Reichsanstalt, Wien
- KOLLMANN, K. (1960): Das Neogen der Steiermark (mit besonderer Berücksichtigung der Begrenzung und seiner Gliederung) [non]. Mitt. Geol. Ges. Wien. Volume 52. Wien: p 159-67.
- KOLLMANN, K. (1965): Jungtertiär im Steirischen Becken [K 8]. Mitt. Geol. Ges. Wien. Volume 57. Wien: 2. p 479-632.
- KOVER-EDER, J. & KRAINER, B. (1988): Die Flora und Facies des Fundpunktes Höllgraben südöstlich von Weiz.- Mitt. Abt. Geol. Paläont. Landesmus. Joanneum, 47, 27-51, Graz.
- KOVER-EDER, J. & KRAINER, B. (1990): Faziesentwicklung und Florenabfolge des Aufschlusses Wörth bei Kirchberg / Raab (Pannon, Steirisches Becken).- Ann. Naturhist. Mus. Wien, 91 (A), 7-38, 9 Abb., 9 Taf., Wien.
- KRAINER, B. (1984): Zur zeitlichen Einstufung, Stratigraphie und Tektonik im Nordteil des Gleisdorfer Sarmatosporns (Oststeiermark).- Mitt. naturwiss. Ver. Stmk., 114, 95-106, Graz.
- KRAINER, B. (1986): Untersuchungen an fluviatilen Sedimenten zur Bewertung von Lockergesteinsvorkommen am Beispiel des Unterpannons im Oststeirischen Becken.- Arch. f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A., 7, 167-72, 3 Abb., 4 Tab., Wien.
- KRAINER, B. (1987): Das Tertiär der Weizer Bucht, Steirisches Becken.
- KRAINER, B. (1987): Fluviale Faziesentwicklung im Unterpannonien des Steirischen Beckens (Zentrale Paratethys, Österreich).- Facies, 17, 141-8, 4 Abb., 3 Tab., Erlangen.
- KRAINER, B. (1988): Der zyklische Aufbau der kohleführenden Schichten von Weiz (Miozän), Steirisches Becken, Österreich.- Zbl. Geol. Paläont. Teil I, 7/8, 839-52, 4 Abb., 2 Tab., Stuttgart, 1989.
- KRAINER, B. (1988): Faziesentwicklung und Zyklizität der kohleführenden Schichten von Weiz, Miozän, Steirisches Becken, Österreich [K 6]. Bochumer geol. geotechn. Arb. Volume 29. Bochum: p 96-9.
- KRIEGL, CH., GOLDBRUNNER, J. (1994): Geologische und Hydrogeologische Korrelation trinkwasserführender Horizonte des Tertiärs im Bereich Ludersdorf ; unveröffentlichter Bericht, Gleisdorf
- KRÖLL, A.; FLÜGEL, H.W.; SEIBERL, W et al. (1988): Erläuterungen zu den Karten über den prätertiären Untergrund des Steirischen Beckens und der Südburgenländischen Schwelle, Geologische Bundesanstalt, Wien
- MOSER, E. (1987): Das kohleführende Miozän zwischen Graz und Weiz, Graz

- NEBERT, K. (1983): Kohlengeologische Erkundung des Neogengebietes von Hartberg
- NEBERT, K. (1952): Die pliozäne Schichtfolge in der Pöllauer Bucht (Oststeiermark), Jb.Geol.B.-A., Wien
- NEBERT, K. (1988): Kohlengeologische Erkundung des Ilzer Reviers [SD]. Arch. f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A. Volume 9. Wien: p 73-93.
- PAHR, A. (1984): Erläuterungen zur Geologischen Karte der Republik Österreich, Blatt 137 Oberwart, Geologische Bundesanstalt, Wien
- PETRASCHEK, W. (1915): Die miozäne Schichtfolge am Fuße der Ostalpen [non]. Verh. Geol. R.-A. Volume 1915. Wien: p 310-20.
- PILLER, W.E. (2003): High Resolution Sequence Stratigraphy of Upper Sarmatian and Lower Pannonian Units in the Styrian Basin, Austriaca, Österreichische Akademie der Wissenschaften, Schriftenreihe der Erdwissenschaftlichen Kommission, Verlag Österreichische Akademie der Wissenschaften, Wien
- POHL, J., SOFFEL, H. (1982): Paleomagnetism of Tertiary Volcanics of Styria (Austria) [K 3]. Geol. Jahrb. Volume D 52. Hannover: p 137-47.
- ROLLE, F. (1855): Über einige neue Vorkommen von Foraminiferen, Bryozoen und Ostracoden in den tertiären Ablagerungen Steiermarks [K 8]. Jahrb. Geol. R.-A. Volume 6. Wien: p 351-4.
- SACHSENHOFER, R.F., SPERL, H. & WAGINI, A. (1996): Structure, development and hydrocarbon potenzial of the Styrian Basin (Pannonian Basin system, Austriai).- in: WESSELY, G & LIEBL, W.(eds): Oil and Gas in Alpidic Thrustbelts and Basins of Central and Eastern Europe, EAGE Special Publication No. 5, 393-414,
- SACHSENHOFER, R. (1991): Maturität im Steirischen Tertiärbecken, Wien
- SACHSENHOFER, R.F. (1990): Eine Inkohlungskarte des Steirischen Tertiärbeckens, Graz
- SCHARBERT, H.G.; POULTIDIS, CH.; HÖLLER, H. et al. (1981): Vulkanite im Raum Burgenland – Oststeiermark, Stuttgart
- SCHÖNLAUB, H.P. ET. AL (2000): Erläuterungen zur Geologischen Karte des Burgenlandes 1:200.000; Geologische Bundesanstalt, Wien 2000
- SEDGEWICK, A., MURCHINSON, R. (1831): A Sketch of the Structure of the Eastern Alps. Trans. Geol. Soc., Ser. 2. Volume 3. London: p 301-420.
- SKALA, W. (1967): Lithologische Untersuchungen an den Sanden der Kirchberger-Karnerberger-Zwischenserie (Pannon C, Steirisches Becken); Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft in Wien, 60. Band, S 69-95, Wien.
- STEININGER, F.F., RABEDER G, RÖGL, F. (1985): Land Mammal Distribution in the Mediterranean Neogene : A Consequence of Geokinematic and Climatic Events [SD]STANLEY DJ, WEZEL FC, eds. New York: Springer. p 559-71.
- STEININGER, F.F., WESSELY, G., RÖGL, F, WAGNER, L. (19??): Tertiary Sedimentary History and Tectonic Evolution of the Eastern Alpine Foredeep [SD]. Giorn. Geol., ser. 3. Volume 48. Bologna: 1 / 2. p 285-97.

- STOLAR, M., NAGY, A. & SIMON, L. (1994): Bericht 1993 über geologische Aufnahmen im Tertiär und Quartär auf Blatt 192 Feldbach, Jb.Geol.B.-A., Wien
- TOLLMANN, A. (1985): Geologie von Österreich. Bd. 2 Außerzentralalpiner Anteil [K 8]. Wien: Deuticke. p 710 S. Jb. Geol. R.-A. Volume 63. Wien: 3. p 502-620.
- TRAUSSNIG, H. (1979): Das kohleführende Neogen der Bubendorfer Bucht und seine kristalline Umrahmung; Dissertation Uni- Graz
- WINKLER, A. (1913): Untersuchungen zur Geologie und Paläontologie des Steirischen Tertiärs [non].
- WINKLER, A. (1926): Zur geomorphologischen und geologischen Entwicklungsgeschichte der Ostabdachung der Zentralalpen in der Miozänzeit [non]. Geol. Rdsch. Volume 17. Stuttgart: p 36-68, 196-217, 291-310.
- WINKLER–HERMADEN, A. (1939): Geologischer Führer durch das Tertiär- und Vulkanland des Steirischen Beckens [B]. Slg. Geol. Führer. Volume 36. Berlin: Bornträger. p 209 S.
- WINKLER–HERMADEN, A. (1943): Die jungtertiären Ablagerungen an der Ostabdachung der Zentralalpen und das inneralpine Tertiär [non]SCHAFFER FX, Hsg. Wien: Deuticke. p 305-65.
- WINKLER–HERMADEN, A. (1951): Die jungtektonischen Vorgänge im Steirischen Becken [non]. Sitzber. österr. Akad. Wiss., mathem.- naturwiss. Kl., Abt. I. Volume 160. Wien: 1 / 2. p 37-69.
- WINKLER–HERMADEN, A. (1951): Die jungtertiären Ablagerungen an der Ostabdachung der Zentralalpen und des inneralpinen Tertiär [K 8]SCHAFFER FX, ed. Wien: Deuticke. p 414-524.

17.2 Literatur Tektonik - Geodynamik

- GUTDEUTSCH, R. and ARIC, K. (1988): Seismicity and Neotectonics of the East Alpine-Carpathian and Pannonian Area
- KLINGER, F.E. (1934): Senkung, Sedimentation und Tektonik im Kohlebecken von Tauchen im Burgenland Berg- und Hüttenmännisches Jahrbuch
- PERESSON, N., H. & DECKER, K. (1997): Far-field effects of Late Miocene subduction in the Eastern Carpathians: E-W compression and inversion of structures in the Alpine-Carpathian-Pannonian region. - Tectonics Vol. 16 , No. 1 , p. 38 (96TC02730)
- PERESSON, H. & DECKER, K. (1997): The tertiary dynamics of the northern Eastern Alps (Austria): changing palaeostress in a collisional plate boundary. – Tectonophysics, Vol. 272 (2-4) 1997, p. 125 – 157.
- ROYDEN L.H. & HORVATH, F. (eds.): The Pannonian System. A study in basin evolution. – Amer. Assoc. Petrol. Geol. Mem., 45, p. 1-394, Tulsa (Oklahoma) 1988.
- SACHSENHOFER R.F., SPERL H. & WAGINI A. (1996): Structure, development and hydrocarbon potential of the Styrian Basin (Pannonian Basin system, Austria).- (In:) WESSELY, G. & LIEBL, W. (eds.): Oil and Gas in Alpidic Thrustbelts and Basins of Central and Eastern Europe, EAGE Spec. Publ., 5., 393-414.
- TARI, G. (1998): Alpine Tectonics of the Pannonian Basin , Rice University Houston, Houston/ Texas

17.3 Hydraulische Auswertungen

- BRUNNEN MONITORING SYSTEM BURGENLAND, (1995-2003): diverse Daten und Unterlagen
- DOMBERGER, G.; GOLDBRUNNER, J., (1991): Untersuchung der Ergiebigkeit der artesischen Brunnen der Wasserwerke der STADTGEMEINDE Fehring; unveröff. Ber. JR-IHG, 15 S., Graz
- ARCHIMANDRITIS, A.; VASVARI, V.: (1999), Geohydraulic investigation of the confined aquifers in central of Eastern-Styria., XXIV General Assembly of the EGS, Den Haag
- ARCHIMANDRITIS, A.; VASVARI, V.: (2000), Hydraulische Untersuchungen gespannter Grundwässer in der zentralen Oststeiermark., Wasserland Steiermark, Graz
- ARCHIMANDRITIS, A.; VASVÁRI, V. (2000): Sustainable use of artesian aquifers on the basis of geohydraulic investigations, a field study in EASTERN Styria, Austria., 6th National and 3rd International Hydrology Water Resources Symposium of the Instit. of Engineers, Perth
- AQTESOLV for Windows. User's Guide (1999). HydroSOLVE, Inc. Horseferry Court, Reston, p. 130
- BALKE, K-D., BEIMS, U., HEERS, F. W, HÖLTING, B. HOMRIGHAUSEN, R. & MATTHESS, G. (2000): Grundwassererschließung. Lehrbuch der Hydrogeologie, Band 4. – 740 S. Gebrüder Borntraeger, Berlin Stuttgart
- BERGMANN, H. ;ÜBERWIMMER, F. (1990): Investigation of the regimen of confined aquifers by modelling of groundwater flow., Proc. IWRA-Conf., Bangkok 1990, Bangkok
- BERGMANN, H. & F. ÜBERWIMMER (1992): Hydraulische Untersuchung der seichtlichen, gespannten Grundwässer im Raum Grafendorf und Seibersdorf. Bericht im Auftrag der Stmk. Landesreg. Fachabt. IIIa, 59 S., Graz
- BERGMANN, H., A. LETTOWSY & F. ÜBERWIMMER (1992): Hydraulische Untersuchung der gespannten Grundwasservorkommen im Feistritz- und Safental/Oststeiermark. Berichte der Wasserwirtschaftlichen Planung, Band 75, S. 1-78, Graz
- BERGMANN, H.; ÜBERWIMMER, F., (1992), Untersuchungen von gespannten Grundwasservorkommen für die regionale Trinkwasserversorgung., Tagungsbericht über die internat. wissenschaft. Tagung der Ungarischen Hydrologischen Gesellschaft, Szeged/Ungarn
- BERGMANN, H.; ÜBERWIMMER; F. (1992): Forschungsstationen Grafendorf und Seibersdorf. Ausgewertete Ganglinien der Druckspiegelhöhen mit Klimadaten, Amt d. Steierm. Landesregierung Fachabteilung III a - Wasserwirt. Referat für wasserwirt. Planung, Graz
- BERGMANN, H.; et al.. (1993): Untersuchungen der gespannten Grundwasservorkommen im Feistritz- und Safental, Oststeiermark, Amt d. Steierm. Landesregierung Fachabteilung III a - Wasserwirt. Referat für wasserwirt. Planung, Graz
- BERGMANN H; LETTOWSKY A; ÜBERWIMMER,F. (1993): Hydraulische Untersuchung der gespannten Grundwasservorkommen im Feistritz- und Safental/Oststeiermark, Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Graz
- BERGMANN, H., ÜBERWIMMER, F., (1994): Mélységi vizek Stájerország vízellátásában. (Tiefengrundwässer in der Wasserversorgung Steiermarks.), Hidrológiai Közlöny, 74 évfolyam, 2. Szám, Budapest

- BERGMANN, H.; VASVÁRI, V. (1994): Grundwassermessstellen in der Oststeiermark 1993, Beobachtungsjahr 1993, Amt d. Steierm. Landesregierung Fachabteilung III a - Wasserwirt. Referat für wasserwirt. Planung, Graz
- BERGMANN, H.; VASVÁRI, V., (1995): Grundwassermessstellen in der Oststeiermark 1994 Beobachtungsjahr 1994, Amt d. Steierm. Landesregierung Fachabteilung III a - Wasserwirt. Referat für wasserwirt. Planung, Graz
- BERGMANN, H., MIKLOS, D., VASARI, V. (Red) (1996): Hydrologische Monographie des Einzugsgebietes der Oberen Raab, Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft, Graz-Budapest
- BERGMANN, H.; VASVÁRI, V. (1995): Grundwassermessstellen in der Oststeiermark 1995 Beobachtungsjahr 1995, Amt d. Steierm. Landesregierung Fachabteilung III a - Wasserwirt. Referat für wasserwirt. Planung, Graz
- BERGMANN, H.; VASVÁRI, V. (1996): Entwicklung eines numerischen Modells zur Bewirtschaftung gespannter Grundwasservorkommen im Mittleren Safental. , Amt d. Steierm. Landesregierung Fachabteilung III a - Wasserwirt. Referat für wasserwirt. Planung, Graz
- BERGMANN, H.; VASVÁRI, V. (1997): Grundwassermessstellen in der Oststeiermark 1996 Beobachtungsjahr 1996, Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Graz
- BERGMANN, H.; ARCHIMANDRITIS, A., (1998): Grundwassermessstellen in der Oststeiermark 1997, Amt d. Steierm. Landesregierung Fachabteilung III a - Wasserwirt. Referat für wasserwirt. Planung, Graz
- BERGMANN, H.; ARCHIMANDRITIS, A. (1999): Grundwassermessstellen in der Oststeiermark 1998 Beobachtungsjahr 1998, Amt d. Steierm. Landesregierung Fachabteilung III a - Wasserwirt. Referat für wasserwirt. Planung, Graz
- BERGMANN, H. (2001): Grundwassermessstellen in der Oststeiermark 2000, Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Graz
- BUSCH, K-F., LUCKNER, L. & TIEMER, K. (1993): Geohydraulik. Lehrbuch der Hydrogeologie Band 3. – 497 S. Gebrüder Borntraeger, Berlin Stuttgart
- CLARK, W. (1967): Computing the barometric efficiency of a well. – Journal of the Hydraulics Division, Proc. of the American Society of Civil Engineers, HY 4, pp. 93-98
- DE MARSILY, G. (1986): Quantitative Hydrogeology. – 440 S. Academic Press, San Diego
- DVWK (1987): Erkundung tiefer Grundwasser-Zirkulationssysteme. Grundlagen und Beispiele. – DVWK Schriften 81, Verlag Paul Parey. Hamburg Berlin
- HÄFNER, F. & VOIGT, H. D. (1982): Interpretation instationärer Testergebnisse in inhomogenen und begrenzten Schichten. – Z. angew. Geol., Bd. 28, S. 380-393., Berlin
- HERLICSKA, H. (2002): <http://www.wassersuedburgenland.com/wissenhl/wissenhl.htm> - Ergebnisse aus der Anwendung von Mess- und Datenerfassungssystemen zur kontinuierlichen quantitativen Beobachtung von Tiefbrunnenanlagen im Südburgenland
- KRUSEMAN, G.P. & N.A. DE RIDDER (1991): Analysis and Evaluation of Pumping Test Data. – 377 S. ILRI Publication 47, 2nd Edition, Wageningen

- LANGGUTH, H.-R. & VOIGT, R. (1980): Hydrogeologische Methoden. – 486 S. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York
- ŞEN, Z. (1995): Applied Hydrogeology for Scientists and Engineers. – 444 S. Lewis Publishers, Boca Raton New York London Tokyo
- SINGHAL, B. B. S. & GUPTA, R. P. (1999): Applied Hydrogeology of Fractured Rocks. – 400 S. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht Boston London
- STOBER, I. (1986): Strömungsverhalten in Festgesteinsaquiferen mit Hilfe von Pump- und Injektionsversuchen. – Geol. Jb. Reihe C, Heft 42, Hannover
- THEIS, C. V. (1935): The relation between the lowering of the piezometric surface and the rate and duration of discharge of a well using groundwater storage. Trans. Amer. Geophys. Union, Vol. 16, pp. 519-524
- ÜBERWIMMER, F. (1992): Untersuchung der Ressourcen gespannter Grundwassersysteme mit hydraulischen und hydrologischen Modellen. – Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft der TU Graz, Graz
- ÜBERWIMMER, F. (1992): Untersuchung der Ressourcen gespannter Grundwassersysteme mit hydraulischen und hydrologischen Modellen, Graz, Techn.Univ., Diss., Graz
- VASVÁRI, V. (1996): Ein numerisches Modell zur Bewirtschaftung gespannter Grundwasservorkommen am Beispiel des Mittleren Safentalles., Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft der TU Graz, Graz
- VASVÁRI, V. & ARCHIMANDRITIS, A. (1999): Systematische Beobachtung, Auswertung und Analyse langfristiger Druckspiegelaufzeichnungen an Versuchsbohrungen in der zentralen Oststeiermark. – Mitteilungsblatt des Hydrografischen Dienstes in Österreich, Nr. 78, S. 1-29, Wien
- VOIGT, H. D. & HÄFNER, F. (1982) : Interpretation instationärer Testergebnisse mit Störeffekten. – Z. angew. Geol., Bd. 28, H. 7., S. 337-347, Berlin

17.4 Wasserwirtschaftliche Studien, EU-Wasserrahmenrichtlinie

- AMT DER BGLD. LANDESREGIERUNG (2004): EU-Wasserrahmenrichtlinie- Erstmalige Beschreibung Grundwasserkörper - Risikobeurteilung Gruppen von Tiefengrundwasserkörpern – Burgenland
- BMLFUW (2003): Strategiepapier „Grundwasserentnahmen“, Stand Dezember 2003, Wien,
- BENISCHKE, R. et.al. (2002): Wasserversorgungsplan Steiermark, Amt der Steiermärkischen Landesregierung - FA 19, Wasserwirtschaftliche Planung und Hydrologie, Graz
- BERNAHRT, L.; ZÖTL, J. ; ZETINIGG, H. (1972): Untersuchungen an artesischen Wässer in der nördlichen Oststeiermark, Amt d. Steierm. Landesregierung Fachabteilung III a - Wasserwirt. Referat für wasserwirt. Planung, Graz
- ERHART-SCHIPPEK, WERNER (1997): Untersuchung artesischer Wasservorkommen in der Südoststeiermark, Amt der Steiermärkischen Landesregierung – BMLFUW, Graz

- ERHARD-SCHIPPEK, W. und MEYER, J. (1998): Wasserwirtschaftliche Grundlagenerhebungen artesischer Brunnen im Burgenland und in der Steiermark, BMLF, Landesregierung Stmk.und Bgld., Graz
- DATAVIEW (2003): Brunnenmonitoring der Firma DATAVIEW – Handels- und Systemberatungs GmbH. - Software Brunnenmonitoringsystem, Jahresberichte, Daten des Brunnenmonitoringsystems, Berndorf
- GOLDBRUNNER, J., EISNER, M. et. Al. (1994): Untersuchung artesischer Wässer beiderseits der burgenländisch-steirischen Landesgrenze, Endbericht, Gleisdorf
- HERLICSKA, H. (1997): Tiefbrunnen im Raum Oberwart – Ergebnisse kontinuierlicher Betriebsbeobachtungen - Vortrag 28.10.1997, GBA-Arbeitstagung, Burg Schlaining
- HERLICSKA, H. (2000): Wasserwirtschaftliche Aspekte zur nachhaltigen Bewirtschaftung von Tiefengrundwasservorkommen unter besonderer Berücksichtigung von Fallbeispielen des Burgenlandes; Dissertation, Universität für Bodenkultur Wien - Institut für Wasserversorgung, Gewässerökologie und Abfallwirtschaft – 300 S, Oberwart
- HERLICSKA, H. (2004): Erfahrungen aus der Wasserversorgung des Burgenlandes im trockenen Sommer 2003 – Tagungsband ÖVGW (Österreichische Vereinigung für das Gas- und Wasserfach) – Symposium Wasserversorgung; S 35-40, Wien.
- HOLLER, C (2004): Erstabschätzung der verfügbaren Grundwasserressource für Einzelgrundwasserkörper; Studie im Auftrag des BMLFUW – Auszug - Wien; 2004
- KOLLMANN, W. (1985): Wasserhöfigkeitskarte Südliches Burgenland, Bibl.Geol.Bundesanst./Wiss.Archiv Nr. A 05473-R;A 11015-R, Amt d.Burgenl.Landesreg., Eisenstadt
- KOLLMANN, W (1987): Geohydrologische Untersuchungen zur Beurteilung der Wasserhöfigkeit im südlichen Burgenland, Burgenländisches Landesmuseum, Eisenstadt
- MAROSI, J., SPATZIERER, G., STÖBER, G., MARACEK, K., HAIDER, R., HERLICSKA, H. (2001): Die Wasserwirtschaft und Abfallwirtschaft im Burgenland, Fachzeitschrift: Österreichische Wasser- und Abwasserwirtschaft – Heft 9/10-2001, Seite 226-239, Springer Verlag, Wien - New York
- MEYER, J. (1996): Artesische Wässer im Südburgenland, Erstellung wasserwirtschaftlicher Fachunterlagen; unveröffentlichter Endbericht; im Auftrag des Amtes der Burgenländischen Landesregierung und des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft; Wien
- MEYER, J. (1997): Artesische Wässer im Südburgenland, Artesische Brunnen, Anpassung an den Stand der Technik, Stilllegung, Neuansuchen; unveröffentlichter Teilbericht; im Auftrag des Amtes der Burgenländischen Landesregierung und des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft; Wien
- MEYER, J. (1997a): Artesische Wässer im Südburgenland, Detailstudie Stegersbach; unveröffentlichter Teilbericht; im Auftrag des Amtes der Burgenländischen Landesregierung und des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft; 22 S. u. Beilagen; Wien
- OBERLEITHER, F. (2003): Umsetzung der Wasser-Rahmenrichtlinie in Österreich, Fachzeitschrift RdU-Wasserrecht, S 84ff., Wien
- ÖVGW (1989): Trinkwassernotversorgung – Regeln der ÖVGW – Richtlinie W74 – März 1989

- PIELER Zivilingenieurbüro (2003): Erstmalige Beschreibung der Grundwasserentnahmen – Burgenland, Eisenstadt
- PHILIPPITSCH, R et. al. (2002) : Strategiepapier – Lage und Abgrenzung von Grundwasserkörpern – Stand Oktober 2002 – BMLFUW, Wien
- RONNER, F. und SCHMIED, J., 1968, Raubbau an artesischem Wasser in der Oststeiermark, Vereinigung für hydrogeologische Forschung in Graz, TU-Graz. Graz
- SCHROFFENEGGER, V. (1999): Untersuchungen zur Verfügbarkeit von Grundwasser im mittleren Burgenland (Bezirk Oberpullendorf) unter besonderer Berücksichtigung, Wien, Univ., naturwiss.Diss., 1999-08, Wien
- SUETTE, G. (2003): Herausforderungen und Lösungsansätze aus Sicht des Wasserwirtschaftlichen Planungsorganes der Steiermark bei Grundwasser, Vortrag, 22.-23.10.2003, BMLFUW-ÖWAV-Veranstaltung, Wien
- VOLLHOFER, O., SAMEK, M (2003): Quantitative Beschreibung und Risikobeurteilung von Grundwasserkörpern, Vortrag 22.-23.10.2003, BMLFUW-ÖWAV-Veranstaltung, Wien
- ZETINIGG, H. (1999): Die Bedeutung des artesischen Wassers für die Wasserversorgung in Österreich, Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaft
- ZOJER, H.; ZETINIGG, H. (1987): Beiträge zur Kenntnis der artesischen Wässer im Steirischen Becken, Amt d. Steierm. Landesregierung Fachabteilung III a - Wasserwirt. Referat für wasserwirt. Planung, Graz
- ZÖTL, J. (1983): Die Bedeutung von Tiefengrundwässern im südoststeirischen Becken (Österreich), Hannover

17.5 Hydrochemie, Isotopenhydrologie

- DAVIS, G. H; MEYER, G. L; YEN, C. K. (1968): Isotope Hydrology of the Artesian Aquifers of the Styrian Basin, Austria, Steirische Beiträge zur Hydrogeologie, Graz
- DALLA-VIA, A. (2002): Bewertung der heterogenen Nitratverteilung im quartären Aquifer des Unteren Feistritztales, Dissertation an der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Karl-Franzens-Universität, Graz, 353 S.
- DOMBERGER, G; YEHDEGHO, B. (1996): Hydrogeologische Untersuchungen Bohrung Raabtal 2, Unveröffentlichter Bericht, Joanneum Research, 6 S, Graz
- DOMBERGER, G; YEHDEGHO, B. (1997): Hydrochemische Analysen - Hydrogeologische Untersuchungen Bohrung Glasing B1; Unveröffentlichter Bericht, Joanneum Research, 7 S, Graz.
- DOMBERGER, G. (1998): Hydrochemische und Isotopenhydrologische Untersuchungen an ausgewählten Arteser des Feistritz- und Safentaales; Unveröffentlichter Bericht, Joanneum Research, 7 S, Graz
- DOMBERGER, G. (1998): Hydrochemische Analyse - Hydrogeologische Untersuchungen von Bohrungen in Stegersbach; Unveröffentlichter Bericht, Joanneum Research, 5 S, Graz

- DOMBERGER, G. (2000): Hydrogeologische Untersuchungen an ausgewählten Artesern der Oststeiermark, Unveröffentlichter Bericht, Joanneum Research, Graz
- DOMBERGER, G (2002): Hydrogeologische Untersuchungen von Tiefbrunnen im Bereich des Wasserverbandes Unteres Lafnitztal; Unveröffentlichter Bericht, Joanneum Research, 6 S, Graz
- DOMBERGER, G. (2002): Hydrogeologische Untersuchungen von Tiefbrunnen im Bereich des Wasserverbandes Unteres Raabtal; Unveröffentlichter Bericht, Joanneum Research, 6 S, Graz
- DOMBERGER, G. (2002): Hydrogeologische Untersuchungen von Tiefbrunnen im Bereich des Wasserverbandes Stögersbachtal; Unveröffentlichter Bericht, Joanneum Research, 6 S, Graz
- DOMBERGER, G. (2002): Hydrogeologische Untersuchungen von Tiefbrunnen im Bereich des Wasserverbandes Südliches Burgenland 1; Unveröffentlichter Bericht, Joanneum Research, 6 S, Graz
- GOLDBRUNNER, J., (1997): Vergleich von Isotopenuntersuchungen an Tiefengrundwässern des Steirischen Beckens und des Oberösterreichischen Molassebeckens, Österreichische Geologische Gesellschaft, Wien
- HACKER, P.; KOLLMANN, W. (1981): Isotopenhydrochemische Untersuchungen im südlichen Burgenland, Österreich, GBA, Wien
- HACKER, P.; KOLLMANN, Walter F.H. (1981): Isotopenhydrologische und hydrochemische Untersuchungen im südlichen Burgenland, Österreich, Wien
- KURZWEIL, H.; SCHROFFENEGGER, V.; RAKASEDER, St. (1998): Grund- und Oberflächenwässerchemismen aus dem Mittleren Burgenland und ihre Beziehung zur Lithologie möglicher Einzugsgebiete In: Zur Landeskunde des Burgenlandes: Festschrift Hanns Schmid, Eisenstadt

17.6 Geothermie

- BÖCHZELT, B. ; GOLDBRUNNER, J: (2000): Tiefbohrung Stegersbach Thermal 2, Hydrogeologisch-Technischer Abschlussbericht, Gleisdorf
- DOMBERGER, G; GOLDBRUNNER, J.: (1993): Überwachungsprotokoll Dezember 1992 - Jänner 1993, Unveröffentlichter Bericht, Joanneum Research, 16 S, Graz
- GOLDBRUNNER, J. (1989): Grundsatzstudie über die Möglichkeiten der Erschließung und Nutzung geothermischer Energie im oststeirischen Becken; Unveröffentlichter Bericht, Joanneum Research, 9 S, Graz
- GOLDBRUNNER, J. (1992): Kurzfassung des Forschungsprojektes "Aquifereigenschaften jungtertiärer Vulkanite im oststeirischen Becken, Teil I und II"; Unveröffentlichter Bericht, Joanneum Research, 13 S, Graz
- MARSCH, F.W. (1991): Die Abteufung der Aufschlussbohrung "Gleisdorf Thermal 1", Wien

17.7 Hydrologie

- ARBEITER, I., (1978), Systematische großräumige Grundwasserbeobachtung in der Steiermark, Landesmuseum Joanneum, Graz
- MARACEK, K. (1995): Überprüfung des Restwasserabflußregimes der Lafnitz, unterwasserseitig der Ausleitung "Piloweher" in der KG. Neudau, Amt der Burgenländischen Landesregierung
- ZAMG (1996): Klimatographie und Klimaatlas von Burgenland, Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien.
- ZOJER, H. (1974): Hydrologische Übersicht der Oststeiermark, Hydrografische Landesabteilung, Graz
- ZOJER, H. (1978): Abflussuntersuchungen in der nördlichen Oststeiermark, Amt der Steiermärkischen Landesregierung, FA III a, Graz

17.8 Hydrogeologie

- BIEBER, G. (1996): Hydrogeologische Untersuchungen im Raum Hartberg mit besonderer Berücksichtigung anthropogener Einflüsse, Wien, Univ., formal -u. naturwiss.Diplomarb., Wien
- BRANDL, W. ; HAUSER, A. (1951): Die hydrogeologischen Verhältnisse im Bezirk Fürstenfeld, Graz
- DALLA-VIA, Andreas (1998): Das quartäre Grundwassersystem des Unteren Feistritztales: unter besonderer Berücksichtigung der qualitativen Verhältnisse, Diplomarbeit, Graz
- DOMBERGER, G; LEDITZKY, H.-P. (1990): Reststoffdeponie Siget i. d. Wart, Hydrogeologische Untersuchungen Unveröffentlichter Bericht, Joanneum Research, 17 S, Graz
- ERHART-SCHIPPEK, W. (1983): Hydrogeologische Untersuchungsergebnisse im Raum Hagensdorf-Luising, Bgld., BOKU, Wien
- GAMERITH, W. (1996): Hydrogeologische Untersuchung beim Brunnenefeld Heiligenkreuz im Lafnitzthal, Südburgenland
- LEDITZKY, H.P.; ZOJER, H. (1975): Hydrogeologische Untersuchungsergebnisse im Einzugsgebiet der oberen Ilz und mittleren Feistritz, Referat für wasserwirtschaftliche Rahmenplanung, Graz
- LEDITZKY, H.F. (1978): Geologie und Hydrogeologie des Raabtales (Feldbach-Fehring), Hydrografische Landesabteilung, Graz
- STUR, D. (1883): Geologische Verhältnisse der wasserführenden Schichten des Untergrundes in der Umgebung der Stadt Fürstenfeld in Steiermark, Jahrb.k.k.geol.Reichsanstalt, Wien
- THURNER, A.. ZETINIGG, H. (1969): Geologisches Gutachten über den Neubau eines artesischen Brunnens in Fehring
- THURNER, A.. ZETINIGG, H. (1967): Hydrologische Untersuchungen Mühldorf, Feldbach; 1967; Gutachten Wasserversorgung Feldbach
- ZETINIGG, H. (1967): Hydrogeologisches Gutachten zur Erschrotung artesischen Wassers in Fehring, Graz

- ZETINIGG, H. (1967): Geologische Unterlagen Brunnen Gniebing, Stadtgemeinde Feldbach
- ZETINIGG, H. (1972): Die Bohrungen zur Untersuchung artesischer Wässer in Grafendorf und Seibersdorf (Oststeiermark), Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Graz
- ZETINIGG, H. (1982): Die artesischen Brunnen im steirischen Becken, Landesmuseum Joanneum, Graz
- ZÖTL, J. G; WEBER, F; WALACH, G; ZOJER, H; SCHÄFFER, G.; (1982): Erfassung geologischer Störungen zur Situierung von Geothermiebohrungen im unteren Safental (Oststmk), Unveröff. Bericht, Forschungsges. Joanneum
- ZOJER, H. (1984): Das seichtliegende Grundwasser im unteren Feistritztal zwischen St. Johann und Fürstenfeld Grundwässer im Bereich von Obgrün und Großwilfersdorf, 33 S., Graz.
- ZOJER, H. (1971): Hydrologie des Feistritztales, Oststeiermark, Graz, Univ., phil.Fak., Diss., März 1971, Graz
- ZOJER, H. (1972): Untersuchungen zur Frage des Wasserverlustes an der mittleren und unteren Feistritz, Inst. Für Mineralogie und technische Geologie und Vereinigung für hydrogeologische Forschungen, Springer-Verlag, Graz
- ZOJER, H. ; ZÖTL, J. (1973): Die Untersuchung artesischer Wässer im Gebiet von Grafendorf und Seibersdorf bei Hartberg / Oststeiermark
- ZOJER, H. (1977): Ergebnisbericht über die Untersuchung artesischer Wässer im Steirischen Becken seit dem Jahr 1976, Vereinigung für Hydrogeologische Forschungen in Graz, Graz
- ZOJER, H. (1977): Untersuchung der geothermischen Tiefenstufe mittels Temperaturmessungen bei artesischen Brunnen in der Oststeiermark und im südlichen Burgenland, Geologische Bundesanstalt, Wien
- ZOJER, H; ZÖTL, J. G. (1979): Bericht über die Erstellung einer Karte der geothermischen Tiefenstufe für den Bereich des südlichen Burgenlandes; Unveröff. Ber, 16 S, Graz
- ZOJER, H. (1981): Untersuchungen artesischer Wässer im zentralen Steirischen Becken (Großwilfersdorf-Blumau), In: Festschrift Josef G.Zötl (Schriftl.: Harum, T. & Zojer, H.), Graz
- ZOJER, H. (1987): Gespannte Grundwässer der pannonen Schichtfolge im unteren Feistritz- und Safental, Graz, KOLLMANN, Walter; MEYER, Johann, 1981, Neue Ergebnisse hydrogeologischer Untersuchungen im südlichen Burgenland (Österreich), Eisenstadt
- ZOJER, H. (1997): Hydrogeologische Untersuchungen artesischer Wässer im Raum Grafendorf bei Hartberg-In: Hilmar Zetinigg: Festschrift zum 60. Geburtstag, Graz

17.9 Einzugsgebiete, Neubildung, Schutz

- GOLDBRUNNER, J. (1990): Errichtung eines Schutzgebietes (Schutzzone I und II) für das Thermalwasservorkommen Stegersbach, Bericht, Graz
- HÄUSLER, Hermann (1995): Hydrogeologische Untersuchungen zur Abgrenzung von Schutz- und Schongebieten in der Oststeiermark, Universität für Bodenkultur Wien, Wien

- PENMAN, H.L. (1948): Natural evaporation from open water, bare soil and grass.-
Proc.Roy.Soc.London.
- RENGER, M. & G. WESSOLEK (1990): Auswirkungen der Grundwasserabsenkung und
Nutzungsänderung auf die Grundwasserneubildung. – Mitt. Inst. F. Wasserwesen, Univ. d.
Bundeswehr München, H. 386, 295-307.
- GRAY, D.M. (1970): Handbook on the Principles of Hydrology. – Secretariat Canadian Nat. Com. for
the Internat. Hydrological Decade; Ottawa.
- WUNDT, W. (1958): Die Kleinstwasserführung der Flüsse als Maß für die verfügbaren
Grundwassermengen. – In: Die Grundwässer der Bundesrepublik Deutschland und ihre
Nutzung.- Forch.Dtsch.Landeskunde, 104, 47-54, Remagen.
- ZETINIGG, H. (1985): Der Schutz artesischer Grundwässer am Beispiel des Steirischen, 36 S., Graz
- ZETINIGG, H. (1987): Der Schutz artesischer Grundwässer am Beispiel des Steirischen Beckens,
Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Graz

17.10 Geophysik

- JANSCHKEK, H. (1982): Erfahrungen mit geophysikalischen Bohrlochmessungen in
Untersuchungsbohrungen nach artesischem Wasser der Oststeiermark; Bericht
- JANSCHKEK, H.; KÜPPER, J.; POLESNY, H.; ZETINIGG, H. (1975): Hydrogeologische Untersuchungen
an Bohrungen und Brunnen in der Oststeiermark, Amt der Steiermärkischen Landesregierung,
Graz
- KOSI, W., SACHSENHOFER, R.F., SCHREILECHNER, M. (2002) in press: High Resolution
Sequence Stratigraphy of Upper Sarmatian and Pannonian Units in the Styrian Basin, Austria.
In: PILLER, W., RASSER, M.W. (Eds.) Stratigraphia Austriaca, Österr. Akad. Wiss.,
Erdwissenschaftliche Schriftenreihe
- WEBER, F., SCHMID; CHR. (1983); Reflexionsseismische Untersuchungen zur Erkundung von
artesischen Horizonten im Dombachtal, Bericht, Leoben
- NIESNER, E; SCHMID, CH. (1993): Oberflächengeophysikalische Messungen zur lithologischen
Gliederung des artesischen Grundwasserkörpers im mittleren Feistritztal, Amt der
Steiermärkischen Landesregierung, Graz
- SCHMID, H. (1974): Bericht über die geoelektrische Untersuchung hydrologischer Strukturen im
Pinkatal und Strembachtal, Amt der Burgenländischen Landesregierung Abt. XII/3, Eisenstadt
- SCHÖN, J. (1993): Geophysikalische Bohrlochmessungen zur Untersuchung von artesischen
Horizonten in der Oststeiermark, Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Graz
- SCHÖN, J., KÖPPL, H., LAGLER, TH. (1998): Korrelation artesischer Brunnen in der Oststeiermark,
Unveröffentlichter Bericht, Joanneum Research, Leoben
- SEIBERL, W.; KOLLMANN, W.; MOTSCHKA, K. et al. (2000): Aero-geophysikalische Vermessung im
Bereich Lafnitztal, Burgenland, Bibl.Geol.Bundesanst./Wiss.Archiv Nr. A 11465-R, Wien
- HEINZ, H., SEIBERL, W. & HERRMANN, P. (1984): Geophysikalische Untersuchungen bei
Hagensdorf (Südburgenland), Wien

- WEBER, F. & WALACH, G. (1985): Geophysik der Erdkruste. Grundlegende gravimetrische Vermessung des Steirisch-Burgenländischen Tertiärbeckens (Südostabschnitt)
- WEBER, F. & WALACH, G. (1986): Grundlegende gravimetrische Vermessung des Steirisch-Burgenländischen Tertiärbeckens als Basis für eine geophysikalische Landes
- WALACH, G. (1978): Ein Beitrag zur Analytik sandiger Sedimente - dargestellt am Beispiel eines Profiles durch die Westflanke des Oststeirischen Becken, Wien