

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Fabiani, E: Geologisch-morphologische Grundlagen	1
1. Geologie	3
1.1. Die Gesteine des Hochschwabmassives und deren hydrogeologischen Eigenschaften	3
1.2. Zum Einfluß der Tektonik auf die unterirdischen Wasserwege	12
1.2.1. Die Formung des undurchlässigen Gesteinsuntergrundes	13
1.2.1.1. Südliche Hochschwabmulde	14
1.2.1.2. Hauptmulde	15
1.2.1.3. Zeller Staritzenmulde	16
1.2.2. Brüche, Störungen	16
1.2.3. Schuppen, Gleitflächen	18
1.2.4. Klüfte	18
1.3. Schichtfugen	20
1.4. Gesteinsgrenzen	20
2. Verkarstung	23
2.1. Verkarstungserscheinungen in Gipsstöcken	25
3. Morphologie	27
3.1. Flächensysteme	27
3.2. Eiszeitliche Formgebung	31
3.2.1. Die Vergletscherung des Hochschwabmassives	
3.2.2. Zur glazialen Übertiefung der Täler	34
3.3. Eiszeitliche und rezente Schutt- ablagerungen	38
4. Zur Entwässerung des Hochschwabmassives	41
5. Zusammenfassung	48
Literaturverzeichnis	50

	Seite
Weißensteiner, V.:	
Karstmorphologische Untersuchungen im südlichen Hochschwab	52
1. Vorbemerkungen	53
2. Die karstmorphologische Karte des südlichen Hochschwabs ..	58
3. Die Karstformen der Oberfläche	59
4. Die unterirdischen Karstformen	70
4.1. Die Wasserhöhle im Ostfuß des Pfaffensteins	71
4.2. Das Frauenmauer-Langstein-Höhlensystem und die Langstein-Eishöhle	73
4.3. Die Schachtzone des Bärnsbodens und der Androth als Beispiel einer unterirdischen Verkarstung in einem Verebnungsniveau	80
4.4. Die Schächte der Allalochsenke nordöstlich vom Sackwiesensee	83
4.5. Die Eisgruben am Fuße der Hochschwab-Südwand	84
5. Karsterscheinungen auf und unter der Oberfläche im Bereich der Dolomite	89
 Wakonigg, H.:	
Die Niederschlagsverhältnisse im südlichen Hochschwabgebiet (Auswertung der Meßergebnisse eines Sondernetzes zur Niederschlagsbeobachtung)	95
Wesen und Struktur des Niederschlagsgeschehens	96
Auswertung der Meßergebnisse eines Sondernetzes zur Niederschlagsbeobachtung	99
1. Station Seeau 660 m	105
2. Station Seewiesen 960 m	109
3. Station Schwabenbartl 820 m	111
4. Station Bodenbauer 980 m	113
5. Station Sonnschienalpe 1520 m	116
6. Station Neuwaldalm 1260 m	116
7. Station Jassingalm 890 m	118
8. Station Tragöß 780 m	120

Wakonigg, H.:	Fortsetzung	Seite
	Die Niederschlagsspende im südlichen Hochschwabgebiet	
	Die vertikale Niederschlagszunahme	125
	1. Einzugsgebiet Seeau	130
	2. Einzugsgebiet Seewiesen	130
	3. Einzugsgebiet Feistringgraben	131
	4. Einzugsgebiet Fölzgraben	133
	5. Einzugsgebiet Buchberg	133
	6. Einzugsgebiet Laming-Haringbach	134
	7. Restgebiet Sackwiesenalm	135
	Die Niederschlagskarte	138
	Verzeichnis der bisher erschienenen Bände	142

GEOLOGISCH-MORPHOLOGISCHE GRUNDLAGEN

von

E. Fabiani.

E I N L E I T U N G

Eine der ersten und wichtigsten Fragen, die der Wasserwirtschaftler an ein zu untersuchendes Hoffnungsgebiet stellt, ist stets, wo ist wieviel Wasser mit welchen Eigenschaften vorhanden. Die Beantwortung wird wieder stets weitgehend von der Wechselbeziehung zwischen geologischen, morphologischen und klimatologischen Gegebenheiten in einem zu betrachtenden Gebiet abhängig sein.

Es erscheint daher sinnvoll, einer eingehenden Beschreibung der Wasservorkommen des Hochschwabmassives auch einen Überblick über Gesteinsaufbau, Tektonik, morphologische Großformung, Verkarstung wie auch über die besonders im südlichen Hochschwabmassiv wirksame eiszeitliche Formgebung voranzustellen, sind es doch in erster Linie diese Faktoren, welche bestimmend dafür sind, welcher Anteil des Niederschlages zur Versickerung gelangt, welche Wege dieser nimmt und schließlich wo und in welcher Menge dieser gewinnbar ist.

In dieser Betrachtung sollte einerseits nur ein allgemeiner Überblick geboten werden, während die Beschreibung der spezifischen Gegebenheiten in den einzelnen Untersuchungsgebieten in den Folgebänden vorgesehen ist, andererseits sollte hier in erster Linie die Wechselbeziehung dieser Faktoren zum Wasser behandelt werden, während hinsichtlich einer detaillierten geologischen und morphologischen Beschreibung des Hochschwabmassives auf die Literatur (E.Spengler, 1919, 1920, 1922, 1925, 1926/27; E.Fabiani, 1975; H.Spreitzer, 1951; R.Müllegger, 1955; K.Schappelwein, 1965) sowie auf die Arbeiten von Y.Yamac und den Beitrag von V.Weißensteiner verwiesen wird.

1. G E O L O G I E

1.1) Die Gesteine des Hochschwabmassives und deren hydrogeologischen Eigenschaften

Die Gesteine des Hochschwabmassives entstammen mit Ausnahme vereinzelter unbedeutender kreidezeitlicher Ablagerungen ausschließlich dem ältesten Abschnitt des Erdmittelalters (Mesozoikum), der sogenannten Trias. Voraussetzung für die Bildung der Gesteine war eine vor rd. 200 Mio. Jahren an der Wende zum Mesozoikum einsetzende Einwölbung der Erdkruste, welche als sogenannte „Tethys“ weite Teile des Erdballes umspannte. Während des für das Hochschwabmassiv bestimmenden Zeitraumes von rd. 40 Mio. Jahren entstand infolge eines Absinkens des Meeresbodens eine bis über 1000 m mächtige Sedimentfolge, welche zum überwiegenden Teil aus Ablagerungen kalkreicher Organismen besteht. Da jedoch infolge verschiedener Tiefe, Landferne und Temperaturen sowie anderer Einflüsse in einzelnen Meeresteilen verschiedene Sedimentationsbedingungen vorherrschten, kam es auch zur Entstehung unterschiedlicher Sedimentationsfolgen, welche als Fazies bezeichnet werden.

Im Bereiche des Hochschwabmassives kamen nach den noch über den gesamten Bereich verbreiteten, noch überwiegend landnahen Ablagerungen der Werfener Schichten und der Gutensteinerkalke drei unterschiedliche Sedimentationsfolgen zur Ausbildung, welche als „Hochschwabfazies“, „Aflenzer Fazies“ und „Fölsfazies“ bezeichnet werden. In der nachfolgenden tabellarischen Kurzbeschreibung der Gesteine (Tabelle 1 - 4) erfolgt diese demnach ab den Gutensteinerkalcken für die einzelnen Faziesbereiche getrennt.

Tabelle 1

Basisschichten (Verbreitung: gesamtes Hochschwabmassiv)

Bezeichnung der Schichtfolgen	Zeit	Verbreitung	Mächtigkeit	Lithologie	Hydrogeologische Bedeutung
Präbichlschichten (Verucano)	Perm/Skyth	lokal als Basis der Werfener Schichten (Polster, Rötzgraben, Ranzerberg, St. Ilgen, Lappental)	wechselnd, meist nur geringmächtig	bunte Klomglomerate (Quarzgeröll+Gesteine d. Grauwackenzone) Brekzien, Sandsteine, Quarzite (grünlich violett, rötlich)	ohne Bedeutung Quellen: weiches Wasser
Werfener Schichten	Skyth	a, b) als Basis der kalkalpinen Fazies im gesamten Hochschwabmassiv. Aufgeschlossen: Südrand (Polster, Tragöß, St. Ilgen-Aflenz) u. Ostrand (Gollrad); Eisenerz-Seeberg Antiklinale (Jassing, Klamm, Buchberg, Seetal) u. Gschöderer-Antiklinale (Salzatal); tektonische Schuppen (Sachwiesensee u. a.) c) als Werfener Kalke: im Hangenden z. B. Langstein, Rabenkogel, Ochsenboden, Reidelstein als rötlicher Tektonit: z. B. Teufelsgraben, Fuchsgraben, Karlgraben	Südrand 300-500 m	a) Werfener Quarzite u. Sandsteine (vereinzelt an Basis) b) Werfener Schiefer: Hauptgestein, violette bis grünliche Schiefer mit Glimmerschüppchen, sanft bis tonig, sanfte, bewaldete Formen c) Werfener Kalke mit Übergängen zu Kalksandstein, im Hangenden teilweise als teutonisch stark beanspruchter rötlicher Kalk	a) Kluftwasser führend b) bei Kalküberlagerung: wichtig als Wasserstauer, als alleiniger Gesteinsbildner; gute Wasserhaltung, zahlreiche, jedoch kleine Quellen, weiches Wasser c) geringe Verkarstungsfähigkeit, ohne Bedeutung
Gips (Haselbirge)	oberes Perm/Skyth	in Form von Stöcken meist im Hangenden der Werfener Schiefer (Pfaffenstein, Jassing, ob. Laming, Haringgraben, Klachlergraben, Josergraben, Seewiesen)	wechselnd mächtig stockförmig	weiß bis grauzuckerförmig	leicht wasserlöslich, stark verkarstungsfähig, Quellen: extrem hohe Mineralisation, hoher Sulfatgehalt meist über 250 mg HSO ₄ /l

Tabelle 1

Fortsetzung:

Basisschichten (Verbreitung: gesamtes Hochschwabmassiv)

Bezeichnung der Schichtfolgen	Zeit	Verbreitung	Mächtigkeit	Lithologie	Hydrogeologische Bedeutung
Gutensteiner- kalke und -dolomite	Anis	Südrand (Pfaffenstein, Lamingsattel, St. Ilgen, Fölz-Schießling-Hochan- ger), Jassing, Buchberg, Weichsel- boden)	wechselnd mächtig, meist gering- mächtig (10-150 m)	dunkelgrau bis schwarz mit weißen Kalzitadern, bitu- minös, teilweise ge- schichtet, häufig tektonisch stark be- anspruchert mit eng- stehender Klüftung, teils grusig zer- fallend	geringe Verkar- stungsfähigkeit, wirkt eher wasser- stauend, Häufung kleiner Klüft-, Schutt- u. Schicht- grenzquellen

Tabelle 2

Hochschwabfazies (Hauptkette, Aflenzer und Zeller Staritzen, Türnach, Seemauer, Pfaffenstein, Trenchtling)

Bezeichnung der Schichtfolge	Zeit	Verbreitung	Mächtigkeit	Lithologie	Hydrogeologische Bedeutung
Ramsaudolomite Wettersteinkalke Wettersteindolomite	Ladin	Ramsaudolomit: z. B. Sonnschienalm, Meßnerin-Nordseite, z. T. Griesmauer u. Trenchtling Kalke: Seemauer, Pfaffenstein, teilw. Sonnschienplateau, Hochalm, Hochschwab- gipfel, Aflenzer Staritzen, östl. Trenchtling, Meßnerin, Riegerin u. a. überwiegend Dolomite: Hochblaser, Hochturm, Pribitz, Eisenerzer Höhe, Kläffermauer	600-800 m	Ramsaudolomit: zucker- körnig, teils gelblich, löchrig verwitternd, gru- sig zerfallend Kalke: Hauptgesteinsbild- ner, hell bis hellgrau, teils rötlich, massig, teils riffartig, Plateau: teils bankig Dolomit: stockförmige Durchsetzung der Kalke mit allen Übergängen zum Kalk, engscharig geklüf- tet, grusiger Zerfall, starke Zerrunsung und Schuttbildung	Kalke: stark geklüf- tet, sehr gut verkar- stungsfähig, wasser- durchlässig, quellarm Dolomite: geringere Verkarstungsfähig- keit u. Wasserdurch- lässigkeit, gute Was- serspeicherung, zeit- weise oberflächlicher Abfluß, an Schichtgren- ze häufig wasserstau- end u. Verkarstung un- terbrechend
Carditaschichten	Karn	Oolithe: Hirschgrube; dunkles Dolomitband: Ebenstein, Polster, Speikboden, Meßnerin, Stadurz, Gries- stein, Riegerin Rauhacken: Hochblaser	meist feh- lend, sonst wenige m mächtiges Band	Kalkoolithe (Hirschgrube) dunkler Dolomit (Begleit- band) ockergelbe Rauh- wacke, teils mit Gipsen	ohne Bedeutung
Dachsteinkalk Dachsteinriff- kalk (Hauptdolomit) Hallstätterkalk	Nor Räth	a) geschichteter Kalk: Gipfelpartien der Kalten Mauer, Pillstein, Grasberg, Stangenwand b) Riffkalke: Kalte Mauer, Kollmannstock, Brandstein, Schaufelwand, Ebenstein, Griesstein, Riegerin, Stadurz, Meßnerin u. a. (Gipfelpartien)	400-1000 m	a) helle gebankte wandbil- dende Kalke, meist nordfal- lend b) Riffkalk: massig, unge- schichtet, stärker verwit- ternd, stark geklüftet, Hauptdolomit: Bezeichnung f. dolomitisierte Dach- stein (riff) kalke, grusig verwitternd Hallstätterkalk: örtlich geringmächtig als rötli- ch Kalk	gut verkarstungsfähig, doch reicher an MgCO ₃ als Wettersteinkalk, wasserdurchlässig, quellarm Dolomit: geringere Ver- karstungsfähigkeit und Wasserdurchlässigkeit, gute Wasserspeicherung, zeitweise oberflächl. Abfluß
Gosauschichten	Kreide	Fowiestal, Hieflau	geringmächtig aufla- gernd	Kalkbrekzien u. Konglome- rate	örtlich erhöhte Wasser- speicherung, sonst oh- ne Bedeutung

Aflenzner Fazies (Ilgenertal-Bürgeralm-Oisching-Hochanger)

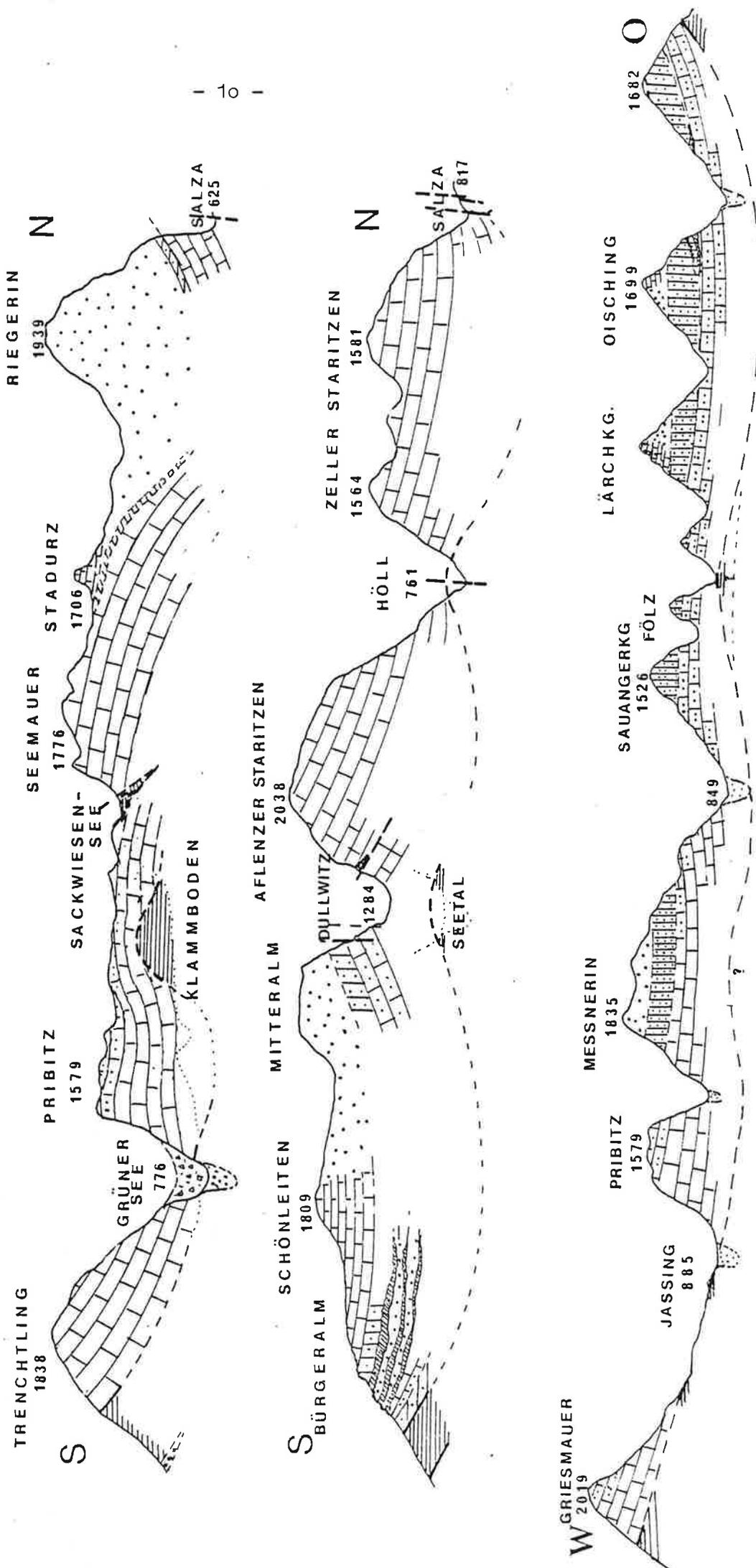
Tabelle 3

Bezeichnung der Schichtfolge	Zeit	Verbreitung	Mächtigkeit	Lithologie	Hydrogeologische Bedeutung
Ramsaudolomite (Hauptdolomit) (Reifflinger Kalke)	Ladin	Fölztal, Bürgeralm, Südhang (teilweise zwischen Ramsaudolomiten u. Kalken entwickelt)	max. 100 m (teils fehlend) geringmächtig	weiße, löchrige, zucker-körnige Dolomite (dünnplattige, flasrige, teils hornsteinführende Kalke)	wegen geringer Verbreitung bzw. Mächtigkeit und Lage zwischen wasserstauenden Schichten geringe Bedeutung
Mettersteinkalke		Schießling, Südosthang	60-150 m	helle, teils rötliche massige dolomitische Kalke	
Reingrabner Schiefer (Opponitzerkalke)	Karn	Südfall der Bürgeralm u. des Oisching in 1300 - 1400 m Seegraben u. Hochanger, gegen Norden auskeilend	250-300 m	drei mit geschichteten, teils dolomitischen Kalken wechsellagernde Bänder von dunklen Ton-schiefern	Tonschiefer: wo kalküberlagerung karsthydrologische Bedeutung als Wasserstauer, Quellhorizonte, Kalkzwischenlagen ohne Bedeutung
Aflenzner Kalk (Dachsteinkalk)	Nor	Bürgeralm, Schönleiten, Schießling, Oisching, Hörster Kogel	500-600 m	über dunklen Dolomiten meist dunkle, nordfallende, gut geschichtete u. klüftige, hornsteinführende Kalke	gut verkarstungsfähig wasserdurchlässig quellarm
Tertiäre Ablagerungen (hochgelegene Flächensysteme, insbesondere um 1500 m)					
Augensteine	Miozän	Sonnschienplateau, Fowies	0	in Dolinen u. Hohlformen eingeschwennte Reste von tertiären Schottern	keine
Reliktböden	Miozän Pliozän Quartär	vorwiegend Sonnschienplateau	wenige Meter	tiefgründige, rötliche, lehmige Verwitterungsböden (Brekzien, umgelagerte Sedimente)	Lokal wasserstauend und wasserspeichernd, Filterwirkung, meist jedoch Abfluß in Dolinen

Tabelle 4

Fölsfazies (Riffazies) (Inneres Fölsztal, Karlsruhokogel, Fölsztal, Mitteralpe, Feistringstein)

Bezeichnung der Schichtfolge	Zeit	Verbreitung	Mächtigkeit	Lithologie	Hydrogeologische Bedeutung
(Wettersteinkalk) Wetterstein- und Kamsaudolomite	Ladin	(nur z.T. an Basis auf-tretend) Karlsruhoben, Fölszt-, Endrie-gel, innerer Feistring-graben, Seegraben	(geringmächtig) 400-500 m	durchgehend dolomiti-sierte weiße bis hell-graue Kalk, ungeschich-tet, engscharig zerklüf-fert, grusig verwitternd, stark zerrunnt, stark schuttbildend	verringerte Verkarstungs-fähigkeit und Durchlässig-keit, zeitweise oberfläch-licher Abfluß, gute Spei-cherung im Kluftnetz und Schutt
Carditaschichten	Karn	nur andeutungsweise (Ilgener Alpl, Festl-beilstein, Schönleiten, Feistringstein)	bandförmig geringmächtig	rötlichgelb; dunkler Dolomit	ohne Bedeutung Quellhorizont in 1300 m, am Feistringstein Ostgrat
Hauptdolomit	Nor	Karlsruhoben, Fölsztalpe, Endriegel, innerer Feistringgraben	nicht abgrenz-bar, Übergang zu Riffkalken	dolomitische Riffkalke, engscharig zerklüftet, grusig verwitternd, stark zerrunnt	verminderte Verkarstungs-fähigkeit, zeitweise ober-flächlicher Abfluß, gute Speicherung, quellarm
Dachsteinriffkalke	Nor	Plateaus der Mitteralpe bis Feistringstein und Karlsruhokogel mit Festl-beilstein und Fölsztal	+ 200 m	graue, ungeschichtete, wandbildende Riffkalke	intensiv verkarstet, doli-nenreich, gut durchlässig, quellarm
Übergangsfazies (zwischen Aflenzer Fazies und Riffazies im Fölsztal und Feistringgraben)					
Ramsaudolomite	Ladin		300 m	weiße, wandbildende Dolomite	wasserdurchlässig, doch geringe Bedeutung
Reingrabnerschiefer	Karn	2 km breite Übergangs-zone entlang Linie Ilgener Alpl, Schwaben-bartl-Oisching, Misitul-alpe	250 m	2 Schieferlagen mit Kalkzwischenlagen gegen Norden auskeilend	wasserstauend
Aflenzer Kalke	Nor		500 m	zunehmende Dolomitisie-rung, tieferer Teil-Dolomit, höhere Teile - Übergang zu Riffkalken	verkarstungsfähig, wasser-durchlässig





Wettersteinkalk, wand-
bildend. Vordergrund:
Werfener Schiefer



Dachsteinriffkalk,
wandbildend über
Wettersteindolomit



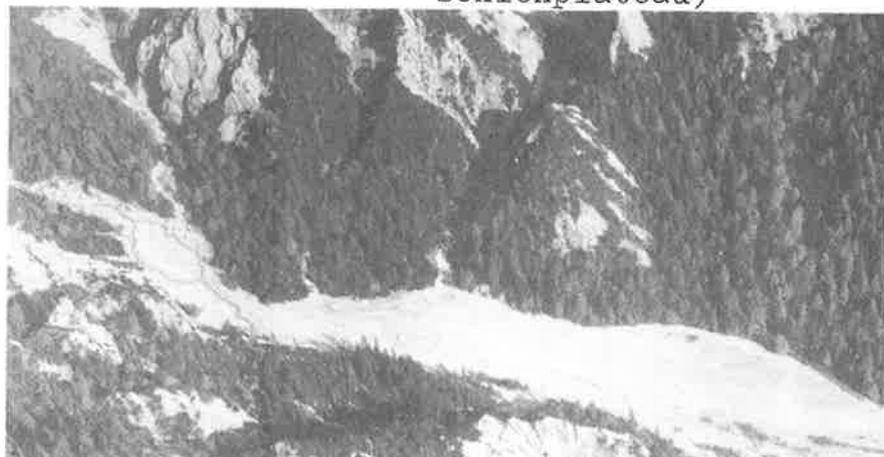
Aflenzer-Kalk, gebankt
und gefaltet



steilstehende Klüftung
(Wandbildung, Auflösung)



Fowiestalbruch (Kollmannstock gegen
Brandstein/Fowiestal Pfaffing-Sonn-
schieenplateau)



Zerrunsung und Schuttbildung in Dolomit (Karlschütt)

Wie aus der vorstehenden Übersicht hervorgeht, besteht der überwiegende Teil des Hochschwabmassives aus bis über 1000 m mächtigen, wasserdurchlässigen bzw. verkarstungsfähigen Karbonatgesteinen und lagern diese wasserundurchlässigen Schiefern auf. Ein Vergleich der Faziesbereiche zeigt jedoch deutlich, daß der westliche, der zentrale wie auch der nördliche Teil des Hochschwabmassives wesentlich günstigere Voraussetzungen als der dolomitische Bereich der Fölsfazies aufweisen.

1.2) Zum Einfluß der Tektonik auf die unterirdischen Wasserwege

Während der Gesteinsaufbau an sich in erster Linie für den Grad der Verkarstungsfähigkeit und den Anteil der versickernden Niederschläge in den Untergrund verantwortlich ist, sind unterirdische Verteilung und Wege dieser Wässer in hohem Maße von den Auswirkungen der gebirgsbildenden Kräfte abhängig. Nachdem die Ablagerung der im Hochschwabmassiv vertretenen Sedimente im wesentlichen bereits im frühen Erdmittelalter (Trias) beendet war, erfolgte die durch Faltungs- und Hebungsvorgänge bewirkte Gebirgsbildung im wesentlichen erst während des Tertiärs.

Nach ersten Faltungsvorgängen während der Mittleren Kreidezeit (Vorgosauische Faltung) erfolgte im Tertiär eine weitere, mehrphasige, von längeren Ruheperioden unterbrochene, intensive Faltung und Zerbrechung der Sedimentschichten, wobei für das Hochschwabmassiv vor allem die Savische Faltung (Wende zum Miozän) und Steirische Faltung (Torton) wirksam wurden.

Dabei formte sich durch gewaltige, von Süden gegen Norden wirkende Schubkräfte der weichere und flexiblere, aus Schiefern gebildete Untergrund zu einer Folge von West-Ost gerichteten

Aufwölbungen und Mulden, während die spröderen Kalkgesteine teilweise zerbrachen und in Form von Decken, Schollen oder Schuppen über den Untergrund bewegt wurden. Die Emporhebung zu einem Gebirge erfolgte erst während des jüngeren Tertiärs (Miozän, Pliozän), wobei eine weitere Zerbrechung und eine die Mehrphasigkeit der Aufwölbung widerspiegelnde Zerschneidung erfolgte.

1.2.1) Die Formung des undurchlässigen Gesteinsuntergrundes

Die Formung des durch Schiefer gebildeten undurchlässigen Untergrundes ist vor allem für die tiefreichende, unterirdische Karstentwässerung von ausschlaggebender Bedeutung. Soweit diese Schiefer unter der mächtigen Kalküberdeckung aufgeschlossen sind, ergibt sich das Bild von zwei großen West-Ost verlaufenden Mulden; eine dritte Mulde ist im Norden angedeutet. Die Trennung der beiden großen Mulden, der sogenannten südlichen Hochschwabmulde und der Hauptmulde, erfolgt durch eine von Eisenerz über die Jassing zur Klamm und von Buchberg bis zum Seeberg verlaufende Aufwölbung. Diese wird nur im Bereich Karlhochkogel - Mitteralpe über eine weitere Strecke von Kalken überlagert und bildet sonst jedoch eine eindeutige hydrogeologische Barriere zwischen den beiden Einzugsbereichen. Gegen Norden wird die Hauptmulde durch die sogenannte Gschöderer Antiklinale, einer sich zwischen Gschöder und Weichselboden erstreckende Aufwölbung, und den sogenannten Höllbruch von der Mulde der Zeller Staritzen getrennt. Diese Mulden bilden jeweils tektonische wie auch hydrogeologische Einheiten. Dies bedeutet, daß der im Bereich dieser Mulden versickernde Niederschlag in diesem gespeichert wird bzw. an tektonisch

oder morphologisch prädestinierten, meist am Rande dieser Mulden gelegenen Stellen wieder hervortritt. Ausnahmen bilden lediglich die teils in die Hauptmulde eingreifenden Talböden des Seetales bzw. der Dullwitz, des Trawiestales, des hinteren Klammbodens, die Talschlüsse des Sonnschienenbaches und der Jassing wie auch der nördliche Hochschwab westlich Gschöder, wo die Fortsetzung der Antiklinale nicht verfolgbar ist.

Die Lagerung der Gesteine ist in den im wesentlichen E. Spengler folgenden geologischen Profilen (Taf. 2) wiedergegeben, wobei sich die Signaturen wiederum auf die Geologische Karte (Tafel 1) beziehen.

1.2.1.1) Südliche Hochschwabmulde

Die ausgeprägteste Mulde ist die sich zwischen Langstein und Hochanger mit einer Länge von 30 km und einer durchschnittlichen Breite von 3 - 4 km erstreckende sogenannte „Südliche Hochschwabmulde“. Diese umfaßt einschließlich des orographisch zuzuzählenden Einzugsgebietes des Seetales eine Fläche von 192 km², wovon 139 km², das sind 72,4 %, aus mehr oder minder verkarstungsfähigen Gesteinen bestehen. Aus dem Einfallen der Schiefer und vereinzelt Aufschlüssen zu schließen, dürfte die Mulde auch in ihrer Längserstreckung durch einen Wechsel von Einmüldungen (Priwitz, Ilgenertal) und Aufwölbungen entlang der Längsachse (Meßnerin, Fölz) hinsichtlich der tiefreichenden Karstentwässerung in hydrologisch wirksame Teilbereiche gliederbar sein (siehe Längsprofil Taf. 2).

Die Entwässerung der südlichen Mulde erfolgt zum überwiegenden Teil über das Grundwasser der fingerförmig tief in das

Hochschwabmassiv eingreifenden Täler (Tragößtal, Ilgenertal, Seetal). Diese starke Auflösung des Hochschwabmassives gegen Süden ist einerseits durch die hier massiv auftretenden weichen Werfener Schiefer, andererseits durch die besonders im Bereich von Störungen und Schieferzonen wirksame ausschürfende Wirkung der eiszeitlichen Vergletscherung bedingt.

1.2.1.2) Hauptmulde

Für die Hauptmulde liegen nur wenig Anhaltspunkte über ihren Verlauf und Formung vor. Während U. Mager (1979) im Bereich des westlichen Hochschwabes (Kaiserschild) durch Sättel abgetrennte Teilmulden nachweisen konnte und A. Thurner (1971) auch im Bereich des Ebensteins, des Zagelkogels und östlich des Hochschwabgipfels in der Aflenzer Staritzen Einsenkungen vermutet, sind Höhenlage und Formung des undurchlässigen Untergrundes vor allem in dem durch Störungen und Schuppentektonik geprägten Plateaubereich weitgehend unbekannt. E. Spengler nimmt z.B. im Plateaubereich nur eine dünne Kalküberdeckung der Schiefer an, was zumindest im westlichen Teil des Plateaus durch Ergebnisse der Höhlenforschung nicht zuzutreffen scheint.

Nördlich der markanten von Fowiestal über das Trawiestal zum Seetal ziehenden Bruchlinie erfuhren die bis über 1000 m Mächtigkeit erreichenden Karbonatgesteine eine pultartige Kippung und fallen in einem relativ geschlossenen markanten Abfall gegen Norden. Wie weit und in welcher Höhenlage sich die gegen Ebenstein hinziehende Antiklinale von Gschöder gegen Westen fortsetzt und hydrogeologisch wirksam wird, ist nicht bekannt. Auch ist nicht bekannt, wie weit die ausgeprägte Bruch- und Störungslinie eine Unterbrechung der in Teilen des Plateaus gegen Norden gerichteten Entwässerungs-

tendenz bewirkt. Eine eindeutig gegen Norden gerichtete, unterirdische Entwässerung erfolgt nördlich der erwähnten Bruchlinie, wobei ein Teil der überaus ergiebigen Quellen am Nordrand des Hochschwabmassives (Kläfferquelle, Antengrabenquelle, Pirknerquelle) an die auftauchenden Werfener Schiefer bzw. deren Rückstau gebunden erscheint (F.Trauth,1948;J. Zötl,1961).

Das Sonnschien-Pfaffingplateau scheint hingegen zu einem großen Teil gegen Westen (Seeau) zu entwässern, wobei eine genaue Abgrenzung der Einzugsgebiete bzw. Entwässerungsrichtungen kaum möglich ist.

1.2.1.3) Zeller Staritzenmulde

Die dritte, nördlich des Höllbruches und der Gschöderer Antiklinale entwickelte Mulde umfaßt die überwiegend aus Wettersteindolomiten und -kalken aufgebaute Zeller Staritze und setzt sich flach gegen Westen fallend unter dem Türnach gegen die Riegerin fort, wobei, wie bereits erwähnt, eine Abgrenzung gegen die Hauptmulde im Westen nicht mehr möglich ist. Die Entwässerung erfolgt zum überwiegenden Teil durch Karstquellen (Brunngraben, Pfannbauernquelle, Pirknerquelle) und zum Teil über Grundwasserquellen (Hölltal, Brunntal).

Gegen Norden erfolgt die Begrenzung des Hochschwabmassives durch eine markante, von Hieflau über das Schwabeltal gegen das Salzatal ziehende Bruchlinie und in Fortsetzung durch eine über Rothmoos gegen Gußwerk ziehende Überschiebungslinie.

1.2.2) Brüche, Störungen

Störungen des Gesteinsverbandes infolge tektonischer Beanspruchung können von sehr unterschiedlicher hydrogeologi-

scher Wirksamkeit sein. So können einerseits die Zerbrechung und Auflockerung des Gesteinsverbandes zu einer extrem hohen Wasserwegigkeit und Verkarstung führen (z.B. Häusltrog, Allaloch, Sonnstein). Solche Linien sind an der Oberfläche durch Dolinenreihen und Karstgassen gut erkennbar und finden im karstmorphologischen Abschnitt (V. Weißensteiner) eine eingehende Beschreibung. Diese gute Wasserwegigkeit ist meist im Bereich kleinerer, im Zusammenhang mit dem Kluftnetz stehender Störungen, deren Maximum in südöstlicher und nordöstlicher sowie nordnordwestlicher und südsüdwestlicher Richtung gelegen ist, gegeben. Besonders gut lassen sich bevorzugte Kluft-, Störungs- und Zerrüttungszonen aus dem Luftbild erkennen.(s.Tafel 4)

Andererseits kann entlang ausgeprägter Bewegungsflächen die intensive Zerreibung (Mylonitisierung) der stark beanspruchten Gesteine auch zu einer Verminderung der Wasserwegigkeit bis zu einer Unterbrechung von unterirdischen Wasserwegen führen. So wäre es, wie bereits erwähnt, zum Beispiel eine interessante Frage, wie weit durch die steil stehenden Bewegungsflächen des vom Fowiestal gegen den Ebenstein und weiter vom Filzmoos über das Trawiestal in die Dullwitz ziehenden Störungs- und Bruchlinien die nach dem Schichtfallen eher nach Norden gerichtete Entwässerung unterbrochen und in eine Ost-Westrichtung abgelenkt wird. Da auf Grund von Wasserbilanzen nur grobe Abschätzungen der Einzugsgebiete möglich sind, wird die Klärung solcher Fragen letztlich nur durch Färbeversuche möglich sein. Neben den erwähnten großen Ost-West gerichteten Bruchlinien, wie sie auch im Hochanger erkennbar sind, treten auch markante Querbrüche in NE - SE bis NS - Richtung auf, wie Brüche am Pfaffenstein, der Eisenerzer Höhe, am Trenchtlingmassiv, am Ebenstein oder im Ghackten.

1.2.3) Schuppen, Gleitflächen

Infolge der Einengung des Sedimentationstrogos durch S-N gerichtete Schubkräfte kam es nicht nur zu einer Zerkleinerung, sondern auch zu hier eher bescheidenen lokalen Verschuppungen und Überschiebungen der Karbonatgesteine. Solche Schuppen finden sich zum Beispiel in der Anger- und Hörndlmauer (Jassing), wo über Gutensteinerkalken völlig zerriebene Schuppen von Werfener Schiefer folgen wie auch am Südfall der Hauptkette gegen das Trawiestal, wo eine Schubfläche durch über Wettersteinkalk folgende Gutensteinerkalke und zum Teil auch durch zerriebene Werfener Schiefer erkennbar ist. Schubflächen werden auch im Stangenkar und östlich der Aflenzer Staritzen (Bruchtal) durch über Kalken gelegene Schuppen von Schiefer markiert. Die markanteste Schuppe entlang von Gleitflächen hochgezerter Schiefer findet sich in fast 1500 m Höhe beim Sackwiesensee. Wenn auch die Reichweite dieser durchwegs nordfallenden Gleitflächen nicht bekannt ist, ist ihnen im lokalen Bereich infolge der starken tektonischen Beanspruchung der Gesteine und eingeschuppten Schiefer und Gutensteinerkalke eine die vertikale Entwässerungsrichtung unterbrechende Funktion zuzusprechen.

1.2.4) Klüfte

Kompakte Karbonatgesteine weisen an sich mit einer primären Porosität von 1 - 4 % eine sehr geringe Durchlässigkeit auf (J.Zötl, 1974). Die hohe Durchlässigkeit ergibt sich erst aus der Öffnung des Gesteinskörpers in Form zahlreicher Klüfte und Spalten und der darin einsetzenden chemischen Lösungsvorgänge. Somit sind die Klüfte die wichtigste Voraussetzung für eine gute Wasserwegigkeit und gute Speicherung, letztlich auch für eine intensive Verkarstung.

Die infolge der tektonischen Kräfte erfolgte Zerbrechung des Gesteinskörpers zeigt sich in den nördlichen Kalkalpen häufig durch zwei annähernd senkrecht zueinander stehende Kluftsysteme. Auch im Hochschwabmassiv zeigt sich, wie aus den der jeweiligen Beschreibung der einzelnen Untersuchungsgebiete beiliegenden Kluftrosenkarten von Y. Yamac hervorgeht, eindeutig ein Überwiegen NW - SO und NO - SW gerichteter Klüfte. Die Dichte der Klüftung ist weitgehend von der tektonischen Beanspruchung wie auch von der Gesteinsart abhängig. Während in rein dolomitischen Bereichen eine völlige, teils regellose Zerbrechung bis in den cm-Bereich erfolgte, liegt diese in den Kalken im dm- bis m-Bereich. Dadurch kann im Bereich der Kalke eine rasche Einsickerung und durch Verkarstung beschleunigte Ableitung der Niederschlagswässer erfolgen, während die Wasseraufnahme in den engscharig geklüfteten Dolomiten langsamer und auch in geringerem Ausmaße vor sich geht, wobei die Speicherung in den Klüften wie auch die Filterung von Verunreinigungen in letzteren besser ist. Allgemein stehen die Klüfte nahe der Oberfläche am weitesten offen und werden gegen das Berginnere enger und nehmen auch in ihrer Zahl ab. Eine intensive Klüftung weisen häufig Talflanken auf, wo Entspannungsfugen bzw. durch die Entlastung vom Eisdruck Dehnungsklüfte entstanden.

Im Hochschwabmassiv ist die Klüftung durchwegs sehr steilstehend, was die rasche Tieferführung der versickernden Niederschlagswässer begünstigt und zu einer überwiegend vertikalen Entwässerung führt. Dies wirkt sich jedoch auch morphologisch durch steile Wandbildungen und Auflösungen in Grate und Türmchen aus. Durch besonders intensive steilstehende Klüftung sind zum Beispiel die Hänge der Angermauer, des Lenkerkogels, der Pribitz, Griesmauer, Meßnerin, des

Webersteins und weite Teile des Pfaffing-Sonnschien-Plateaus gekennzeichnet. Spuren einer Bergzerreißung sind am Südabfall der Angermauer und der Meßnerin, am Weberstein und am Reidelstein (Ochsengraben) erkennbar. Die beste Wasserwegigkeit und beste Angriffsmöglichkeit für die Verkarstung ergibt sich jeweils an den Kreuzungspunkten von Klüften bzw. Störungen.

1.3) Schichtfugen

Schichtfugen bzw. Bankungsflchen, wie sie durch rhythmische Sedimentationsvorgänge primär entstehen können, sind im Hochschwabmassiv in bezug auf die unterirdische Wasserführung von sekundärer Bedeutung. Dies einerseits, weil deutlich geschichtete, durch tektonische Kräfte und Lösungsvorgänge erweiterte und damit wasserwegige Schichtfugen aufweisende Gesteine in starker Minderheit sind (z.B. Dachsteinkalk, Aflenzerkalk), andererseits weil die meist flach einfallenden Schichtfugen immer wieder von senkrechten Klüften und Störungen durchsetzt werden, so daß solchen Schichtfugen folgende Wasserbahnen immer wieder unterbrochen werden. Wirksam werden sie erst, wenn durch einen Gesteinswechsel, z.B. Kalk-Dolomit, die Entwässerung in eine überwiegend horizontale Richtung gedrängt wird, oder wenn durch steilstehende Schichten (z.B. Nordabfall des Massivs oder beim Brnsboden) die Entwässerungsrichtung vorgegeben wird. Als an Schichtfugen gebundene Wasservorkommen sind Quellen im Feistringgraben (Aflenzerkalk) und der Klamm bei der Seeau zu nennen.

1.4) Gesteinsgrenzen

Wie bereits angedeutet, wird die meist vertikale Wasserbewegung meist erst dann in eine überwiegend horizontale umschlagen, wenn entweder die zur Verfügung stehenden Hohlräume bis zu einem gewissen Maß mit Wasser erfüllt sind, ein Kluft-

oder Karstwasserspiegel erreicht wird, die Klüftung aufhört, oder wenn ein minder durchlässiges Gestein erreicht wird. So enden wie bei V. Weißensteiner näher beschrieben wird, die senkrechten Schächte häufig an der Grenze zu Dolomiten und Gutensteinerkalken bzw. gehen dort in das Fallen der Gesteinsgrenze über. Doch ist eine Entwässerung entlang dieser Gesteinsgrenzen selten und durchdringt die unterirdische Entwässerung zum überwiegenden Teil den gesamten Komplex der Karbonatgesteine bis zum undurchlässigen Untergrund bzw. Erreichen eines Karstwasserspiegels.

Luftbildausschnitte zu S 16 ff und S 23 ff.

(Vervielfältigung mit Genehmigung des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen (Landesaufnahme) in Wien, Zl. L 61 255/80).



Abb. 1: 1) Im Luftbild sichtbar werdende Hauptkluftrichtung (Sonnschienplateau); 2) Karsthohlform (Senkboden); 3) Wandbildung (Hörndl- und Stallmauer); 4) Zerrung in Dolomit (Pribitzthörl); 5) Werfener Schiefer (sanfte, bewaldete Hänge).

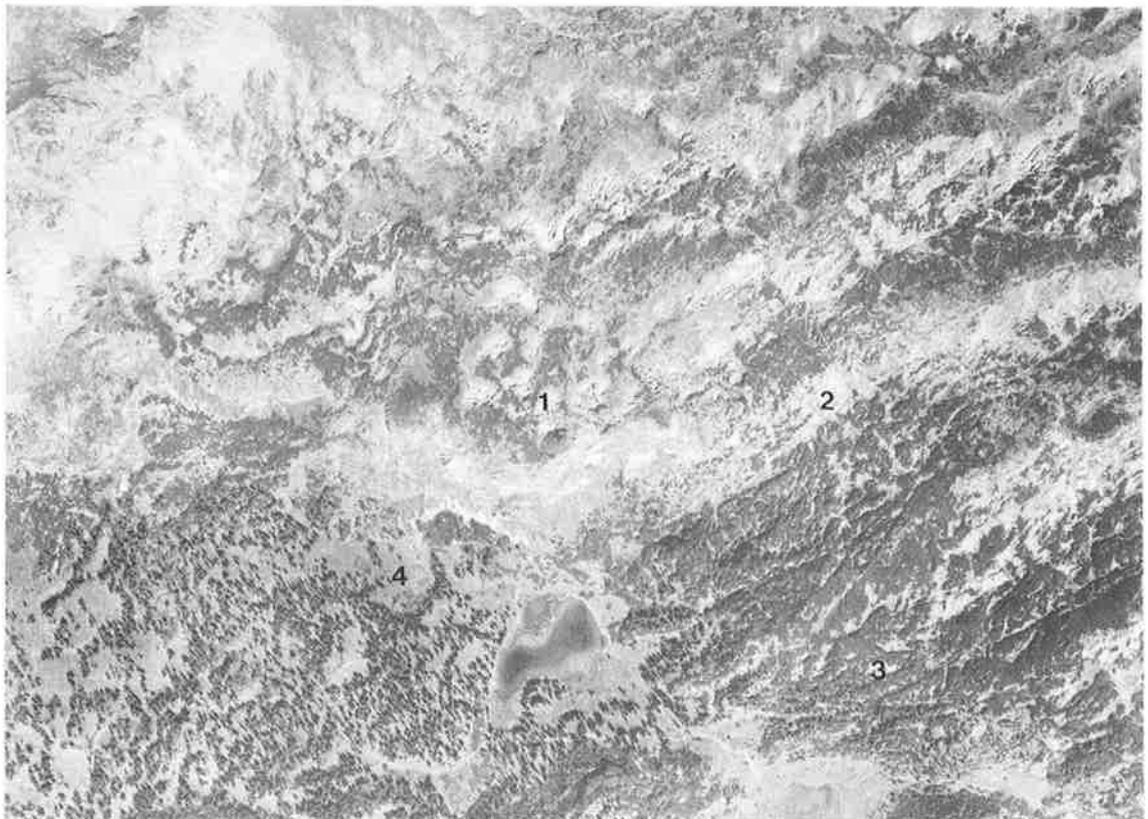


Abb. 2: Der Hauptkluftrichtung und den Störungslinien folgende Dolinenreihen und Karstformen: 1) Seestein (Großdolinen); 2) Allaloch; 3) Häuseltrog; 4) Sackwiesensee-Filzmoos (Großformen).

2. VERKARSTUNG

(Siehe Tafeln 4 u. 5)

Ein wesentlicher Faktor für die wasserwirtschaftliche Bedeutung des Hochschwabmassives ist dessen Verkarstung, da erst durch diese eine überwiegend unterirdische Entwässerung, die Erhaltung der weitgedehnten Hochflächen und damit eine intensive Versickerung möglich sind. Da die Verkarstungserscheinungen im Hochschwabmassiv eine ausführliche Beschreibung bei V. Weißensteiner finden, seien hier nur einige allgemeine Bemerkungen angebracht.

Die Verkarstung, ein wesentliches Merkmal der Karbonatgesteine, tritt besonders im Bereich der Kalkgesteine durch eine Umgestaltung der Oberfläche augenfällig in Erscheinung, ist jedoch auch in dolomitischen Bereichen durchaus wirksam (z.B. Sonnschienalm, Pribitz).

Die Ursache der Verkarstung liegt in der Wasserlöslichkeit der Karbonatgesteine, indem sich bei Vorhandensein von CO_2 aus CaCO_3 das Hydrokarbonat $\text{Ca}^{++} + 2 (\text{HCO}_3^-)$ bildet. Während die Oberflächenverkarstung das CO_2 hauptsächlich aus der Luft und dem Boden bezieht, werden unterirdische Lösungsvorgänge weitgehend durch die sogenannte Mischkorrosion ermöglicht. Diese entsteht dadurch, daß bei Mischung zweier, verschiedenlich mit Kalk und Kohlensäure gesättigter Wässer, wie sie unterirdisch häufig vorkommen, Kohlensäure frei wird, und abermals Kalk gelöst werden kann (A. Bögli, 1964).

Verkarstungserscheinungen kommen sowohl über der Wald- und Vegetationsgrenze (nackter Karst), wo sie besonders augenfällig sind, wie auch unter Vegetationsbedeckung (bedeckter Karst), wo sie unter Einwirkung von CO_2 aus der Bodenluft wiederum besonders intensiv sein können, vor.

Typische Zeichen einer Oberflächenverkarstung sind Karren, Spülrinnen und Kluftgassen. Dringt das Wasser jedoch meist entlang wasserwegiger Klüfte und Fugen in den Boden ein, beginnt es dort entlang sich immer deutlicher abzeichnender Bahnen den Kalk zu lösen und so seinen Weg zu erweitern. Letztlich entstehen im Bereich senkrechter Entwässerung durch fortwährende Lösungsvorgänge tiefreichende Schächte und Dolinen, wobei durch Nachsackungen und Einbrüche unterirdischer Hohlräume auch Großformen entstehen können.

Wo die Wasserbewegung infolge Erreichens einer Gesteinsgrenze oder eines Kluft- bzw. Karstwasserspiegels in eine überwiegend horizontale umschlägt, folgt diese wiederum vorzugsweise den Schwächezonen, also Störungen und Kluftsystemen.

Durch intensive Lösungsvorgänge der sich in diesem Bereich mischenden Wasser können bevorzugte Wasserwege zu großen, horizontalen Höhlensystemen erweitert werden. Infolge Hebung des Gebirges bzw. Tieferlegung des Erosionsniveaus wurden diese weitgehend funktionslos und münden oft in mehreren Stockwerken übereinander, „hängend“ aus. Heute bieten diese ehemaligen Wasserwege einen guten Einblick in das Berginnere und dienen auch als Hinweis auf bevorzugte Entwässerungsrichtungen. Nicht selten wird der Verlauf von Höhlengängen durch Dolinenreihen an der Oberfläche markiert (z.B. Bärenlochsattel). Allgemein folgen Dolinen auffällig bestehenden Kluftsystemen und Störungen, wobei Dolinen naturgemäß im Bereiche der Plateauflächen (Sonnschien-Pfaffingplateau, Häusalm, Eisgrube, Karlhochkogel, Mitteralm), wo ausschließlich eine unterirdische Entwässerung erfolgt, besonders gehäuft auftreten. Während im unbedeckten Karst und an Kreuzungspunkten von Klüften unregelmäßige, teils in Schächte übergehende Formen überwiegen, bilden sich besonders unter Bedeckung durch lehmige Reliktböden wie am Sonnschienplateau,

aber auch im Bereich grusig zerfallender Dolomite gleichmäßige, eher runde Formen aus. (K. Schappelwein, 1965).

In von Relikt- und Verwitterungsböden bedeckten Großformen dienen häufig sekundäre Dolinen mit Schlucklöchern der Entwässerung.

Poljenartige Großformen wie z.B. Wasserboden, Filzmoos - Murrelboden, wie auch langgestreckte Karsttalmulden mit hufeisenförmig abgetreppten Hohlformen sind meist an markante Störungs-
linien gebunden und zeigen vor allem randlich sekundäre Klein-
formen und Schlucklöcher.

Eine wasserwirtschaftliche Bedeutung dieser durchschnittlich 40 - 100 m breiten und 50 - 30 m tiefen Hohlformen liegt außer der Sammlung und konzentrierten Ableitung des Niederschlages in den Untergrund in einer langdauernden Speicherung des festen Niederschlages. Wie immer wieder beobachtet werden kann, wird der Schnee in Dolinen bis zu mehreren Metern Mächtigkeit zusammengeweht und schmilzt dort langsam, bis in die Sommermonate hinein ab. Insbesondere in Schächten erfolgt der Abschmelzvorgang überaus langsam, so daß meist ganzjährig in größeren Tiefen ein Schneepfropfen erhalten bleibt. Somit kommt diesen Hohlformen auch eine wichtige Speicherwirkung zu, welche besonders während frühsummerlicher, trockener Perioden wirksam wird.

2.1) Verkarstungserscheinungen in Gipsstöcken

Gipsstöcke können alle Formen einer Verkarstung, wie Karren, Schwinden, Höhlen und Dolinen aufweisen, wenngleich die chemischen Vorgänge anders verlaufen und eine überwiegend physikalische Lösung stattfindet (J. Zötl, 1974). Wie U. Mager (1979) im Kaiserschild und westlichen Hochschwabmassiv feststellte, kann die Gesamtmineralisation von Quellen aus Gipsstöcken bis über 2,2 g/l betragen, was einem Stoffaustrag von 1,73 t/d je 10 l/s Schüttung entspricht. Dieser hohe Stoffaustrag

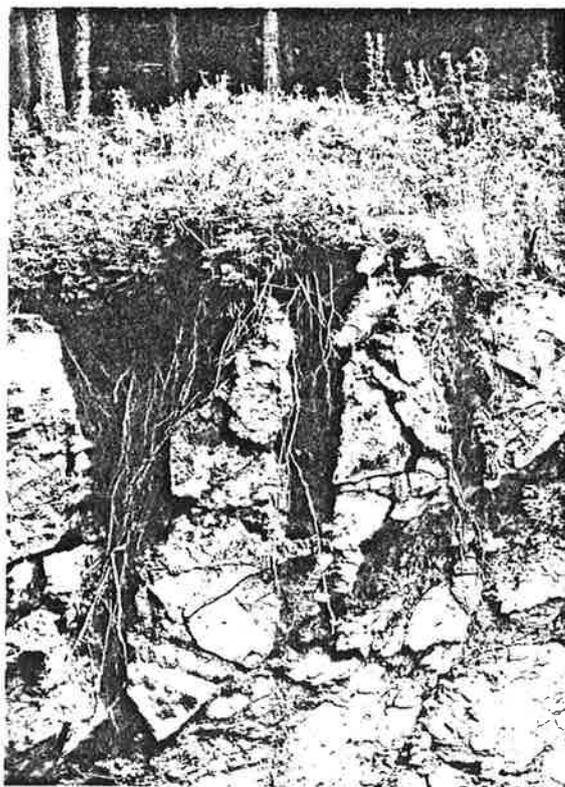
führt zu Einsackungen und Dolinenbildungen, welche selbst unter mächtiger Schuttbedeckung wirksam werden.

So sind die ausgeprägten Dolinenreihen westlich des Grünen Sees wie auch im Seetal westlich Seewiesen wahrscheinlich auf unterirdische Gipsvorkommen zurückzuführen.

Dolinen ziehen auch vom Josergraben entlang des sogenannten Gipsgrabens gegen das Scheidegg. Alle Karsterscheinungen nebst einer schönen Bachschwinde mit Wiederaustritt beim Gipsbergbau sind im Haringgraben bei Tragöß zu beobachten.

Verkarstungs-
erscheinungen in Gips

(Haringgraben/Tragöß)



Bachschwinde
in Gips

3. MORPHOLOGIE

Die morphologische Gestaltung des Hochschwabmassives ist vom Gesteinsaufbau her vor allem durch den Gegensatz zwischen sanften, bewaldeten Hängen im Bereich der weicheren, leichter verwitternden Werfener Schiefer und schroffen, markanten Wandbildungen im Bereich der Kalke gekennzeichnet. Durch steile, häufig Störungslinien folgende Wandbildungen und blockigen Zerfall sind vor allem die massigen Wettersteinkalke und Dachsteinriffkalke, zum Teil auch die Ramsaudolomite, gekennzeichnet. Zu einer fliederförmigen Auflösung in stark zerrunzte Quelltrichter und extrem starkem Schuttanfall neigen hingegen die Dolomite, wie dies insbesondere im Bereich der „Fölfazies“ in Erscheinung tritt.

3.1) Flächensysteme

Eine besondere Bedeutung in bezug auf den Wasserhaushalt kommt den Verebnungsflächen des Hochschwabes zu. Wie beiliegende Karte (Tafel 5) zeigt, wird der überwiegende Teil des zentralen Gebirgsmassives von ausgedehnten Hochflächen eingenommen.

Wesentlich ist, daß sie dort ausschließlich in Karbonatgesteinen entwickelt und daher besonders intensiv verkarstet sind, die Entwässerung zum überwiegenden Teil unterirdisch erfolgt, und daher ein außerordentlich hoher Anteil des Niederschlages zur Versickerung gelangt. Während in den von infiltrationshemmenden Bodenschichten und wasserzehrender Vegetation bedeckten Flächen der großen Flußtäler und des Flachlandes oft weniger als 20 % des Jahresniederschlages zur Versickerung gelangen, kann hier mit Versickerungsraten von über 50 % gerechnet werden. Infolge der fast ausschließ-

lich unterirdischen Entwässerung sind die Flächen in Kalkgebieten relativ gut erhalten, in dolomitischen Bereichen hingegen bereits teilweise zerstört.

Wie aus nachstehender Übersicht (Tabelle 5) zu ersehen ist, gibt es in der Literatur verschiedene Ansichten über Entstehung und Gliederung der Flächensysteme. Einheitlich ist jedoch die Auffassung, daß die Entstehung solch ausgedehnter Verebnungsflächen nur unter anderen klimatischen Bedingungen, und zwar unter tropischen Klimaverhältnissen mit vorwiegend flächenhafter Abtragung, möglich war. Solche Verhältnisse herrschten vor allem während des Miozäns, wogegen im Pliozän das Klima zusehends kühler und humider wurde. Einheitlich ist auch die Auffassung, daß die ursprüngliche Landschaft, wie sie vor der Hebung des Gebirges bestand, die sogenannte „Augensteinlandschaft“ als solche nicht mehr erhalten sei. Nur vereinzelt finden sich die Schotter eines vor der Gebirgshebung diesen Bereich von Süd gegen Nord querenden Flußsystems noch in Dolinen und Hohlformen und werden als „Augensteine“ bezeichnet. Während die ältere Richtung in der Literatur die Ansicht vertrat, eine ursprüngliche Flachlandschaft „Raxlandschaft“ sei durch Brüche und differenzierte Hebungen in eine „Schollenlandschaft“ mit verschieden hohen Flächenresten zerlegt worden, neigt man in der jüngeren Literatur zur Ansicht, die Flächen seien als Fußflächen am Rande einer Wölbungskuppel jeweils während Ruhepausen der Hebung entstanden, wobei durch das Fortschreiten der Aufwölbung immer weitere Gebiete erfaßt wurden.

Als Argumente werden die kranzförmige Anordnung der Verebnungsflächen um zentrale Wölbungskuppeln - hier Hochschwabgipfel - Ebenstein - Eisenerzer Reichenstein - und das Hinweg-

1) Theorie: Zerbrechung und Verbiegung einer Flachlandschaft		2) Theorie: Hebung en block (5 Talanlagen 500 - 2000)	
Vertreter: D.Baedecker 1910, E.Brückner 1923, N.Lichtenecker 1925, A.Aigner 1925, E.Spengler 1926, N.Krebs 1903, 1928 u.a.		Vertreter: K.Östreich 1899, J.Sölch 1928	
Bezeichnung	Ausbildung	Höhe	Verbreitung
Augensteinlandschaft (Ausgangslandschaft)	Hügellandschaft	2100 - 2280	Augensteinlandschaft
Raxlandschaft	Flachlandschaft	1900 - 2000	Trenchtling, Lamingeck, Brandstein
1. Plateauzyklus (1. Bewegungszyklus)		1800 - 1900	Frauenmauer, Gsollmauer, Sonnstein, Pfaffenstein, Kalte Mauer, Meßnerin
1. Talanlage		1500 - 1600	Sonnschienplateau
Schollenlandschaft	Zerbrechung der Flachlandschaft	6 weitere Systeme (Talanlagen)	
2. Plateauzyklus (2. Bewegungszyklus)	Bildung von Plateaugruppen		
Talanlagen (2. Bewegungszyklus)	weitere Hebung und Verstellung		
		Zentral. Bergland Karlalpe, Mittelalpe, Sonnschienalm, Trenchtling	
		Teilflächen Talanlagen	

greifen der Verebnungsflächen über markante Störungen, wie die Dullwitzstörung, angeführt.

Hydrogeologisch ist dies insoferne von Bedeutung, als demnach die einzelnen Gebirgsstöcke nicht als durch Brüche getrennte hydrogeologische Einheiten, sondern als zusammenhängendes System zu verstehen sind.

Während die Kalkareale während der im Miozän einsetzenden Emporwölbung des Gebirges und die dadurch bewirkte Absenkung des Karstwasserspiegels zunehmend verkarsteten und infolge der unterirdischen Entwässerung so auch erhalten blieben, wurden die heutigen Flußsysteme vor allem ausgehend von den Bereichen mit oberirdischer Entwässerung (Werfener Schiefer, z.T. Dolomite) und entlang von Schwächezonen angelegt.

Der markante Einschnitt der heutigen Talanlagen in die Reste der Flachlandschaften wird durch einen Übergang von flächenhafter Abspülung zu linearer Erosion infolge der Abkühlung des Klimas während des Pliozäns erklärt. Schließlich wurde der Unterschied zwischen den steilwandig eingesenkten Tälern und Hochflächen durch die Wirkungen der eiszeitlichen Vergletscherung verstärkt. Wie im nachfolgenden Abschnitt beschrieben wird, waren die ausgedehnten Flächensysteme des Hochschwabmassives auch an der intensiven Vergletscherung dieses Gebietes maßgeblich beteiligt.

3.2) Eiszeitliche Formgebung

3.2.1) Die Vergletscherung des Hochschwabmassives

Die jüngste, überaus intensive formgebende Gestaltung erfuhr das Hochschwabmassiv während der Eiszeiten, wobei die Vergletscherung nicht nur morphologisch, sondern auch hydrogeo-

logisch von großer Bedeutung war.

Das durch einen Temperaturrückgang von rund 8° bewirkte Absinken der Schneegrenze um 1200 - 1400 m unter die hier allerdings nur mehr theoretisch ermittelbare heutige Schneegrenze bewirkte, daß nahezu alle über 1400 m gelegenen Flächensysteme zu Nährgebieten für Gletscher wurden.

Besonders begünstigt wurden infolge der vor allem südlich des Hauptkammes erhaltenen Flächensysteme, trotz ihrer ungünstigeren Exposition, die von Süden und Westen her in das Massiv eingreifenden Täler, in denen sich kurze, aber kräftige Talgletscher entwickeln konnten.

Diese Gunst wird dadurch deutlich, daß 46 %, einschließlich Auffirnung wahrscheinlich über 50 %, des Einzugsgebietes südlich der Hauptkette über 1400 m und somit über der Schneegrenze gelegen waren.

Aus nachstehendem Vergleich (Tabelle 6) der Einzugsgebiete geht deutlich hervor, welche Täler für die Entwicklung von Talgletschern prädestiniert waren, wobei von dem hier generell dem Fowiestal zugeordneten Sonnschienplateau ein Abströmen in die Jassing und Klamm wie auch über den Häuseltrog in das Ilgenertal möglich war.

Tabelle 6

	Seeau (inkl.) Sonnschienpl.	Tragöß (Jassing, Klamm)	Haring- graben	Buchberg- St. Ilgen
Gesamtfl.	60,3 km ²	39,8	11	44,8
über 1400 m	37,4 "	17,75	1,66	17,8
%	62	44,6	15	40

	Fölz	Feistring-, Bürger-u. Jauringgr.	Seetal mit Dull- witz	inkl. See- grabens
Gesamtfl.	29	18,5	20,5	(35,7)
über 1400 m	9,6	7,1	12,8	(15,6)
%	33	38	62,4	(43,6)

Es zeigt sich daraus, daß Talgletscher nur in Tälern zur Entwicklung kamen, wo mehr als 40 % des Einzugsgebietes über 1400 m gelegen waren und wenn dieses überwiegend von hoch gelegenen Flächensystemen und Talschlüssen eingenommen war. So konnten sich überaus kräftige Talgletscher vor allem in den mit dem Pfaffing-Sonnschienplateau in Verbindung stehenden Tälern, dem Fowies-Seeautal, dem Tragöß- und dem Ilgenertal, entwickeln. Ein etwas schwächerer, jedoch durchaus kräftiger Talgletscher kam in dem über das Einzugsgebiet der Dullwitz und mehrere Kare verfügenden Seetal zur Entwicklung. Ein 4 km langer kleiner Talgletscher erfüllte auch den Gsollgraben bei Eisenerz.

Als nicht so günstig und zu klein erwiesen sich die isoliert stehenden Plateaus des Fölzsteins und der Mitteralpe bzw. die dolomitischen, stark zerrunsten Talschlüsse des Fölz- und Feistringgrabens, wo sich nur kurze und unbedeutende Lokalgletscher bilden konnten, während Haringgraben, Bürgergraben und Jauringgraben unvergletschert blieben.

Am Nordabfall des Hochschwabes konnten sich nur Gletscher entwickeln, wo karförmige Nährgebiete, wie Roßhölle, Grübelskar, Oberer Ring, Mitterboden, Antenkar, Eiskar (Riegerin), die Karnische zwischen Grießstein und Polster (Schneekar) oder Nährgebiete, wie Schafwald und Geierböden, vorhanden waren. Talgletscher wiesen nur das Höll- und Brunntal und gegen Westen das Schwabeltal auf. Von den mindestens vier in unserem Gebiet nachgewiesenen Vereisungsperioden sind meistens nur die Spuren der letzten Vereisung, der sogenannten Würmvereisung, gut erhalten. Die größte Ausdehnung der Vergletscherung wurde jedoch in vorangegangenen Vereisungsperioden, vor allem in der Rißeiszeit, erreicht. Die Gletscherenden sind entweder durch Moränenbögen (z.B. westlich des Leopoldsteinersees, am Ausgang des Gsollgrabens, im Tragöbital, bei Rothmoos, am Ausgang des Antengrabens, vom Siebenseetal bis zum Holzapfeltal und westlich der Einmündung des Seebaches ins Schwabeltal) oder durch breite Zungenbecken (Ilgenertal, Brunntal) gekennzeichnet (siehe Tafel 2).

3.2.2) Zur glazialen Übertiefung der Täler

Die große Bedeutung der eiszeitlichen Vergletscherung des Hochschwabmassives liegt in einer besonders in den südlichen Hochschwabtälern wirksam gewordenen glazialen Übertiefung. Bedingt durch den gegenüber kristallinen Massiven we-

sentlich markanteren Übergang zwischen ausgedehnten Hochflächen und in diese eingreifenden Tälern, wie auch durch den Umstand, daß sich die Gletscher infolge Fehlens eines Einsstromnetzes ungehindert ausbreiten konnten, entwickelten hier die Talgletscher eine außerordentlich große Schurfkraft.

Hiebei sind im Zusammenhang mit den geologischen Gegebenheiten drei Tatsachen erwähnenswert:

- a) Die Richtung der glazial übertieften Talabschnitte zeigt, wie zum Teil auch die primären Talanlagen, eine weitgehende Übereinstimmung mit dem örtlichen Maximum der Kluftrichtungen wie auch tektonischen Schwächezonen.
- b) Die maximale Talübertiefung erfolgte jeweils im Bereich der weicheren, weniger widerstandsfähigen Werfener Schiefer, ist jedoch auch im Bereiche der Porphyroide gut entwickelt. Die Exaration (Ausschürfung) ist sowohl in die Tiefe als auch in die Breite gleichsam wirksam.
- c) Im kalkalpinen Bereich beruhte der Tiefenschurf mehr auf der Lockerung des Gefügeverbandes an der Talbasis und wirkte so mehr in die Tiefe als in die Breite.

Somit sind die die Südseite der Hochschwabmulde querenden Täler durch eine Wechselfolge von breiten- U-förmig erweiterten Talbecken im Bereich der Schieferaufwölbung (Eisenerz-Seeberg Antiklinale) Jassing, Klamm Boden, Buchberg, Seetal steilwandigen, schluchtartig eingesenkten Engstellen im kalkalpinen Bereich (Pribitz, Klamm, äußere Karlschütt, Seegraben) und breiten, teils versumpften Zungenbecken in den Schiefeln des Südrandes (Tragöbital, St. Ilgen-Innerzwain) gekennzeichnet. Auch der Gletscher des Fowiestales konnte sich ein breites, glazial übertieftes Zungenbecken erst bei Erreichen der Werfener Schiefer im Bereiche der Seeau schaffen (siehe Tafel 5).

Die große hydrogeologische Bedeutung der Talübertiefungen liegt darin, daß

- a) diese weit unter das Vorflutniveau und unter den Karstwasserspiegel reichen. Wo diese Talübertiefungen verkarstungsfähige Gesteine durchqueren bzw. in diese eingreifen, ist eine Kommunikation mit dem Karstwasserspiegel möglich.
- b) die glazialen Erosionsbecken nach Rückzug der Gletscher mit bis über 200 m Mächtigkeit erreichenden Lockersedimenten aufgefüllt wurden. Diese stellen durch ihre gegenüber dem Karstwasserkörper wesentlich homogenere Wasserwegigkeit nicht nur einen hervorragenden Speicherkörper dar, sondern bewirken auch eine ausreichende Filterung des eindringenden Karstwassers.
- c) soweit Karstgebiete durchquert werden, die Karstwässer durch die drainagierende Wirkung der vor allem im Talhintergrund durchlässigeren und mit dem Vorflutsystem in Verbindung stehenden Lockersedimentfüllungen gesammelt und geschlossen abgeleitet werden. Der sich in den Lockersedimenten bildende Grundwasserstau wird zur Vorflut für Karstwässer.
- d) die Verengung des Talquerschnittes bei der Durchquerung von Kalkgebieten wie auch die eminente Übersteilung der Wände in diesen Bereichen nach Rückzug der Gletscher einerseits zum Abgang mächtiger, das Tal absperrender Bergstürze (Pribitz - Jassingtal, Klausen - Klammboden z.T. Böse Mauer - Hinterseeaugraben) führte oder die Täler durch den Schuttrückstau mächtiger Schwemmkegel abgesperrt wurde (z.B. Karlschütt-Buchberg, Höllgraben - Seetal). Wo dadurch, wie in der Jassing oder Klausen und Buchberg, sämtliche Oberflächenwässer zur Versickerung gezwungen sind, führt dies zu einer wesentlichen Anreicherung des Grundwassers.

Tabelle 7

Talgletscher	1) Gletscherlänge d. letzteiszeitl. Vergletscherung (max. Ausdehnung in km) 2)	Gletscherbecken bzw. übertieferter Talbereich				Lockersedimentfüllung je Talabschnitt in Mio m ³	Summe in Mio m ³
		Länge (max. Ausd.) in km	Fläche (max. A.) in km ²	Übertiefung in m	Lockersedimentfüllung je Talabschnitt		
Seeau	8 - 9 (?)	4,5 (4,5)	1,45 (ohne See)	150-160	190 - 200	190-200	
Tragöß (ohne Klamm- boden)	10 - 11 (13)	10,5 (12)	1,55) 0,91) 5,8 3,07) (0,98)	> 150 > 100 160-200 (70-100)	150 - 190 90 - 100? 470 - 490 30 - 35	740-820	
Buchberg	7 - 8 (8 - 9)	5,5 (6,5)	1,95) 2,16 0,21) 30 (0,48)	200- > 200 25 - 30 (30 - 70)	290 - 300 5 - 7 17 - 23	310-330	
Seetal	ca. 7 - 8 (8 - 9)	5,5 (5,5)	2,15) 2,43 0,28) 35 0,13	70-100 70- 60 (50- 35)	150 - 180 16 - 17 4,5 - 5,5	170-190	

1) berechnet vom Talschluß bzw. 1400 m Linie bis zur letzteiszeitlichen Endmoräne

2) berechnet bis Ende der riß- bzw. ältereiszeitlichen Vergletscherung

3) unter Berücksichtigung der Trogform

Wie aus vorstehender Übersicht (Tabelle 7) hervorgeht, bewirkten die Talgletscher mit Ausnahme des Seetales, wo die Werfener Schiefer erst nahe dem Gletscherende, also bei Seewiesen erreicht wurden, eine Übertiefung des Tales von 150 bis über 200 m unter den heutigen Talboden.

Die mit Abstand kräftigste Vergletscherung entwickelte sich im Tragöstal, wo das Volumen der Lockersedimentfüllung die Summe der für die drei anderen Täler berechneten Volumina übersteigt.

Doch zeigten die Bohrungen und geoelektrischen Untersuchungen, daß in keinem Fall das nutzbare Speichervolumen mit dem vom Grundwasser durchströmten Anteil der Lockersedimentfüllung gleichgesetzt werden kann, da einerseits die Durchlässigkeit der Sedimente mit zunehmender Tiefe meist abnimmt und, wie es sich besonders im Tragöstal zeigte, mächtige Seeablagerungen eine beträchtliche Verminderung des nutzbaren Porenvolumens mit sich bringen können. Da sich für jedes Tal spezifische Probleme ergeben, wird auf die jeweilige Erläuterung der Untersuchungsergebnisse verwiesen.

3.3) Eiszeitliche und rezente Schuttablagerungen

Der Rückzug der Vergletscherung war durch außerordentlich großen Schuttanfall und Bergsturztätigkeit im Bereiche der durch Gletscherschliff und Frostsprengung übersteilten Täler und Wandbereiche gekennzeichnet, während der glatt geschliffene, großteil schuttlose Bereich der Firnfelder einen neuerlichen Angriffspunkt für Frostsprengung und Verkarstung bot. (Schafwald, E. Spengler, 1926). Unter den Wänden bildeten sich ausgedehnte Schutthalden, Schwemmkegel und Muren stießen in die eisfrei werdenden Täler vor, welche geradezu im Schutt ertranken (Hinterseeau, Kollmannstock, Brandstein, Griesmauer, Trenchtling, Dullwitz, Fölzstein u.a.).

Einen neuerlichen Höhepunkt erreichte der Schuttanfall während des sogenannten Spätglazials, einer um 8000 v.Chr. einsetzenden Klimaverschlechterung mit mehreren lokalen Gletschervorstößen. Während eisfreie Hohlformen von Schutt erfüllt wurden, schoben kleine aber kräftige Kargletscher Moränenwälle auf, wie sie z.B. auf der Neuwaldalm, der Lamingalm, Fowiesalm und Trawiesalm zu finden sind. Die intensive Zerstörung der durch die Talgletscher bewirkten Übersteilung der Täler reicht bis in die heutige Zeit fort.

Während die in ihrem großen Speicher- und Sickervermögen liegende Bedeutung der Schutthalden und Schuttkegel infolge vorwiegend unterirdischer Wasserführung bzw. Versitzens von Gerinnen kaum augenscheinlich wird, wird die Speicherwirkung der Moränen und der dahinter rückgestauten Schuttkörper stets durch kräftige Quellen deutlich (z.B. Zaunbachquelle, Lamingalmquelle, Trawiesbachquellen).

Mächtige, meist als zwischeneiszeitlich angesehene Talverschüttungen scheinen einzelne Täler bis in große Höhe erfüllt zu haben.

Reste solcher Talverschüttungen sind meist in Form von größtenteils verfestigten Terrassenresten und Gehängebrekzien, z.B. im Erzbachtal, im Haringgraben (bis 1100 m Höhe) und im Tragöstal erhalten.

Ihre hydrogeologische Bedeutung ist jedoch gering.

Auf den extrem starken Schuttanfall in dolomitischen Bereichen wurde bereits verwiesen.

(zu Flächensysteme, eiszeitliche Formgebung)



Pfaffingalplateau gegen Kollmannstock



Eiszeitliches Zungenbecken bei Seewiesen



Verebnungsflächen um Hochschwabgipfel gegen Mitteralm



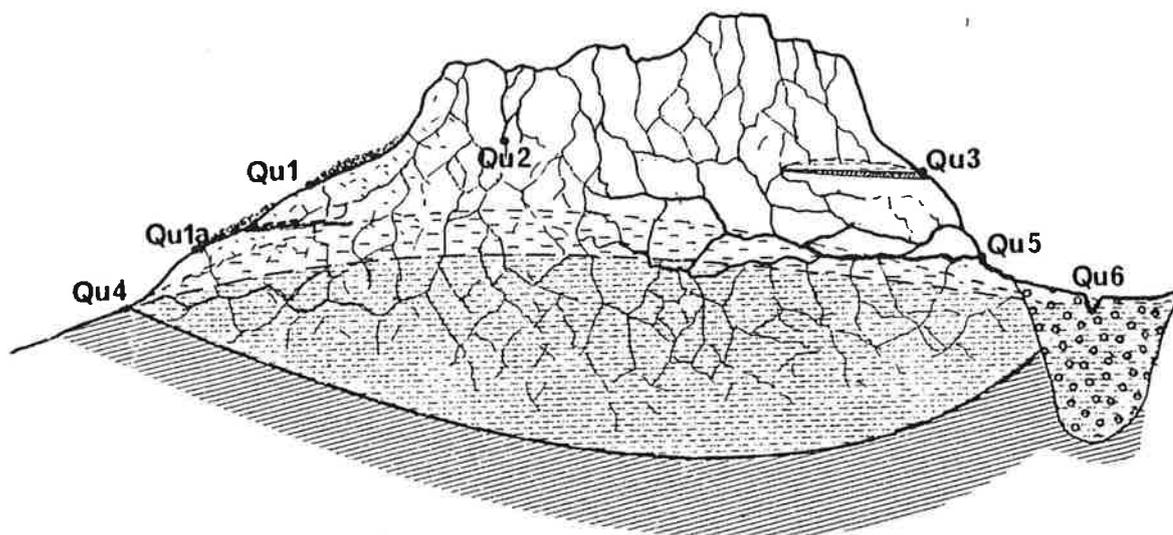
Tragöß-Pribitz (Übersteilung, Bergsturz, Schuttbildung)

4. ZUR ENTWÄSSERUNG DES HOCHSCHWABMASSIVES

Wie aus den vorangegangenen Ausführungen hervorgeht, weist das Hochschwabmassiv alle Merkmale eines Karstgebietes auf. Dies bedeutet, daß ein hoher Prozentsatz der Niederschläge über Klüfte, Dolinen und Schächte rasch versickert, um an wenigen geologisch-morphologisch prädestinierten Stellen wieder zutage zu treten. Es entsteht dadurch das für Karstgebiete typische Bild wasserloser, quellarmer Kalkstöcke und weniger, an den Gebirgsrand konzentrierter, teils sehr ergiebiger, jedoch schwankender Austritte.

Dieses Bild wird am besten durch die von J. Zötl (1961) erstellte, das gesamte Massiv umfassende Quellkarte deutlich, welche auch über die Verteilung der Quelltemperaturen Auskunft gibt. Hinsichtlich einer eingehenderen Beschreibung der Entwässerungsverhältnisse in den verschiedenen Einzugsgebieten des südlichen Hochschwabmassives sei auf die jeweiligen Berichte über die dort erfolgten Quellaufnahmen (Folgebände) verwiesen.

Entwässerungsschema und wichtigste Quelltypen eines Kalkmassivs



Zur Veranschaulichung der wichtigsten im Hochschwab vertretenen Entwässerungs- bzw. Quelltypen sei der aus E. Fabiani (1974) entnommene schematische Querschnitt durch ein Kalkmassiv (siehe vorstehende Abbildung) wiedergegeben. Je nach dem Weg, den das einsickernde Niederschlags- bzw. Schmelzwasser nimmt, werden hier sechs der wichtigsten Quelltypen unterschieden.

Q u e l l t y p 1, Schuttquellen, entstehen, wenn das Niederschlagswasser nur wenig in den Untergrund einzudringen vermag bzw. wenn ein durchlässiger Schutt bzw. Verwitterungsboden über nicht-oder minderdurchlässigem Untergrund aufliegt. Kennzeichen sind eine relativ hohe Quelldichte bei geringer, meist unter 0,5 l/s liegender Schüttung und, infolge seichtliegender Wasserbahnen, eher höhere Temperaturen. Hauptverbreitungsgebiet dieser Quellen sind die Werfener Schiefer, vor allem im Bereich des Südrandes, wo sie in Verflachungen als Sumpfquellen, sonst meist jedoch aus deutlichen Quellnischen besonders an Hangknicken und Hanganschnitten hervortreten. Typisch sind Temperaturen um 6 - 8°C, eine geringe Gesamtmineralisation und Leitfähigkeitswerte von 150 bis 350 μ S. Erhöhte Werte ergeben sich bei Kalkschuttüberrollung oder Gipseinschlüssen.

Durch zahlreiche, meist jedoch nur kurzlebige Schuttquellen sind auch die Bereiche der Dolomite und Gutensteinerkalke gekennzeichnet. Typisch ist dieser Entwässerungstyp für die Tal-schlüsse des Fölz- und Feistringgrabens. Die Quellen treten insbesondere dann, wenn der feinklüftige Untergrund die anfallenden Schmelz- und Niederschlagswässer nicht aufzunehmen vermag, in Erscheinung, versiegen jedoch meist vor Erreichen des Talbodens wiederum in Schuttkegeln (z.B. Pribitz, Teufelsgraben, Laminggraben, Fölzgraben, Feistringgraben, Seegraben).

Infolge des engen Gesteinskontaktes bei Durchsickern des meist feingrusigen Schuttes sind für Dolomitgebiete harte Wässer mit hoher Mineralisation typisch. Wesentlich beständiger und ergiebiger sind Quellwässer aus Moränenschutt (z.B. Neuwaldalm, Lamingalm, Trawiesalm, Hackenalm).

Häufig stehen „Schuttquellen“ jedoch in Zusammenhang mit schuttüberdeckten Karst-, Schichtgrenz- oder Kluftquellen und werden dann als Folgequellen (Quellentyp Ia) bezeichnet. Diese können sich durch tiefere Temperaturen, anderen Chemismus, höhere, ausgeglichene Schüttung von echten Schuttquellen unterscheiden.

Q u e l l t y p 2, Kluftquellen, spielt ebenfalls nur eine untergeordnete Rolle. Er entsteht, wenn ein weitgehend isoliertes Kluftsystem keine Fortsetzung in die Tiefe findet bzw. durch lehmige Einschwemmungen (besonders durch Vergletscherung) abgedichtet ist, wodurch sich die Klüfte auffüllen, bis das Wasser einen Weg zur Oberfläche findet. Solche Quellen kommen in allen Höhenlagen vor, sind meist von geringer Ergiebigkeit und kalt. Quellen, welche Kalkgebieten entspringen, weisen infolge der guten Wasserwegigkeit der Klüfte meist weiches Wasser und geringe Gesamtmineralisation bzw. Leitfähigkeit auf, die Temperaturen sind meist tief, die Schüttung schwankend. Dolomitischen Bereichen entspringende Wässer sind infolge des intensiven Kontaktes im engstehenden Kluftnetz härter, weisen hohe Gesamtmineralisation bzw. Leitfähigkeit auf und sind sowohl hinsichtlich der Quelltemperatur als auch der Schüttung ausgeglichener.

Q u e l l t y p 3, Schichtgrenzquellen, treten dort gehäuft auf, wo das eindringende Wasser vor Erreichen eines Karst- oder Kluftwasserspiegels auf undurchlässige oder minderdurchlässige Schichten stößt und bei gegebenen Gefällsverhältnissen

nach außen abgeleitet wird. Solche Quellen treten meist, wenn sie nicht durch Kluft- und Karstwassersysteme eine Konzentrierung in Form von der Gesteinsgrenze folgenden Quellreihen erfahren, aus. Schichtgrenzquellen treten z. B. entlang der Reingrabner Schiefer vor allem im Bereich des Hochangers und Oisching auf; auch die starke Karstquelle in der Sagmauer im Feistringgraben steht mit der stauenden Wirkung der Reingrabner Schiefer im Zusammenhang.

Schichtgrenzquellen treten auch im Bereiche der durch Erosion und Gletscherschurf freigelegten Aufwölbungen und Verschuppungen der Werfener Schiefer, namentlich in der Jassing, der Klamm, beim Sackwiesensee, im Josergraben, in Buchberg sowie im Karl- und Klachlergraben, auf. Nicht selten ist der Austritt von Quellen durch den Übergang von Kalken zu Dolomiten bzw. Gutensteinerkalken begründet.

Q u e l l t y p 4 und 5, Karstquellen. Dringt das Wasser bis zum undurchlässigen, muldenförmig gelagerten Untergrund vor, füllen sich die Klüfte und Hohlräume bis in die Höhe der tiefstgelegenen Abzugsmöglichkeiten bzw. Austrittsmöglichkeit auf. Es entsteht, soweit ein Zusammenhang zwischen Klüften und Hohlräumen besteht, ein leicht nach außen gewölbter Karstwasserspiegel, der intern durch bevorzugte Wasserwege innerhalb dichter Gesteine sekundäre Wölbungen bzw. Einmuldungen erfahren kann. Das im Berg gespeicherte Wasser strebt, jeweils dem Weg des geringsten Widerstandes folgend, der tiefsten Stelle des aufgewölbten Randes zu, welche meist durch Taleinschnitte vorgegeben ist. Dort erfolgt konzentriert der Austritt der gespeicherten Wässer in Form von Überlaufquellen (Typ 4). Meist folgt hierbei das Wasser tektonisch vorgezeichneten Bahnen wie Brüchen, Zerrüttungszonen und Klüften, wobei sich entlang dieser vorgezeichneten Bah-

nen ausgeprägte Wasserwege bilden können, welche für weite Einzugsbereiche als Vorflut dienen können. Durch stetige Erweiterung dieser bevorzugten Wasserbahnen und der dazugehörigen Einzugsgebiete erfolgt der Austritt schließlich konzentriert in Form von typischen Karstquellen.

Nicht selten bleiben jedoch auch ältere, über dem heutigen Talboden liegende Wasserwege funktionsfähig, so daß Karstquellen zumindest bei hochliegendem Karstwasserspiegel auch beträchtlich über dem heutigen Talboden austreten können, um dann wieder stark zurückzugehen oder gar zu versiegen (Quellentyp 5).

Der Weg des Niederschlagswassers zu diesen Quellen ist meist ein sehr kurzer und direkter. Infolge der raschen Einsickerung und vertikalen Tieferführung erfolgt die Anhebung des Karst- bzw. Kluftwasserspiegels vor allem im Bereich der Kluft und Zerrüttungszonen sehr rasch, ebenso rasch erfolgt die mehr oder minder horizontale Ableitung über durch Verkarstung erweiterte Kluft- und Spaltensysteme.

Typisch ist daher bei Karstquellen eine sehr rasche Reaktion auf Niederschläge, eine geringe Filterung innerhalb der großlumigen Wasserwege und eine starke Schwankung der Schüttung, die von mehreren m^3/s bis zur Austrocknung reichen kann. Wie durch Färbeversuche nachgewiesen wurde, kann z.B. eine an einem Punkt eingebrachte Verunreinigung in kurzer Zeit eine große Zahl teils weit entfernter Quellen erreichen, wobei Geschwindigkeiten bis über 200 m/h nachgewiesen wurden.

Ein, im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft auf der Aflenzer Staritzen (F. Bauer, 1971) durchgeführter Färbeversuch zeigte, daß die dort eingebrachten Farbstoffe nach 17 Tagen die 9,4 km entfernte Kläfferquelle erreichten. Meist erfolgt im Jahresgang zum überwiegenden Teil

die Abführung der jungen, den bestehenden Karstwasserspiegel überlagernden und anhebenden Sickerwässer, während eine Alimentation aus dem in tieferen und weniger wasserwegigen Kluftsystemen gespeicherten Karstwasserkörper erst bei tieferer Karstwasserspiegellage, wie z.B. bei anhaltender Trockenheit oder während der Wintermonate, erfolgt. Hierbei kann auch durch eine jahreszeitliche Verschiebung des Scheitelpunktes bewirkt werden, daß jeweils verschiedene Quellen von einem Bereich aus alimentiert werden. Gegenüber den Kalken, wo die ungünstigsten Verhältnissen in relativ kleinen, engräumig begrenzten Einzugsgebieten herrschen, weisen, wie bei H. Zojer näher ausgeführt wird, die feinklüftigen und nicht so intensiv verkarsteten Dolomite eine wesentlich bessere Speicherung und Durchmischung der Karstwässer auf. Auch hinsichtlich Härte und Mineralisation weisen Quellen aus dolomitischen Gebieten wesentlich höhere Werte als solche aus Kalkarealen auf. Den wesentlich ausgeglicheneren Gang der Schüttung und der Temperaturen von Quellen aus Dolomitgebieten hat J. Zötl (1961) in einer eingehenden, vergleichenden Betrachtung des Wasserhaushaltes der Brunngrabenquelle und der Kläfferquellen hervorgehoben. So steht dort z.B. einer jährlichen Schwankungsziffer von 2 (Einzugsgebiet Dolomit) eine von 13 (Einzugsgebiet Kalk) gegenüber.

Infolge der tiefen, in ihrer wasserstauenden Funktion stark zurücktretenden Lage der Werfener Schiefer und der mangelnden glazialen Übertiefung des Salztales sind Karstquellen die typischen Quellformen im nördlichen Hochschwab. Als wichtigste Quellen seien mit Angabe der durchschnittlichen Schüttung die Schreierquelle (340 l/s), die aus Moränenschutt austretenden Siebenseequellen (600 l/s), die Seisensteinquelle (100 l/s), die Pirknerquelle (100 l/s), die Kläfferquellen (4200 l/s), die Brunngrabenquellen (300 l/s) und die Pfannbauernquelle (300 l/s) genannt (F. Trauth, 1948; J. Donner, 1975).

Typische Karstquellen, wie die Hinterseeaubachquellen oder die Schwarze Lacke, treten auch im westlichen Hochschwabmassiv hervor.

Quellentyp 6 (Grundwasserquellen) sind hingegen die wichtigsten Wasseraustritte im südlichen Hochschwabmassiv. Wird, wie bereits bei der glazialen Übertiefung der Täler beschrieben, der Karstwasserkörper bzw. das wasserführende Kluftnetz durch mit Lockersedimenten aufgefüllte Hohlformen angeschnitten, dringt das Karstwasser in diese ein und es entsteht ein mit dem Karstwasserspiegel in Zusammenhang stehender Grundwasserstrom. Der Austritt des sich im Talboden versickernden Niederschlags- und Oberflächenwässern vermischenden Karstwassers erfolgt meist am Ende des Beckens oder im Bereich von Verengungen, auch wo der Grundwasserspiegel von der Oberfläche der Talfüllung angeschnitten, oder wenn durch geringere Durchlässigkeit (Seesedimente) der Durchfluß gehemmt wird. Durch die lange Aufenthaltszeit in den zum überwiegenden Teil aus Kalk- und Dolomitschutt bestehenden Talfüllungen erfolgt eine chemische Beeinflussung der Wässer, die sich vor allem in einer deutlichen Aufhärtung und Erhöhung der Gesamtmineralisation ausdrückt. Durch das große Retentionsvolumen treten Niederschlagsspitzen im Abflußregime kaum in Erscheinung; typisch sind ein überaus gleichmäßiger Abfluß mit einer durch die Schneeschmelze bewirkten Abflußspitze im Frühsommer und ein gleichmäßiger Gang der Quelltemperaturen zwischen 6 und 7°. Als typische Vertreter dieses Quelltyps sind im Norden die Brunntalquellen (450 l/s), im Süden die Kreuzteichquellen (2000 l/s), die Ilgenerbachquellen (630 l/s) und die Seebachquellen (820 l/s), zu nennen. Vorteile dieser Entwässerung sind darin zu sehen, daß einerseits große Areale geschlossen entwässert werden, andererseits durch die Filter- und Speicherwirkung der Lockersedimente Nachteile der Karstentwässerung ausgeglichen werden.

5. ZUSAMMENFASSUNG

Von den geologischen, morphologischen Gegebenheiten im Hochschwabmassiv können folgende als wasserwirtschaftlich relevant hervorgehoben werden.

83 % des 591 km² umfassenden Hochschwabmassives bestehen aus Karbonat- und Lockersedimentgesteinen.

Infolge guter Verkarstungsfähigkeit der Hauptgesteinsbildner (Wettersteinkalke, Dachsteinriffkalke) erfolgt der überwiegende Teil der Entwässerung unterirdisch. Teilweise oberirdische Entwässerung erfolgt, wo engklüftige und dadurch weniger wasserwegige Dolomite dominieren (v.a. Fölz bis Seegraben).

Die über 1000 m mächtigen, wasserdurchlässigen Karbonatgesteine lagern über undurchlässigen Schiefern. Auf Grund einer tektonisch bewirkten Verformung bilden letztere drei große Ost-West gerichtete Mulden, von denen vor allem die südliche, 192 km² umfassende Mulde, eine hydrogeologische Einheit bildet.

Die muldenförmige Lagerung des undurchlässigen Untergrundes begünstigt die unterirdische Speicherung der einsickernden Niederschlagswässer in Form eines zusammenhängenden Karstwasserkörpers.

Die Erhaltung ausgedehnter plateauförmiger Verebnungsflächen und eine steilstehende Klüftung und Zerrüttung der Kalke begünstigen nicht nur eine intensive Verkarstung, sondern auch eine rasche Versickerung eines außergewöhnlich hohen Anteiles der Niederschläge.

Die zum überwiegenden Teil über 1400 m liegenden Verebnungsflächen und Hochtäler waren auch Ausgangspunkt einer intensiven eiszeitlichen Vergletscherung. Durch kurze, aber kräftige Talgletscher erfuhren vor allem die Täler des südlichen und

westlichen Hochschwabmassives, besonders im Bereich der Schiefer, eine bis zu 200 m unter den heutigen Talboden reichende Übertiefung. Die Wiederauffüllung dieser Becken erfolgte durch Lockersedimente.

Durch Bergstürze und vor allem aus dolomitischen Bereichen vorstoßende Schuttkegel erfolgte teilweise eine Absperrung der inneren Talabschnitte, wodurch die Oberflächenwässer zur völligen Versickerung gezwungen sind und das Grundwasser anreichern.

Die Entwässerung erfolgt auf Grund der geologisch-morphologischen Gegebenheiten im Norden und Westen zum überwiegenden Teil in Form starker Karstquellen, im Süden hingegen über die fiederförmig in das Gebirge eingreifenden Täler, wobei das Karstwasser in das Grundwasser dieser Täler übertritt. Gute Speicherung und Filterung wie auch ein gleichmäßiger Abfluß sind wesentliche Vorteile dieser Entwässerung.

LITERATURVERZEICHNIS

- Bauer, F.: Bericht über den im Auftrag des BMfL u F durchgeführten Markierungsversuch; Hochschwab, 1971, unveröff. Bericht, Wien 1972.
- Bögli, A.: Die Kalkkorrosion, das zentrale Problem der unterirdischen Verkarstung. - Steir. Beiträge z. Hydrogeologie, 15/16, Graz 1964.
- Donner, J.: Wiener Wasser. Die 2. Hochquellenleitung. - Rathaus Korrespondenz, Wien 1975.
- Fabiani, E.: Zur Geologie des Hochschwabmassivs. - Hochschwab Wanderführer, Styria, Graz 1975 und Hochschwab, Landschaft, Blumen, Tiere, Naturfreunde Steiermark, 1977.
- Mager, U.: Zur Geologie im Raume Eisenerz - Radmer und zu ihrem Einfluß auf die Hydrochemie des dortigen Grundwassers. Berichte der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung, Band 42, Graz 1979.
- Müllegger, R.: Die hochgelegenen Flächensysteme der Hochschwabgruppe und ihre Deutung als Pietmonttreppe, Teil, 1, Teil 2. - Diss. unveröff. Universität Graz, 1955.
- Schappelwein, K.: Geomorphologische Untersuchungen in den nordöstlichen steirischen Kalkalpen. - Diss. unveröff., Wien 1965.
- Spengler, E.: Das Aflenzer Triasgebiet. - Jb. Geol. B.-A., 69, Wien 1919.
- Spengler, E.: Zur Stratigraphie und Tektonik der Hochschwabgruppe.- Verh. Geol. B.-A., Wien 1920.
- Spengler, E.: Beiträge zur Geologie der Hochschwabgruppe und der Lassingalpen I.- Jb. Geol. B.-A., 72, S 155 - 181, Wien 1922.
- Spengler, E.: Beiträge zur Geologie der Hochschwabgruppe und der Lassingalpen II.- Jb. Geol. B.-A., 75, S 273 - 299, Wien 1925
- Spengler, E.: Die tertiären und quartären Ablagerungen des Hochschwabgebietes und deren Beziehung zur Morphologie. - Ztschr. f. Geomorph., 2, 1926/27.
- Thurner, A.: Hydrogeologische Studie über das hintere Ilgenertal am Südabfall des Hochschwabs. - Unveröff. Studie, Graz 1967.
- Thurner, A.: Die Bedeutung des Wassers in Gesteinsklüften. - Durit Magazin, Wien, März 1970.

Thurner, A.: Hydrogeologisches Gutachten zum Sesselliftprojekt von Seewiesen auf dem Ostgipfel der Aflenzer Staritzen und der Schilifte auf die Graualpe m.e.Nachtrag. - Unveröff.Gutachten, Graz 1971.

Trauth, F.: Geologie des Kalkalpenbereiches der zweiten Wiener Hochquellenleitung. - Abh.d.Geol.B.-A., XXVI, H 1, Wien 1948.

Zötl, J.: Die Hydrographie des nordostalpinen Karstes. - Steir. Beitr.z.Hydrogeologie, 1960/61, 2, Graz 1961.

Zötl, J.: Karsthydrogeologie. - Springer, Wien-New York 1974.

-.-.-.-.-.-

Anschrift des Verfassers:

Dr.Ernst Fabiani, Regierungsoberbaurat,
Referat für wasserwirtschaftliche
Rahmenplanung
Landhausgasse 7, 3011 Graz.

KARSTMORPHOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN
IM SÜDLICHEN HOCHSCHWAB

von

V. Weißensteiner.

1. V o r b e m e r k u n g e n

1.1. Zielsetzung der Arbeiten:

Feststellung des Ausmaßes des verkarsteten Gebietes, Erstellung eines Katasters der Höhlen und Schächte und Herstellung einer Übersichtskarte der Karstformen im südlichen Hochschwab. Weiters wurden Höhlen und Schächte sowie Höhlensysteme auf eine vorhandene Wasserführung untersucht und die dort gegebenen Hauptabflußrichtungen bestimmt. Ein besonderes Augenmerk wurde auf den Einfluß der Störungen, des Kluftnetzes und der wasserstauenden Gesteine auf die Verkarstung gerichtet. Dazu wurden im Bereich von angetroffenen Störungen die Zertrümmerungszonen, Brekzien und mylonitisierte Abschnitte in Höhlen besonders bezüglich ihres Einflusses auf die Bildung größerer Raumfolgen untersucht.

Als übergeordnete Fragestellung konnte jedoch nur in einzelnen wenigen Fällen die Abflußrichtung größerer Areale untersucht werden. Alle Untersuchungen gaben die Möglichkeit, aussichtsreiche Stellen für die Einspeisung von Triftstoffen zu ermitteln.

1.2. Abgrenzung des Arbeitsgebietes:

Das Arbeitsgebiet erstreckt sich vom Pfaffenstein östlich von Eisenerz über den ganzen Südabschnitt des Hochschwabs einschließlich des größten Teiles der Hochflächen bis zur Mitteralpe und zu dem Aflenzer Staritzen im Osten. Das bearbeitete Gebiet hat somit eine E-W Erstreckung von 25 km und eine Breite (N-S) von 2 - 6 km. Die abgegangenen und weitgehend erfaßten Karstflächen haben ein Ausmaß von gut 100 km².

Der Südrand wurde mit der natürlichen Abgrenzung der teilweise und total verkarsteten Kalkareale gewählt. Die Nordabgrenzung erfolgte entlang der Kammlinie bzw. den nördlichen Pla-

teaurändern, wobei im Einzelfall je nach Erfordernis die Begehungen auch darüber hinaus erfolgten. Die Entscheidung über das zu bearbeitende Gebiet konnte in wenigen Fällen infolge mangelnder Vorinformation nur im Gelände selbst getroffen werden.

1.3. Eigenheiten des Untersuchungsgebietes:

Die Untersuchungsabschnitte sind durch Forststraßen nicht erschlossen, stundenlange Anmarschwege, oft mit schwerstem Gepäck, waren notwendig.

Bezüglich der Ergebnisse der Untersuchungen kann gesagt werden, daß durch die stark unterschiedlichen Gesamtbedingungen Vergleiche von Gebieten nur in engeren Abschnitten zulässig sind. Die typischen Wetterbedingungen entlang des Hochschwabhauptkammes ließen nur die Monate (Juni) Juli - September (Oktober) als günstigste Zeit für die Arbeit zu. (Eine Forschungswoche in der Zeit vom 24.6. - 1.7.1975 mußte wegen heftiger Schneefälle über 1200 m und Hochwässern in den Hochtälern aufgegeben werden.

1.4. Zeitraum der gesamten Arbeit:

1971 bis 1979.

1.5. Arbeitsunterlagen, Vorinformationen:

Kartenunterlagen des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen, Sondervergrößerungen, sowie reine vergrößerte Schichtlinienpläne, Luftbildaufnahmen und die Hochschwabkarte des ÖAV einschließlich von provisorischen Vergrößerungen. Allgemeine geologische Literatur (größtenteils für die Arbeit nur informativ) das Archiv und der Kataster des Landesvereins für Höhlenkunde in der Steiermark mit den Unterlagen aus der Arbeitszeit 1950 bis 1970, vom Verfasser erarbeitet und gesammelt. Dazu allgemeine Erfahrungswerte aus Auslandsexpeditionen wie Spanien und Marokko.

1.6. Arbeitsweise:

In Geländebegehungen wurden die einzelnen Arbeitsabschnitte durchgesehen. In zahlreichen Bildern und Panoramen die wesentlichen Elemente festgehalten. Zwecks Herausfindung besonderer Eigenheiten wurden kleinere Areale konzentriert bearbeitet. Das heißt: Auf kleinem Raum wurden jeweils alle Karsterscheinungen (Schächte, Höhlen, Dolinen) genau nach einem Programm bearbeitet. Die hierbei erzielten Ergebnisse sind jeweils nur für die engere Umgebung vergleichbar.

Darüber hinaus erfolgte die Vermessung und Einmessung der Schächte und Höhlen, um ihre Ausmaße, Lage und Seehöhe zu bestimmen. Anhand von Listen wurden folgende Angaben für alle untersuchten Objekte festgehalten: Lage, Seehöhe, Geologie (Gestein, Tektonik, Raumentstehung, Sedimente), Raumbeschreibung, Hydrologie (Wasserführung, Entwässerungsrichtung), Teilnehmer, Befahrungstag, Befahrungsdauer, Befahrungsmaterial, Zugänglichkeit (in Abhängigkeit von der Witterung) und im Bedarfsfall weitere Angaben.

Einen Sonderfall bilden die beiden Riesenhöhlensysteme:

Frauenmauer-Langstein-Höhlensystem (Kat.Nr.1742/1), derzeit über 18 km Länge, und die Langstein-Eishöhle (Kat.Nr.1744/1), derzeit 4 km Länge. In beiden Systemen wurden jährlich bis zu 11 Tagen dauernde Expeditionen durchgeführt. Die Beteiligung betrug durchschnittlich zwischen 5 und 9 Personen. Durch die Größe bedingt, mußten zur genauen Erfassung des räumlichen Verlaufes, der Niveaus und Hauptkluftrichtungen ein eigenes Vermessungsprogramm (Computer) entwickelt werden. (Abb. 1) Diese Methode wurde vom Landesverein für Höhlenkunde in der Steiermark anlässlich einer Auslandsexpedition in das über 50 km lange Höhlensystem OJO-GUARENA in Burgos (Spanien) 1971 erstmals getestet.

1.7. Die Aufnahme in den Kataster:

Es wurde das seit dem Jahre 1961 errichtete System der katastermäßigen Aufnahme von Höhlen und Schächten (Verband österreichischer Höhlenforscher) in Anwendung gebracht. Dieses ermöglicht die Aufnahme der Objekte innerhalb von Gebietsgruppen, die vorwiegend nach hydrologischen Gesichtspunkten abgegrenzt wurden. Das System erweist sich in den letzten Jahren als dringend notwendig, um die zahlreichen in der Literatur beschriebenen Höhlen und Schächte (derzeit - Dez. 1979 - über 2500 Objekte in der Steiermark) lokalisieren zu können.

1.8. Anforderungen an die Bearbeiter:

Kenntnisse und praktische Erfahrungen in der Speläologie, Karsthydrologie, im besonderen Kenntnis der Geologie des Untersuchungsgebietes. Praktische Erfahrung bei der systematischen Bearbeitung großer Areale. Weiters Gelände-, Höhlen- und Schachtvermessung, Vermessungsauswertung, Planzeichnung, Fotodokumentation, Luftbildinterpretation.

An die Teilnehmer selbst wurden höchste körperliche Anforderungen gestellt: Langzeiteinsätze bei Expeditionen (Frauenmauer-Langstein-Höhlensystem: bis zu 20 Stunden), Klettertechnik, Schachtbefahrungstechnik (Direktabstiege bis über 150 m Tiefe).

1.9. Zusammenfassung der Ergebnisse:

Für jedes bearbeitete Objekt wurde eine Grundbeschreibung (siehe Punkteaufzählung unter 1.6: Arbeitsweise) angefertigt, ein Höhlenplan in Grund- und Aufriß, Eingangs- und Lagefotos sowie zum Teil Innenaufnahmen hergestellt.

NR.	ZUGLE		HILFSDATEN		DELTAWERTE		ABSOLUTWERTE UND KOORDINATEN		SEEHOEHE					
	LAENGE	NEIGUNG	RICHT.	GRUNDRI.	DELTAHOCH	DELTA-NORD	DELTA-OST	TEILLAENGE		HOCHABSOL.	NORDABSOL.	SEEHOEHE		
2	0A00	SA01	6.00	67.00	351.83	2.3444	-5.5230	2.3206	SA01	6.0000	-238.6471	-254.1430	801.5754	1231.0425
3	SA01	0W01	5.08	28.25	215.33	4.6749	-2.4045	-3.6508	0W01	11.0800	-241.0516	-256.7707	797.9246	1228.6384
4	0W01	0X01	3.79	29.50	211.19	3.2986	1.8663	-2.8218	0X01	14.8700	-239.1853	-258.4790	795.1028	1230.5047
5	0X01	0X02	2.50	1.50	240.19	2.4991	0.0654	-1.2424	0X02	17.3700	-239.1199	-260.6475	793.8604	1230.5071
6	0W01	0W02	3.81	3.00	111.94	3.8048	3.5292	-1.4216	0W02	14.8900	-240.8522	-255.2415	796.5030	1228.8378
7	0W02	0W03	4.95	8.25	211.19	4.8988	0.7103	-4.1907	0W03	19.8400	-240.1419	-255.7785	792.3123	1229.5481
8	0W03	0W04	5.07	-1.50	197.69	5.0683	-0.1327	-4.8286	0W04	24.9100	-240.2746	-257.3166	787.4837	1229.4154
9	0W04	0W05	4.03	-3.00	142.19	4.0245	-0.2109	-3.1179	0W05	28.9400	-240.4855	-254.8514	784.3042	1229.2045
10	0W05	0W06	3.70	-5.25	70.19	3.6845	-0.3386	1.2487	0W06	32.6400	-240.8241	-251.3849	785.5529	1228.8659
11	0W06	0W07	6.20	3.50	55.19	6.1884	0.3785	3.5327	0W07	38.8400	-240.4450	-246.3039	789.0856	1229.2444
12	0W07	0W08	2.51	-2.00	134.19	2.5086	-0.0806	-1.6092	0W08	41.1500	-240.5262	-244.6486	787.4764	1229.1638
13	0W08	0W09	4.17	-20.00	89.19	3.9185	-1.4262	0.0554	0W09	45.3200	-241.9524	-240.7305	787.5318	1227.7376
14	SA01	SA24	3.69	-90.00	0.00	0.0000	-3.6900	0.0000	SA24	9.6900	-242.3371	-245.1830	801.5754	1227.3529
15	0A00	0001	1.46	1.50	45.69	1.4595	0.0382	1.0195	0001	1.4600	-233.0859	-252.8054	803.2743	1236.6041
16	0001	0002	1.77	-25.50	227.19	1.5976	-0.7620	-1.0857	0002	3.2300	-233.8479	-253.9774	799.1887	1235.8421
17	0002	0003	3.60	-22.50	222.83	3.3260	-1.3777	-2.4392	0003	6.8300	-235.2255	-256.2365	796.7495	1234.4645
18	0003	0004	4.87	5.50	240.83	4.8476	0.4668	-2.3627	0004	11.7000	-234.7588	-260.4713	794.3868	1234.9312
19	0004	0005	2.90	-5.30	160.33	2.8876	-0.2679	-2.7191	0005	14.6000	-235.0267	-259.4993	791.6677	1234.6033
20	0005	0006	4.56	26.15	253.27	4.0911	2.0090	-1.1780	0006	19.1578	-233.0177	-263.4172	793.4897	1236.6723
21	0006	0007	4.95	18.69	232.09	4.6850	-3.6964	-2.8786	0007	24.1037	-231.4325	-267.1136	787.6111	1238.2575
22	0007	0008	3.33	-7.59	180.96	3.3004	-0.4400	-3.5000	0008	27.4334	-231.8725	-274.8447	784.3111	1237.8175
23	0008	0009	3.34	-13.42	236.55	3.2489	-0.7751	-1.7907	0009	30.7734	-232.6475	-269.8794	782.5204	1237.0425
24	0009	0010	5.93	-0.80	219.60	5.9317	-0.0830	-4.5708	0010	36.7057	-232.7305	-273.6601	777.9496	1236.9595
25	0010	0011	4.11	-14.67	186.50	3.9791	-1.0417	-3.9535	0011	40.8189	-233.7722	-274.1107	773.9961	1235.9178
26	0011	0Y32	2.01	-21.82	22.95	1.8626	-0.7457	1.7152	0Y32	42.8253	-234.5472	-273.3845	775.7113	1235.1721
27	0Y32	0Y31	2.72	-48.35	306.10	1.8072	-2.0318	1.0649	0Y31	45.5445	-236.5497	-274.8447	776.7762	1233.1403
28	0Y31	0Y30	8.23	4.31	46.03	8.2077	0.6184	5.6986	0Y30	53.7755	-235.9312	-268.9377	782.4743	1233.7588
29	0Y30	0Y29	5.42	-6.12	33.78	5.3842	-0.5777	4.4750	0Y29	59.1906	-236.5030	-265.9437	780.9497	1233.1810
30	0Y29	0Y28	4.16	-0.52	57.61	4.1568	-0.0375	2.2268	0Y28	63.3475	-236.5464	-262.4437	789.1765	1233.1436
31	0Y28	0Y27	3.92	7.72	48.33	3.8835	0.5267	2.5817	0Y27	67.2666	-236.0197	-259.5326	791.7582	1233.6705
32	0Y27	0005	1.00	84.45	159.84	0.0965	0.9930	-0.0905	0005	68.2643	-235.0267	-259.4993	791.6677	1234.6633
33	0011	0012	6.56	-8.00	128.03	6.4962	-0.9130	-6.0021	0012	47.3789	-234.6851	-268.9938	769.9940	1235.0049
34	0012	0013	8.18	-12.29	142.23	7.9949	-1.7413	-6.3194	0013	55.5612	-236.4264	-264.0965	763.6746	1233.2636
35	0013	0Y03	2.37	-10.70	39.95	2.3245	-0.4393	1.7819	0Y03	57.9269	-236.8657	-262.6037	765.4564	1232.8243
36	0Y03	0Y04	0.63	43.67	78.16	0.6013	0.5740	0.1234	0Y04	58.7582	-236.2916	-262.0152	765.5798	1233.5984
37	0Y04	0014	4.15	-3.47	111.61	4.1405	-0.2514	-1.5247	0014	62.9063	-236.5430	-258.1657	764.0552	1233.1470
38	0014	0015	2.29	82.29	147.75	0.3075	2.2703	-0.2601	0015	65.1974	-234.2727	-258.0016	763.7951	1235.4173
39	0015	0016	2.18	10.32	220.08	2.1430	0.3901	-1.6397	0016	67.3756	-233.8876	-259.3814	762.1554	1235.8074
40	0016	0017	7.65	-2.52	244.84	7.6469	-0.3360	-3.2514	0017	75.0299	-234.2186	-260.3027	758.9040	1235.4714
41	0017	0018	2.88	30.86	138.50	2.4720	1.4774	-1.8457	0018	77.9098	-232.7412	-264.6562	757.0583	1236.9488
42	0018	0019	5.27	-4.00	232.61	5.2543	-0.3671	-3.1904	0019	83.1769	-233.1043	-268.8330	753.8679	1236.5817
43	0019	0020	5.58	-4.95	219.58	5.5562	-0.4815	-4.2821	0020	88.7539	-233.5898	-272.3735	749.5859	1236.1002
44	0020	0021	5.45	1.49	62.15	5.4472	4.8162	2.5449	0021	94.2029	-233.4478	-267.5573	752.1508	1236.2422
45	0021	0022	4.86	-5.41	136.80	4.8343	-0.4582	-3.5242	0022	99.0589	-233.9060	-264.2482	748.6066	1235.7840
46	0022	0023	1.66	24.02	130.80	1.5192	0.6771	-0.9926	0023	100.7222	-233.2289	-263.0981	747.6140	1236.4611
47	0023	0024	4.38	-1.49	101.94	4.3810	-0.1141	-0.9060	0024	105.1046	-233.5430	-238.8118	740.7079	1236.3470
48	0024	0025	3.24	-0.49	212.17	3.2403	0.0279	-2.7428	0025	108.3450	-233.3708	-260.5371	743.9651	1236.3192
49	0025	0026	3.92	1.47	126.78	3.9225	0.1006	-2.3484	0026	112.2688	-233.2702	-257.3952	741.6167	1236.4198
50	0026	0027	8.71	-2.97	218.10	8.6975	-0.4510	-6.8448	0027	120.9780	-233.7212	-262.7614	734.7720	1235.9488
51	0027	0028	4.73	-4.39	191.74	4.7187	-0.3625	-4.6201	0028	125.7106	-234.0837	-263.7211	730.1519	1235.6063
52	0028	0029	7.59	-1.49	111.10	7.5846	0.0972	-2.7303	0029	133.2978	-234.2809	-236.6450	727.4216	1235.4091
53	0029	0030	7.13	0.00	132.30	7.1301	0.0000	-4.7987	0030	140.4279	-234.2809	-251.3713	722.6230	1235.4091
54	0030	0031	5.79	7.98	243.30	5.7364	-0.8037	-2.5775	0031	146.2203	-233.4772	-256.4960	720.0455	1236.2128
55	0031	0Y97	2.51	20.36	68.59	2.3495	0.8717	0.8576	0Y97	148.7262	-232.6056	-254.5087	720.9031	1237.0845
56	0Y97	0Y96	7.65	67.04	243.92	2.9837	7.0438	-1.3115	0Y96	156.3759	-225.5018	-256.9867	719.5916	1244.1282

Auszug der Vermessungsauswertung im Frauenmauer-Langstein-Höhlensystem. Die genaue Mitführung der Koordinaten (Ost,Nord,Hoch) einschließlich der Deltawerte ermöglicht die allgemeine Bestimmung der Niveaus aber auch die Ermittlung der Zusammenhänge verschiedener vorgefundener Gerinne.

Abb.1

2. Die karstmorphologische Karte des südlichen Hochschwabs (Tafel 1)

Die Karte wurde auf der Grundlage der Karten 101 und 102 des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen erstellt. Maßstab 1:50.000. Die Begrenzung im Süden wurde mit der natürlichen Grenze der Kalke gewählt, die Nordbegrenzung im wesentlichen entlang der nördlichen Plateauränder.

Es wurden zum Ausdruck gebracht:

- Vollständig unterirdisch entwässerte Gebiete: (dunkelblau)
Diese sind weitgehend mit den alten Landoberflächen identisch und zusätzlich mit den gut verkarstungsfähigen Gesteinen (Wettersteinkalk im Westen, Dachsteinriffkalk und auch Aflenzer Kalk im Osten). Hier befindet sich praktisch das gesamte Vorkommen an Karstformen.
- Teilweise unterirdisch entwässerte Gebiete: (hellblau)
Sie umfassen die stark dolomitischen Kalke im Westen, Süden und Osten bis zur Grenze des Vorkommens. (Gutensteinerkalke und -dolomite, Wettersteindolomit, Wetterstein-Ramsaudolomit, Hauptdolomit, Dachstein-Riffkalk dolomitisch). Ein verschwindender Anteil der Karstformen ist hier vertreten.
- Dolinenvorkommen:
Dolinenfelder, -reihen; (runde schwarze Punkte)
- Schächte:
Unterschieden in Schächte bis und über 90 m Tiefe; bei letzteren Angabe der Tiefe (auf der Spitze stehende schwarze Dreiecke, klein/groß)
- Große Karsthohlformen:
Poljen, Karstgassen, Karstmulden, Karstwannen (geschlossene schwarze Linie)
- Hohlformen anderer Entstehungsart:
z.B. Jassing, In der Klausen, Buchberg (unterbrochene schwarze Linie)
- Unterirdische Entwässerungsrichtungen im lokalen Bereich (blaue Pfeile)
- Seen, Bäche, Quellen (dunkelblau)

3. Die Karstformen der Oberfläche

3.1. Zu den größten Formen gehören die Kesseltäler oder auch Poljen, die im wesentlichen an einen Gesteinswechsel gebunden sind. Die verdanken primär ihre Entstehung ehemaligen Tälern in der jungtertiären Altlandschaft. Später, im Pleistozän, vom Gletschereis umgeformt (Trogtäler), wurden die Abflußwege durch die Verkarstung danach gänzlich verändert. Hierbei wurde das ursprüngliche Bild vollkommen, bis auf nur mehr in großen Umrissen erkennbare Reste umgestaltet. Wesentlich hierbei ist der Umschwung zu einer unterirdischen Entwässerung.

Im westlichen Abschnitt des Hochschwabs finden sich einige wenige, aber in ihren Ausmaßen beträchtliche Formen, die Poljen entsprechen. Vier Formen im Bereich der Sonnschienalm sind entstehungsmäßig in einem Zusammenhang zu sehen. Es sind dies das Filzmoos nördlich der Sonnschienalm, die Senke mit dem Sackwiesensee, die Sackwiesenalm und der westliche Plotschboden. Sie liegen im weitest verbreiteten Niveau der Altlandschaften, dem 1500 m Sonnschienniveau. Nach E.SPENGLER liegen die Formen im ehemaligen Verlauf einer Talung, die einerseits nach SE zum Ilgenertal oder andererseits über den Plotschboden gegen die Tragößer Klamm verlief. Als weitere Großform ist der Wasserboden mit dem Spitzboden in der östlichen Verlängerung des Fowiestales anzuführen.

Kurzbeschreibung:

3.1.1. Filzmoos - Murrelboden:

Lage: Nördlich der Sonnschienalm, südlich am Fuße des Vorderen Polsters

Seehöhe (Boden/Rand): 1490/1510 m.

Längserstreckung: NW-SE rund 1000 m, größte Breite ca. 300 m.

Gesteine:

Die Hohlform wird im NW von einem kleinen Vorkommen von Reiflinger Kalken, ansonsten von Wettersteinkalk, überwiegend dolomitisch umgeben.

Die Unterlage ist nicht aufgeschlossen, aber jedenfalls wasserstauend. Kurze episodische Wassergräben von der Sonnenseite her überqueren den Boden, um in die am NE-Rand gelegenen Schwinden zu münden.

Abflußverhältnisse:

Die Hohlform sammelt im Frühjahr beträchtliche Wassermengen, die ohne große Rückstau in die Schwinden des NE-Randes gelangen (Beobachtung vom 23.6.1974: 50 l/sec.). Im NW gelegenen Murboden finden sich auch Schwinden am SSW-Rand.

Abflußrichtung:

Eine Aussage über eine weiterreichende Abflußrichtung ist nicht möglich.

Markierungsversuche:

Gute Möglichkeiten (Juni-Juli).

3.1.2. Sackwiesensee mit Senke:

Lage: Südlich Seemauer, westlich Sackwiesenalm.

Seehöhe (Boden/Rand): 1414/1440 m.

Ausmaße: See + Senke NE-SW 750 m.

Gesteine:

Die Form wird im S und SE von Werfener Schiefen begrenzt, weiter östlich eine schmale Zone von Gutensteinerkalken, ansonsten stark dolomitischer Wettersteinkalk. Auf der NE-Seite ins „Allaloch“ (eine Senke) eine Störung.

Abflußverhältnisse:

Schwinde im NE des Sees gegen Seemauer bzw. Allakogel. Die Abflußrichtung könnte mit NE angenommen werden, kann aber nicht im Gelände festgestellt werden. Auch die Möglichkeit von Abflußrichtungen entlang der Störungen ist in Betracht zu ziehen.

Markierungsversuche:

Gute Möglichkeiten für den Zeitraum der Zugänglichkeit des Geländes.

3.1.3. Sackwiesenalm:

Lage: im SE vom Sackwiesensee durch Sattel getrennt, nordwestlich vom Buchbergkogel.

Seehöhe (Boden/Rand): 1440/1460 m.

Ausmaße: NE-SW 700 m, Breite 200 m.

Gesteine:

Werfener Schiefer im E, im N Gutensteinerkalke, ansonsten Wettersteinkalk + dolomitisch. Eine ENE-WSW laufende Störung am Südrand.

Abflußverhältnisse:

Aussage über generelle Abflußrichtung nicht möglich.

Markierungsversuche:

Es wurde keine geeignete Stelle gefunden.

3.1.4. Plotschboden:

Lage: Südlich Sackwiesensee, westlich Sackwiesenkogel.

Seehöhe (Boden/Rand): 1340/1370 m.

Ausmaße: Größter Ø W-E 600 m.

Gesteine:

Wettersteinkalk zum Teil dolomitisch; an der Störung wie Sackwiesenalm.

Abflußverhältnisse: Unbestimmbar.

Markierungsversuche: Doline im E des Bodens geeignet.

3.1.5. Wasserboden mit Spitzboden (Tafel 2,):

Lage: In der östlichen Verlängerung des Fowiestales, südlich Brandstein und Schafhalssattel.

Seehöhe (Boden/Rand): 1475/1544 m.

Erstreckung:

W-E 1500 m, N-S 1000 m; bei Einbeziehung des östlichen Spitzbodens: W-E um 500 m größer.

Gesteine:

Nordbegrenzung Gosaukonglomerate, dahinter Schaufelwand mit Hauptdolomit und Brandstein mit Dachsteinriffkalk. Südbegrenzung: Gosaukonglomerate, die vermutlich den Wasserboden und Spitzboden teilweise unterlagern. Westbegrenzung: Felssturzmassen. Sedimente: Bergsturzmassen, Hangschutt mit Gosau.



Abb. 1: Wasserboden, Blick gegen Westen: die Schwinden sind durch Pfeile gekennzeichnet

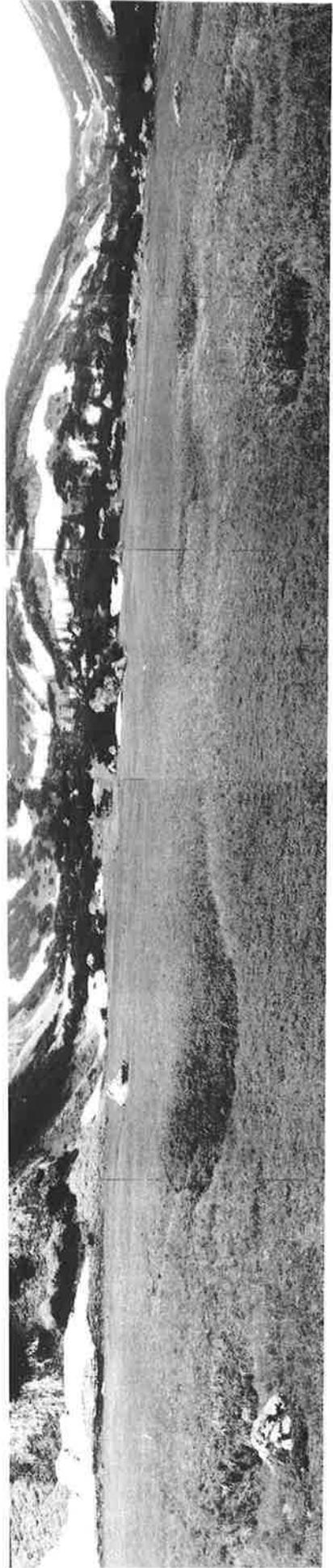


Abb. 2: Wasserboden, Vordergrund: Schwinden; am Schneefeld: Wasserlinie durch Überflutung

Abflußverhältnisse:

Im östlichen Abschnitt ein ganzjähriges Gerinne von ca. 600 m Länge. Fließrichtung E-W. Versinkt im Wasserboden beim Eintritt.

Verbindungen zu den Quellaustritten der Fowiesalm (zwischen 1420 und 1480 m) im Westen sehr fraglich, da das Niveau des Wasserbodens 1475 m beträgt. Praktisch auch alle anderen Abflußrichtungen möglich. Der Wasserboden, im Sommer trocken, füllt sich zur Schneeschmelze bis in 2 m Höhe und bildet einen See. Danach langsame Versickerungen im teilweise vertorfte Boden (Dolinenreihe).

Markierungsversuche:

Am ehesten Einspeisungen beim Eintritt des Daches in den Wasserboden möglich. Ansonsten muß mit einem räumlich und zeitlich sehr umfangreichen Versuch gerechnet werden.

3.1.6.

Schließlich sei noch auf Hohlformen anderer Entstehung hingewiesen. Es sind dies der untere Jassinggraben mit Pfarrerlacke Seehöhe (Boden/Rand): (880 - 900 m), die Klausen (914 - 970 m) nördlich Tragöß und das Buchbergtal südlich vom Gasthof Bodenbauer (830 - 849 m). Sie verdanken ihre Entstehung den Bergsturzmassen und Schutthängen aus den Talflanken. Obwohl weitgehend unterirdisch entwässert, sind sie nicht als Karsthohlformen zu bezeichnen. Sie wurden auf der Karstmorphologischen Karte mit unterbrochener Linie eingezeichnet.

3.2.

Die zweite große Gruppe von Großformen ist jene der Karstmulden und Karstwannen. Nach M.H.FINK^{*)} sind Karstmulden schüsselförmige oder auch langgestreckte Hohlformen mit unebenem Boden, oft von Dolinen durchsetzt, während Karstwannen mit annähernd konzentrischer Form und ebenem Boden aus Sedimenten zu verstehen sind. Sie sind beide oberirdisch abflußlos und unterscheiden sich von den Poljen dadurch, daß sie nicht an einen Gesteinswechsel gebunden sind. Dieser Typ findet sich sowohl auf dem

*) M.H.FINK: Der Dürrenstein, ein Karstgebiet in den niederösterreichischen Kalkalpen, Wien 1973.

1500 - 1600 m Niveau des westlichen Hochschwabs (dort vor allem die Karstmulde) z.B. Bärnsbodenalm, Androthalm, als auch in den höheren Lagen z.B. Häusltrog, Baumstall oder gar im Gipfelbereich des Hochschwabs. Die Karstwanne ist besonders auf den Zeller Staritzen und der Mitteralm gut vertreten.

3.3.

Die größte Verbreitung besitzen die Dolinen im Hochschwabgebiet. Ihre Konzentration steigt in den Niveaus um 1500 - 1700 m. Darüber nehmen sie in größeren Höhen ab und werden eher von den Großformen abgelöst. Ihre Anlage ist eng mit dem Kluftnetz, den Schichtfugen und den Verwerfungen verbunden. Sie treten vor allem in den großen, weitreichenden Niveaus auf.

3.4.

Die Karstgassen sind rein äußerlich am geradlinigen Verlauf mit leichtem Gefälle erkennbar. Sie reichen von Formen mit wenigen Metern Länge bis zu solchen von 1000 m Länge. Als Beispiele seien Karstgassen nordwestlich der Sonnschienalm im teilweise grünen Karst, aber auch jene des Allalochs nordöstlich vom Sackwiesensee im fast unbedeckten Fels angeführt. Im letzteren Fall werden Längen bis über 1000 m und Breiten von 100 m erreicht. Sie enthalten selbst zahllose dolinenartige Einsenkungen bzw. Schächte.

Z u s a m m e n f a s s u n g :

Der Formenschatz der Oberfläche ist weitgehend an die gut verkarstungsfähigen Gesteine gebunden. Die größte Verbreitung der Formen deckt sich mit den Vorkommen der Altlandschaften. Die Großformen sind in Abhängigkeit von Gesteinsgrenzen und Störungen zu beobachten. Alle kleineren Formen sind weitgehend an das den ganzen Gebirgsstock überziehende feine Kluftnetz und die Schichtfugen gebunden. Die Talfurchen ehemaliger Hochtäler, die

ausgedehnten flachen Niveaus (besonders im Bereich von 1500 bis 1700 m) haben die Ausbildung der großen Dolinenfelder (und auch Schachtzonen) begünstigt.

Das Kluftnetz der Karstoberfläche:

Für die Verkarstung ist grundsätzlich das Vorhandensein eines Kluftnetzes im Kalkgestein notwendig. Die Oberflächenformen, welche daran gebunden sind, treten umso ausgeprägter auf, je flacher die Vorkommen angelegt sind. Ab einem gewissen Steilheitsgrad des Geländes können sich nur jene Formen entwickeln, die auf kräftigen Störungen oder Brüchen basieren (Tafel 12: Doline im Polster). Die dichtesten Dolinen- und Schachtfelder treten daher auch im Hochschwab auf den ausgedehnten Verebnungsniveaus auf bzw. in den flachen Mulden ehemaliger Talverläufe der alten Landoberfläche. Zur besseren Kenntnis wurde im Gebiet Jungfraugupf und Sonnstein im westlichen Hochschwabgebiet das südlich davon liegende Areal in ca. 1750 - 1800 m Seehöhe untersucht (Karstmorphologische Karte, Ausschnitt Nr. 2) (Tafel 4). Es ergab sich einerseits die Tatsache der Verkarstung entlang von kräftigeren Störungen, hier vor allem Großformen im Gipfel des Sonnsteins, andererseits kleine inselhafte Dolinen- bzw. Schachtfelder an Sattelstellen, wie etwa zwischen Jungfraugupf und Sonnstein bzw. am Südrand des Plateaus gegen den Gsollgraben. Wieweit die Oberflächenformen auf gut ausgeprägten Linien ein Hinweis auf ev. im Untergrund befindliche Höhlengänge sind, konnte hier nicht nachgewiesen werden.

Es zeigte sich bei der Untersuchung der Hochfläche über dem Frauenmauer-Langstein-Höhlensystem, daß nur in jenen Fällen eine Übereinstimmung gegeben ist, wo tiefgreifende Störungen nachweisbar sind (Schachtbildung über der Bärenlochstörung siehe Tafel 5, Abb. 1). Im allgemeinen ist damit zu rechnen, daß noch so geradlinig verlaufende Dolinen- und Schachtketten an der Oberfläche bereits in geringer Tiefe von anders verlaufenden Klufttrichtungen

JUNGFRAUG.

1816

1700

1400

SONNSTEIN

1847

1400

1500

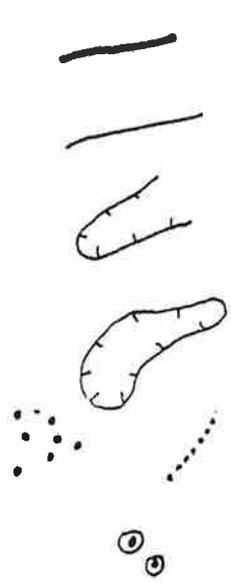
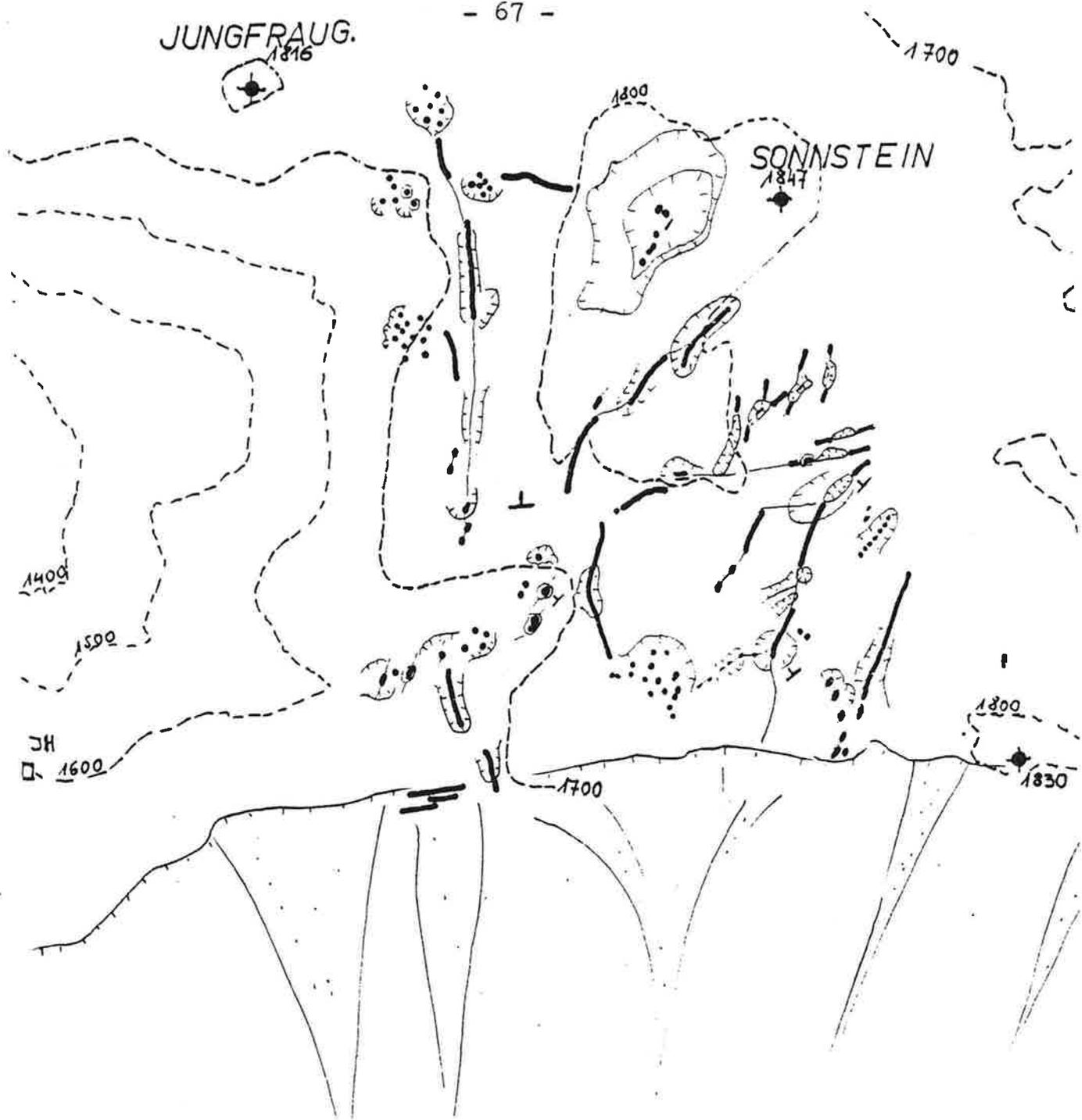
JH

1600

1700

1800

1830



Störung, Kluft; verkarstet.

Störung.

offen

Karstwanne

geschlossen

Dolnengruppe, -reihe; Schächte bis 10m Tiefe

Schächte über 10m Tiefe

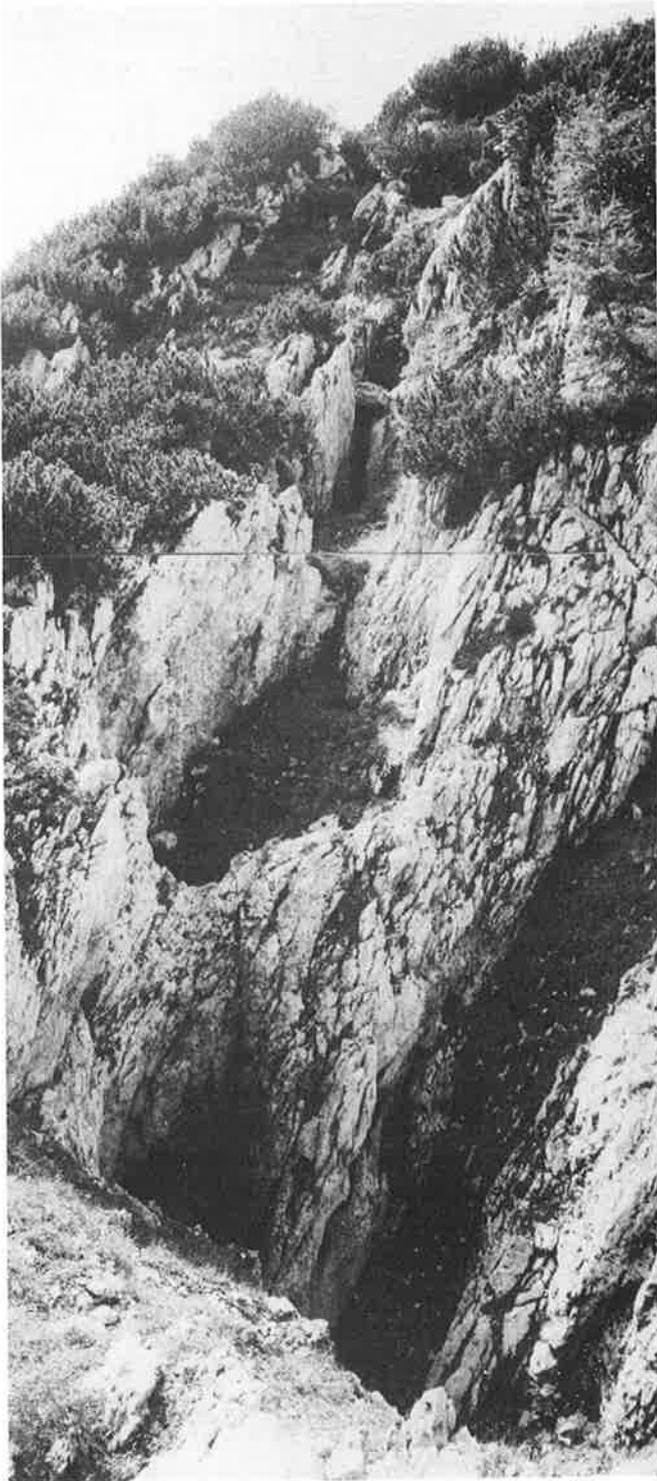


Abb. 1



Abb. 2

Abb. 1: Schachtzone über der „Bärenlochstörung“ zwischen Frauenmauer und Bärenkogel (Blick West).

Abb. 2: Seesteinschacht (Kat.Nr. 1744/149) in der Allalochsenke; Blick hinab (Richtung West) bis Abbruch zum Sackwiesensee (Pfeil).

abgelöst werden. Den Beweis hierfür bieten die zahlreichen befahrenen, gestuften Schächte, deren raumbestimmende Kluft oft wechselt, deren Stufen oft von Horizontal- oder Schrägabschnitten gebildet werden.

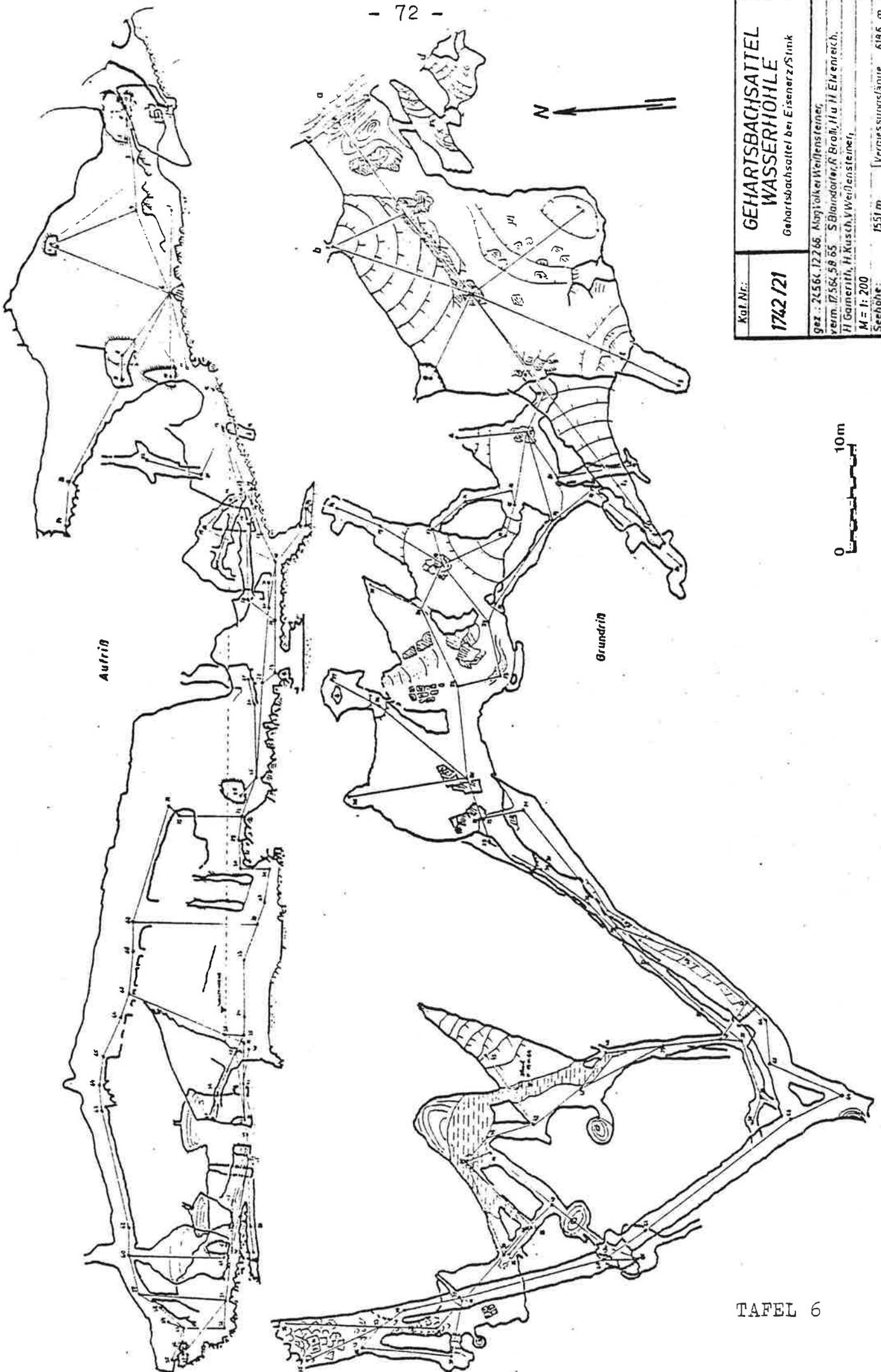
4.1. Die Wasserhöhle im Ostfuß des Pfaffensteins (Kat.Nr. 1742/21)

Allgemeine Situation:

Betrachtet man die nähere Umgebung dieser Wasserhöhle, so ergibt sich folgendes Bild: Auf der Südseite des Pfaffensteins trifft man die Obergrenze der Werfener Schiefer in 1200 m Seehöhe. Darüber folgen die Gutensteinerkalke bzw. -dolomite. Der Gipfelaufbau wird aus Wettersteinkalk und auch Dolomit gebildet. Das allgemeine Fallen der Schichten ist Nord bzw. im östlichen Bereich des Pfaffensteins NE. Vom östlichen Plateau laufen Störungen in Nordrichtung, die etwa dem Gehartsbachgraben bis zur Hinterseeau folgen. Im Bereich dieser Störungen liegt tiefer, in rund 1550 m Seehöhe, die Wasserhöhle. Siehe Grund- und Aufriß Tafel 6.

Die Wasserhöhle ist heute nur mehr der Torso eines ausgedehnten Höhlensystems, das von periodischen Wässern zur Schneeschmelze aufgefüllt und durchflossen wird. Die Abflüsse erfolgen heute nach Nord durch den Schuttmantel in den Gehartsbachgraben.

Die Entstehungsphase ist in jene Zeit zu verlegen, als diese Seehöhe (1550 m) unter der Oberfläche des Plateaus im Karstwasserspiegel lag. Die Raumbildung erfolgte im phreatischen Bereich, wie die auf- und absteigenden Gangäste zeigen, in denen sich bis zur Decke hin die Spuren ehemaliger vollständiger Wasserfüllung erkennen lassen. Es sind dies große Kolke und Fließfacetten, wie sie nur im phreatischen Bereich entstehen. Die gleichförmig nach Nord einfallenden Schichten einerseits und die senkrechten Klüfte in NW-SE und NE-SW-Richtung gaben durch ihr Zusammenwirken (ihre Verschneidung) der Höhle ein besonderes Gepräge. Die WE-gerichtete Durchströmung der Höhle führte unter den oben beschriebenen Bedingungen zu einer Gangbildung, bei der die Gänge von NW nach SE ansteigend und von SW nach NE abfallend, entwickelt sind. Die Fließrichtungen der Wasser im Bereich des Pfaffensteins sind weitgehend durchschaubar, eine Nord gerichtete Entwässerung ist gegeben.



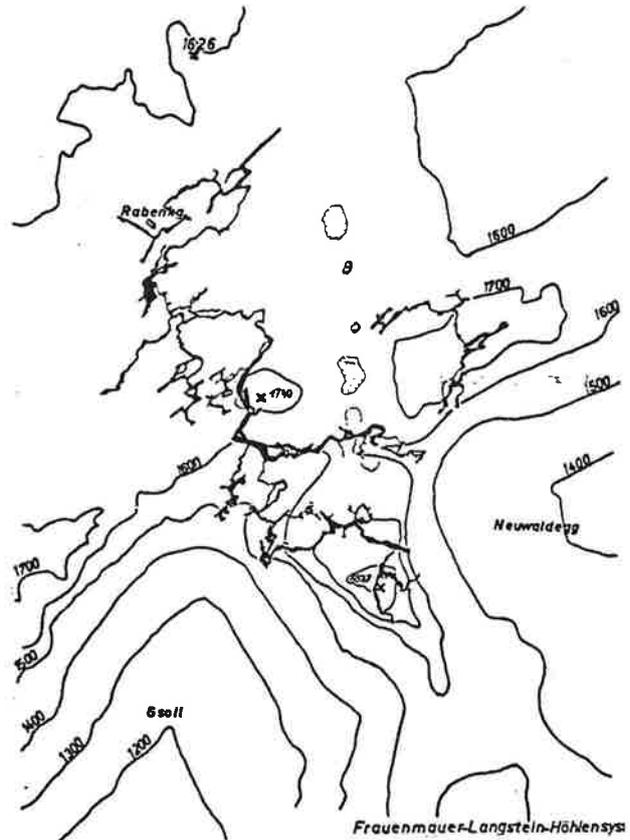
Kat. Nr.:	1742/21
GEHARTSBACHSATTEL WASSERHÖHLE	
Gehartsbachsattel bei Eisenerz/Stein	
gez.:	21.564.122.66. Klappöcker/Weissensteiner
verm.:	17.564.58.65. S. Blaudorfer, R. Brall, J. u. H. Eisenreich, H. Gernerth, H. Kusch, V. Weissensteiner
M = 1:	200
Seehöhe:	1551 m
Max. Horizontalfestst.:	122 m
Vermessungslänge:	619,6 m
Max. Niveaudiff.:	41,2 - 5,18 m

Landesverein f. Höhlenkunde in Steiermark

4.2. Das Frauenmauer-Langstein-Höhlensystem (Kat.Nr. 1742/1)
und die Langstein-Eishöhle (Kat.Nr. 1744/1)

Siehe Ausschnitt Nr. 3 auf der Karstmorphologischen Karte.
Plan auf Tafel 7,8.

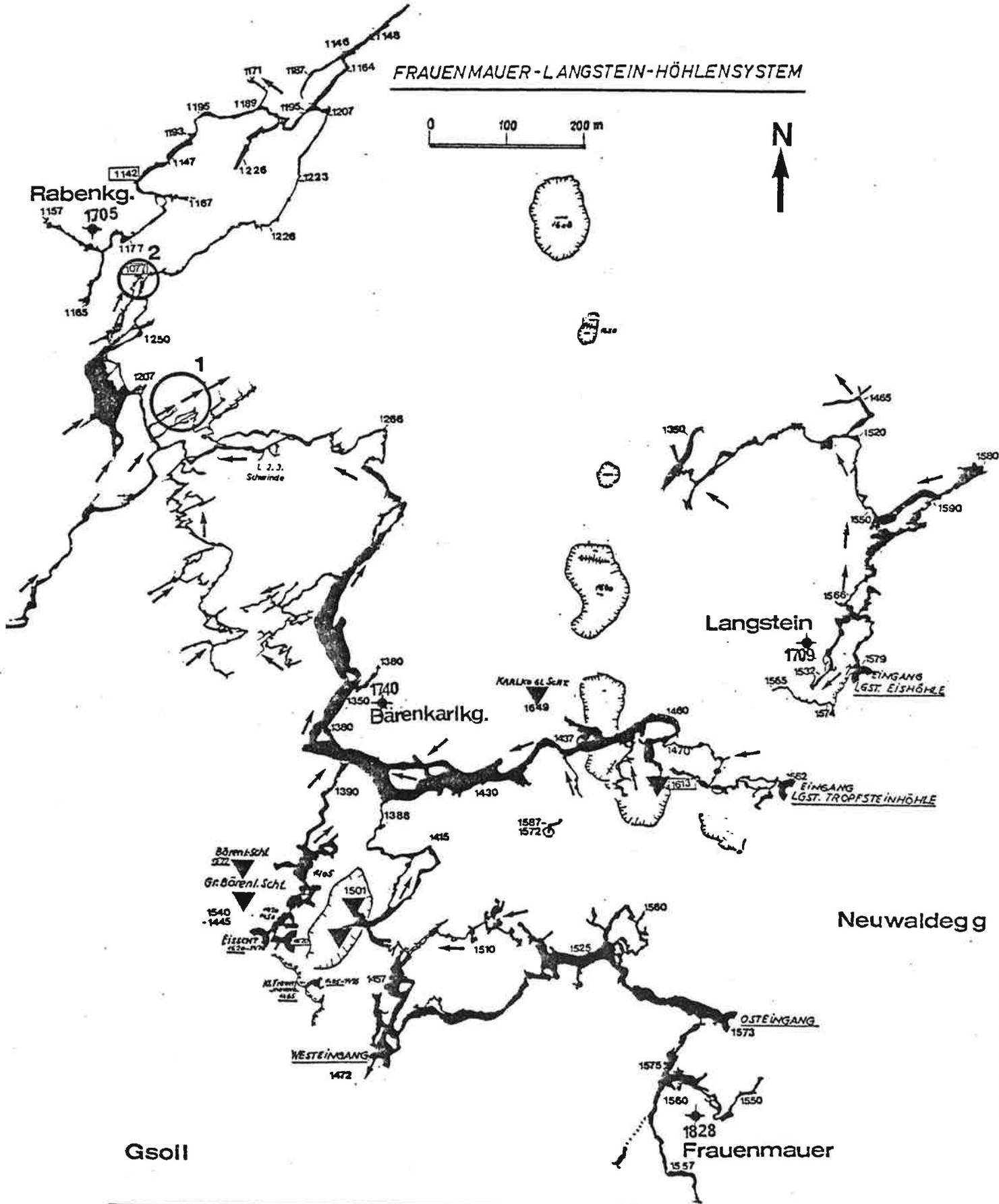
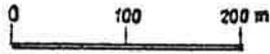
Lage des Frauenmauer-
Langstein-Höhlensystems
(zu Tafel 7 und 8)



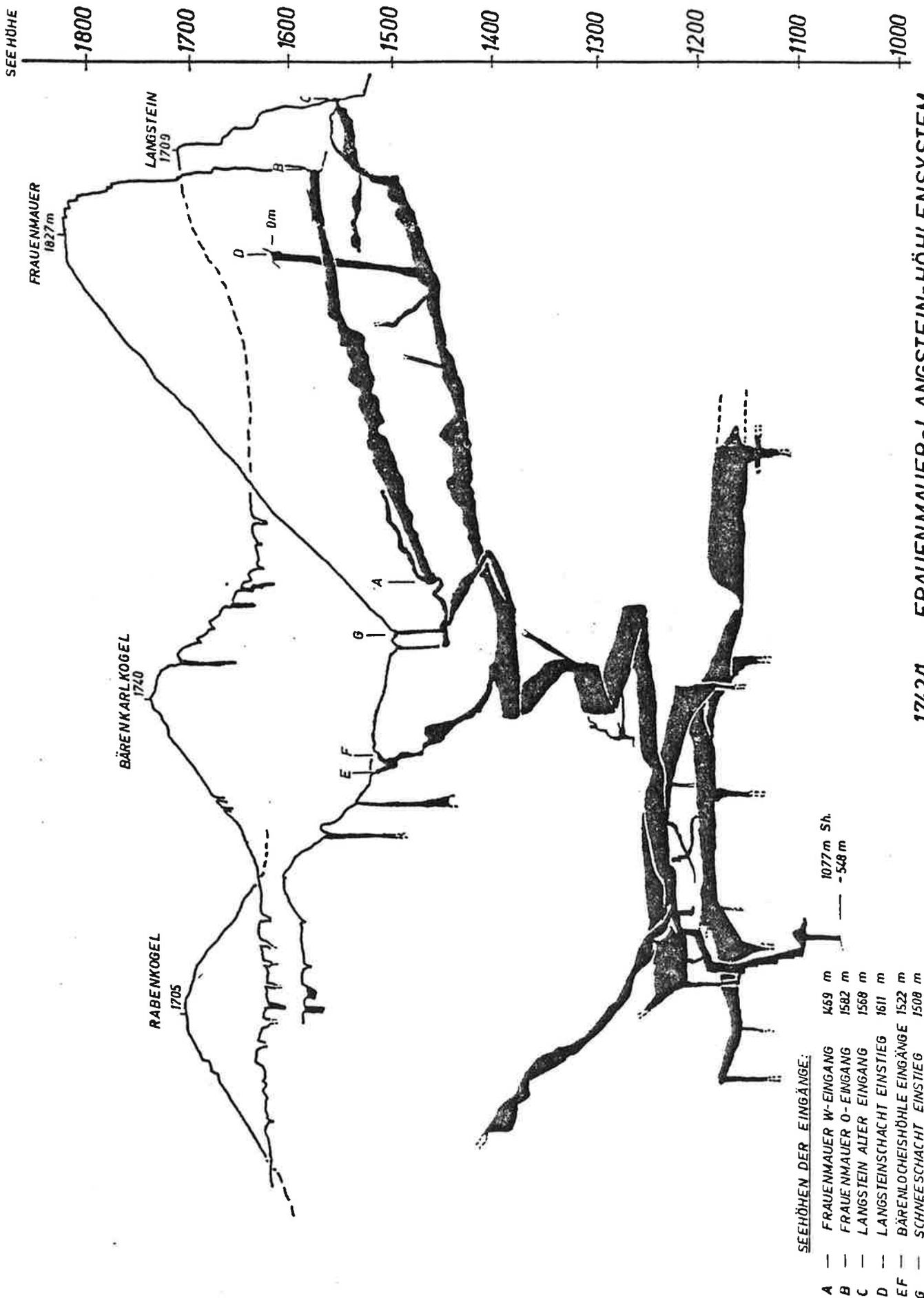
Lage: Das System erstreckt sich unter dem Gipfenaufbau der Frauenmauer bis nach NE zum Langstein und nach Nord bis unter den Rabenkogel.

Gestein: Die Höhle verläuft weitgehend unter dem aus Wettersteinkalk gebildeten Plateau. Die jeweilige Erosionsbasis der großen Gänge schließt an vielen Stellen den Gutensteinerkalk auf. Auch die Eingänge liegen direkt über Gutensteinerkalk im dolomitischen Wettersteinkalk. In den tiefsten Bereichen des Systems werden abermals Gutensteinerkalke durchschnitten, die darunter vermuteten Werfener Schiefer jedoch nicht erreicht. Ein ganz kleiner Aufschluß von Werfener Schiefer ist im sogenannten „Gutensteiner gang“ gegeben, der aber allgemein zu wenig Aussage besitzt.

FRAUENMAUER-LANGSTEIN-HÖLENSYSTEM



- ▼ Schacht
- ◐ Höhleneingang



SEEHÖHEN DER EINGÄNGE:

- A — FRAUENMAUER W-EINGANG 1469 m
- B — FRAUENMAUER O-EINGANG 1582 m
- C — LANGSTEIN ALTER EINGANG 1568 m
- D — LANGSTEINSCHACHT EINSTIEG 1611 m
- EF — BÄRENLOCHSCHHÖHLE EINGÄNGE 1522 m
- G — SCHNEESCHACHT EINSTIEG 1508 m

17421 FRAUENMAUER-LANGSTEIN-HÖHLENSYSTEM

AUFRISS NACH NORD, M = 1:2500, ZEICHNUNG: VWEISSENSTEINER 1973,1979
(Ohne Seitenlabyrinth)

4.2.1. Die Störungen und das Kluftnetz:

Diese hatten bei der Anlage des Systems weitgehenden Einfluß auf den Verlauf der Gangfolgen.

Im phreatischen Bereich wurden sowohl die Kluftfolgen entlang von Störungen als auch die den Berg durchziehenden Kluftnetze erweitert. Die vorherrschenden Richtungen sind für die Störungen (unter der Bärenlochschenke und ebenso unter dem Rabenkogel) SSW - NNE. Sie wurden in der späteren Phase der Weiterentwicklung zu den Leitlinien für die Entwicklung des Hauptganges (bzw. der Hauptwasserwege). Das den Berg durchziehende Kluftnetz selbst besitzt ähnliche Ausrichtung, SW - NE. Im Grundrißplan (Tafel 7) werden diese Richtungen im Bereich der sogenannten Seitenlabyrinth gut sichtbar. Dies hat seine Ursache darin, daß auch hier im phreatischen Bereich ursprünglich die Kluftstrecken gleichmäßig erweitert wurden.

Später, mit dem Entstehen eines Hauptwasserstromes und der Tieferschaltung des Vorflutniveaus, fielen diese Kluftnetze trocken, sie gerieten in die vadosse Zone und wurden nur mehr vertikal, aber nicht in die Horizontale, erweitert. Zusätzlich beobachtet man im ganzen System schräg einfallende Kluftflächen und Harnische, die sich besonders auf die Bildung von Großräumen auswirkten. Auch den Schichtfugen kommt in dieser Hinsicht große Bedeutung zu.

Die auffallend abweichende Gangrichtung des breiten Hauptganges vom Langstein-Osteingang bis unter den Bärenkarlkogel und ebenso des sogenannten Frauenmauer-Durchganges vom Osteingang bis zum Westeingang ist durch den Umstand bedingt, daß hier die ursprünglich genauso wirksamen Kluftrichtungen (SW-NE und SSW-NNE), dem Gefälle der Schichtung entsprechend, in der späteren vadosen Phase der Raumbildung durch erosive Vorgänge (freier Höhlenfluß) überprägt wurden. Es sind dies die Bereiche zwischen 1570 m See-

höhe (Frauenmauer Westeingang) und 1350 m (Dom unter dem Bärenkarlkogel). Alle tieferen Abschnitte des heute bekannten Systems folgen jedoch den oben angeführten Richtungen.

4.2.2. Über die Bedeutung des Kluftnetzes für die unterirdische Verkarstung sei hier ganz allgemein folgendes angeführt:

Das Vorhandensein eines Kluftnetzes im Kalkgestein ist eine Hauptbedingung für die Verkarstung. Im weitesten Sinn gehören hiezu auch die Schichtfugen, ferner alle Formen von Schwächezonen im Gestein, die dem eindringenden Wasser den geringsten Widerstand bieten. Der Grad der Gesteinslösung ist dann von der Löslichkeit des Kalkes unter den chemisch-physikalischen Bedingungen abhängig. Die Feinklüftigkeit und Porosität des Gesteins oder allgemein die Größe der Kontaktzone zwischen Wasser und Gesteinsoberfläche ist für die Lösung hauptsächlich von Bedeutung. In Bereichen von Hauptstörungen sind solche Bedingungen optimal. Es werden daher bereits in der phreatischen Zone die späteren Wasserwege vorgezeichnet. Kommt es im Laufe der Entwicklungsgeschichte durch Absinken des Vorflutniveaus, etwa infolge Gebirgshebung und Einschneiden der Täler, zur Tieferlegung der phreatischen Zone, so werden bisher lange horizontale Gangfolgen durch vertikale Entwicklungen trocken gelegt. Diese Stellen hierfür sind abermals die großen Störungen.

Im Frauenmauer-Langstein-Höhle system konnte so festgestellt werden, daß der Hauptwasserschwind an einer SW-NE laufenden Störung in ca. 1200 m Seehöhe liegt. (Grundrißplan Tafel 7), Schwinde im schwarzen Kreis bei Nr. 1). Sämtliche von Süden her nach Nord abfließenden Wasser versinken hier in der Langsteinbachschwinde. Infolge enger Entwicklung der Gänge ist ein Weiterverfolgen für den Forscher unmöglich. Alle Gangfolgen jenseits (nördlich) dieser Störungslinie als getrenntes Einzugsgebiet der in ihrem Bereich von der Oberfläche eintretenden Wäs-

ser. Im nördlich dieser Störungslinie verfolgbaren Gangsystem (2500 m derzeit erforscht) tritt abermals eine gleich ausgerichtete Störung als gemeinsamer Abzug in Funktion. Grundrißplan Tafel 7, schwarzer Kreis bei Nr. 2).

Es kann somit zusammenfassend bemerkt werden:

Das allgemeine Kluftnetz ist für den Horizontalverlauf eines Höhlensystems zurzeit der phreatischen Phase maßgebend unter Mitwirkung eventuell vorhandener wasserstauender Gesteine im Untergrund. Bei Tieferlegung des Vorflutniveaus sind die tiefgreifenden Störungen richtungsweisend.

4.2.3. Die Wasserwege im Frauenmauer-Langstein-Höhlensystem und in der Langstein-Eishöhle:

Durch zahlreiche Begehungen des Frauenmauer-Langstein-Höhlensystems konnten die generellen Wasserwege einigermaßen festgestellt werden. Sie werden von der nach Nord allgemein einfallenden + wasserstauenden Unterlage (Gutensteinerkalke, darunter Werfener (?)) bestimmt. Bereits die Höhlengänge im Ostabschnitt der beiden Systeme zeigen unmittelbar beim Eintritt (Eingang Langsteintropfsteinhöhle und Eishöhle) eine Nord- und NW-Orientierung der Wässer. Die Wasserscheide im Berg verläuft also knapp entlang den Wandfolgen von Frauenmauer Ostwand und Langstein Südostwand. Lediglich die Südwände der Frauenmauer zur Gsoll hin leiten bei ganz extremen Gewitterniederschlägen Wasser oberflächlich ab, was auf das begrenzte Aufnahmevermögen der Kluftspalten auf der Oberfläche zurückzuführen ist. Ansonsten ergießen sich diese Wässer in wenigen Minuten in großen Sturzbächen in die Höhlenräume. Solche Beobachtungen wurden in dem 650 m langen Tunnel des Frauenmauer Durchganges und im parallel laufenden Langsteinhauptgang nördlich gemacht.

Der Weiterverlauf der Wasserwege ist im Grundrißplan des Systems (Tafel 7) mit schwarzen Pfeilen eingezeichnet. In der nordöstlich benachbarten Langstein-Eishöhle sind die Verhältnisse ähnlich. Die Hauptrichtung der Wässer ist dort Nord und Nordwest.

4.2.4. Die Tiefe des Frauenmauer-Langstein-Höhlensystems und der voraussichtliche Weiterverlauf:

Das System besitzt einen Gesamthöhenunterschied von derzeit 540 m. Der tiefste, erreichte Punkt liegt beim sogenannten Endschacht in 1050 m Seehöhe in nächster Nähe unter dem Gipfel des Rabenkogels (1700 m). Siehe Grund- und Aufriß (Tafel 7,8). Hier ist auch die größte Überlagerung mit knapp 700 m gegeben.

Die Überlagerung nimmt von Süden nach Norden zu. Im Bereich Frauenmauer und Langstein sind es durchschnittliche Werte um 200 m. Im Mittelteil, etwa über den verzweigten Labyrinth, 400 m.

Dieser Umstand gibt auch Aufschluß darüber, daß in den gering überlagerten Abschnitten im Süden direkte Schachtverbindungen von der Oberfläche offen stehen, während im nördlichen Abschnitt dies nur auf abgestuften Wegen in die Tiefe möglich ist. Für die Niederschlagswässer sind trotz der stellenweisen Abdichtungen der Hochfläche durch Sedimente alle Wege in die Tiefe offen.

Vergleicht man den derzeitigen Tiefstpunkt im System (Seehöhe 1050 m) mit den umliegenden Vorflutniveaus, so ergibt sich nur mehr die Möglichkeit einer unterirdischen Fließrichtung hin zu den Quellen der Hinterseeau (730 m). Ein Abfließen nach Süden, etwa in die Gsoll oder den Jassinggraben, ist schon rein auf Grund der Werfener Schiefer nicht vorstellbar. Eine Unterquerung der Fowiestalstörung nach Norden ist ebenso unwahrscheinlich. Ein Einmünden in die Fowiestalstörung möglich. Im allgemeinen darf also eine Fließrichtung nach NW angenommen werden. Eine endgültige Beweisführung ist nur mit Markierungsversuchen möglich.

4.2.5. Einspeisungsstellen für Markierungsversuche:

In der Langstein-Eishöhle ist es das Gerinne bei Kote 1528 mit einer Schüttung (Normalwasserführung) von 1 - 2 l/sec. Die Zugänglichkeit mit mittelschwerem Gepäck ist möglich.

Im Frauenmauer-Langstein-Höhlensystem ist es der Langsteinbach. Einspeisungen mit verschiedenen Stoffen sind sowohl im „Walpurgisdom“ (Kote 1380) als auch bei der Langsteinbachschwinde (Kote 1200) zu empfehlen. Niederwasser normalerweise bei 3 - 5 l/sec. Die Zugänglichkeit bis zum Walpurgisdom, auch mit schwerem Gepäck, ist möglich. Die Langsteinbachschwinde erfordert eine stark reduzierte Ausrüstung (langer und hindernisreicher Weg dorthin).

4.2.6. Die Vermessung des Frauenmauer-Langstein-Höhlensystems

Die Länge des Systems (derzeit über 18 km) erforderte es, neue Wege in der Höhlenvermessung zu beschreiten. Allein für die genaue Ermittlung der Seehöhe der jeweiligen Koordinaten im Grundrißplan ist eine exakte Methode erforderlich. Die in der Speläologie herkömmlichen Methoden erwiesen sich als weitgehend unbrauchbar. Vom Landesverein für Höhlenkunde in der Steiermark wurden sowohl geeignete Vermessungsgeräte ausfindig gemacht als auch die Berechnung der Daten erstmals in Programmen durchgeführt. Neben dem allgemeinen Ausdruck der Vermessungsdaten (Abb. 1) wurde der Korrektur von Polygonringen und der Mitführung der Seehöhe besonderes Augenmerk geschenkt. Die Genauigkeit der Vermessung liegt derzeit bei 0,2 - 0,4 % Fehler.

4.3. Die Schachtzone des Bärnsbodens und der Androth als Beispiel einer unterirdischen Verkarstung in einem Ver- ebnungsniveau.

Siehe Karstmorphologische Karte, Ausschnitt Nr. 4.

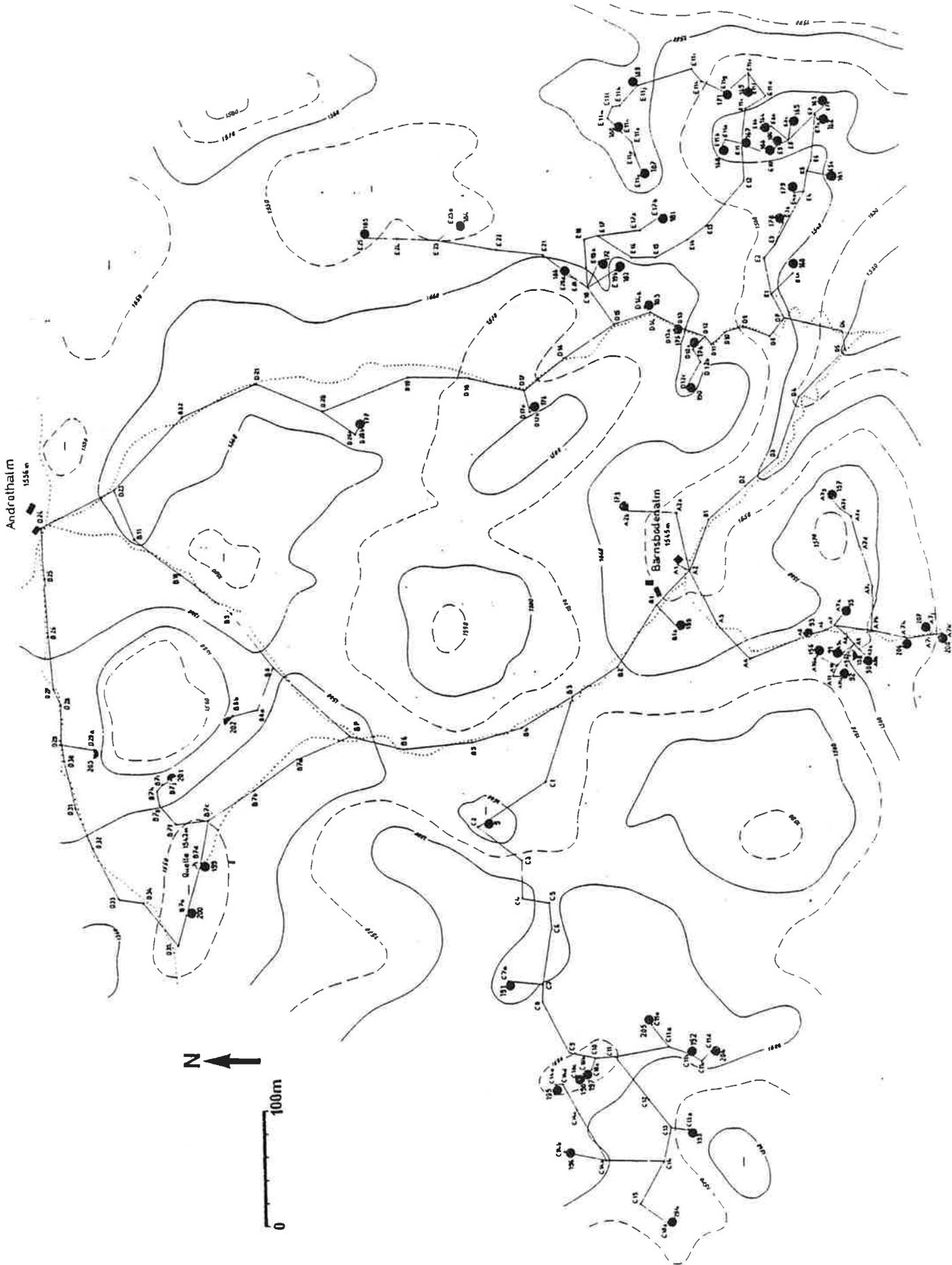
Lage: Das Untersuchungsgebiet befindet sich westlich der

Androthalm, weiters südlich und östlich der Bärnsbodenalm und östlich von „In der Stube“.

Gesteine: Die gesamte Hochfläche zwischen 1520 - 1590 m Seehöhe wird vom Wettersteinkalk gebildet, dessen Schichtung nach Süd zur Jassing einfällt, die Abbrüche der Hochfläche zur Jassing bestehen bis nahe dem Talboden aus Gutensteinerkalk. Die Flachböden der Hochfläche enthalten Augensteine.

In zwei Untersuchungsjahren 1978 und 1979 wurden von einer eigens hiezu errichteten Forschergruppe 54 Schächte und 4 Horizontalhöhlen erfaßt (siehe Übersichtsplan Tafel 9). Der Versuch in das zu erwartende gemeinsame Höhlensystem in der Tiefe zu gelangen, mißlang bis jetzt. Es wurden in den Schächten Tiefen von maximal 92 m erreicht. Die Abschlüsse sind jeweils Schuttansammlungen oder Versturzmassen. Zusätzlich ist mehr als die Hälfte aller Schächte mit einem + ausdauernden Firn - oder Eispfropfen - versehen. Es ergibt sich aus dem bisherigen Forschungsstand das Bild einer mindestens 100 m tief gleichmäßig verkarsteten Hochfläche im sogenannten Sonnschienniveau (1500 m - Niveau). Aus der bisherigen Zugänglichkeit von max. 92 m Tiefe darf jedoch nicht auf das Ende der Verkarstung geschlossen werden. Vielmehr zeigt dies, daß hier besonders starke Füllungen aus der Verebnungsfläche vorliegen. Die Entwässerung wird offensichtlich von den Gutensteinerkalken bzw. Dolomiten darunter begrenzt, die Abflußrichtung wäre dem Schichtstreichen entsprechend mit Süd anzugeben. Eine endgültige Klärung kann auch hier nur ein Markierungsversuch bieten.

Zusätzlich könnte eine Bohrung im Bereich zwischen Androthalm und „In der Stube“ Klärung über die Verhältnisse bezüglich wasserstauer Gesteine bringen.



4.4. Die Schächte der Allalochsenke nordöstlich vom Sackwiesensee.

(Siehe Karstmorphologische Karte, Ausschnitt Nr. 6)

Lage: Vom Sackwiesensee in nordöstlicher Richtung über einer etwa 80 m hohen Steilstufe führt das sogenannte Allaloch leicht steigend in ENE-Richtung. Es besitzt eine Länge von über 1200 m und eine Breite von rund 100 m. Die Senke zeigt eine kräftig ausgeprägte Störung, in deren Verlauf ein besonders hoher Grad der Zerstückelung und Zerklüftung des Gesteins gegeben ist. Die Überprägung durch einen lokalen Gletscher ist ersichtlich.

Gestein: Wettersteinkalk (-dolomit).

Die ganze Allalochsenke (oder -furche) wird von zahllosen Schächten beherrscht. Sie verdanken ihre Entstehung dem außerordentlich hohen Zerklüftungsgrad des Kalkes. Um eine Aussage zu ermöglichen, wurde im oberen Drittel ein Schachtvorkommen auf engerem Raum vollständig aufgenommen.

Ergebnis:

Die Senke des Allaloches besitzt ausnahmslos unterirdische Entwässerung. Tiefe Schächte entwickelten sich an den Flanken der Senke (bzw. blieben dort für den Forscher zugänglich), wo ein + paralleler Verlauf der Klüftung ersichtlich ist. Im Zentrum der Furche, wo vorwiegend kreuzende Klüftungen vorherrschen, wurden seichte und stark schutterfüllte Schächte angetroffen. Sie sind auf Grund der stärkeren Zerstückelung des umgebenden Gesteins dem Raumverfall stärker preisgegeben. Anzeichen einer ehemaligen Horizontalentwicklung in Höhlen fehlen. Die Schachtenden sind nicht mit dem Ende der Verkarstung identisch. Vielmehr muß mit einer tiefreichenden Drainage gerechnet werden.

Bezüglich zu erwartender Abflußrichtungen kommen ebenfalls nur wasserstauende Gesteine in Frage. Die Werfener Schiefer des westlich liegenden Sackwiesensees dürften keine Rolle spielen.

Eine Abflußrichtung nach Nord kann vermutet werden. Eine genaue Aussage ist nicht möglich. Ein Markierungsversuch wäre hier sehr angebracht, ist aber wegen der ungünstigen Geländeverhältnisse schwierig. Der Plan (Tafel 10) zeigt im Grund- und Aufriß den eng abgegrenzten Untersuchungsbereich im Allaloch etwa zwischen Seestein und Häuselberg. Der Aufriß zeigt gleichzeitig den Querschnitt der Allalochsenke, an dessen Begrenzungen sich die tiefen Schächte befinden. Der Grundriß zeigt die maßgebenden Klufttrichtungen, die für die Entstehung der jeweiligen Schächte von Bedeutung waren.

Dazu die Tafel 5, Abb. 2, als Beispiel für einen kluftgebundenen Schacht von 75 m Tiefe (Seesteinschacht Kat.Nr. 1744/194), Tafel 11 einen an einer mehrfachen Kluftkreuzung entstandenen seichten Schacht (Seesteinschacht Kat.Nr. 1744/129). In der weiteren Umgebung findet man die größten und tiefsten „Schachtdolinen“. Siehe Doline im Polster Tafel 12.

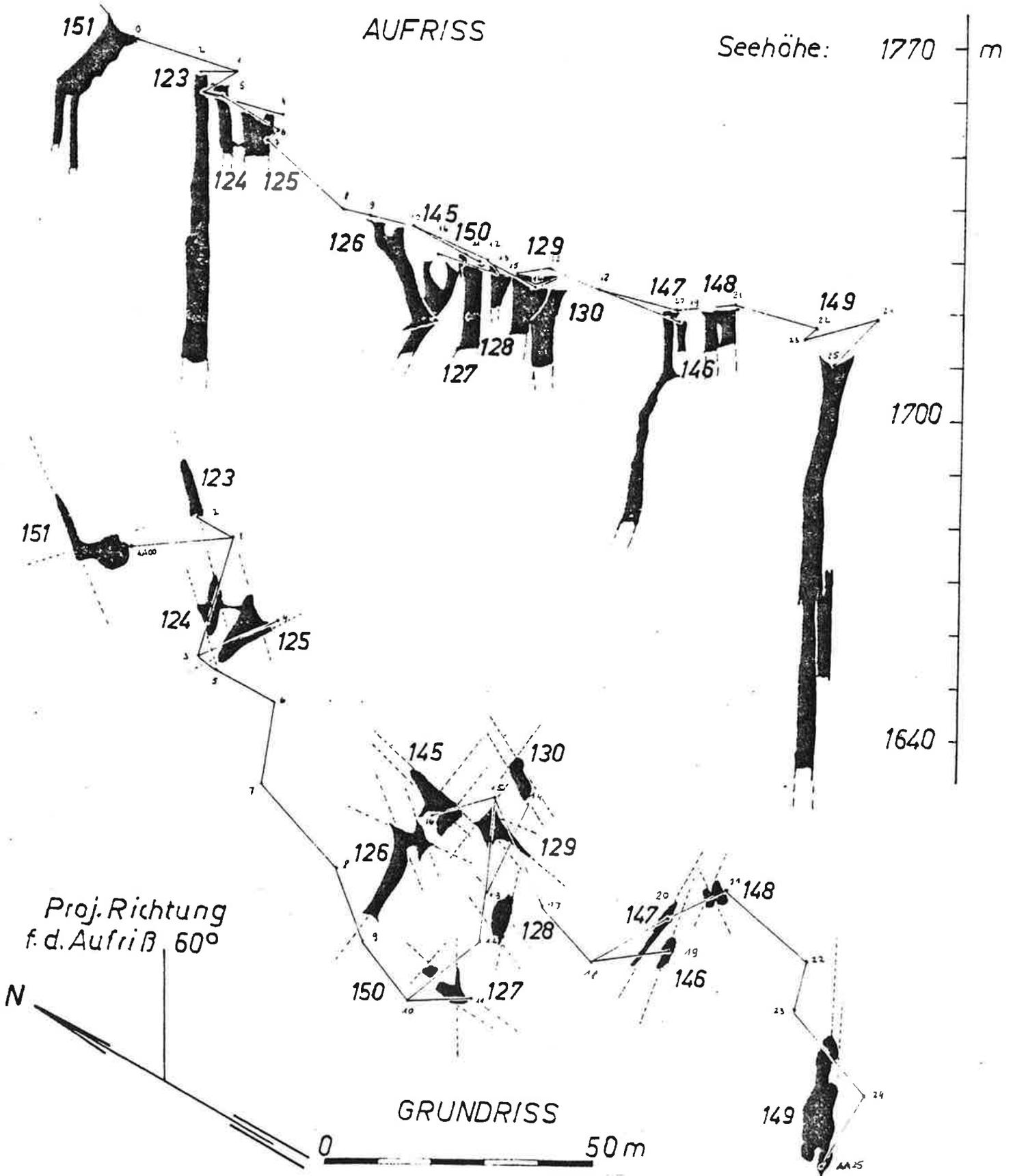
4.5. Die Eisgruben am Fuße der Hochschwab Südwand. (s. Tafel 3)
Siehe Karstmorphologische Karte, Ausschnitt Nr. 7

Lage: Fuß der Hochschwab Südwand zwischen Trawiessattel im NE und dem Melkboden im SW. In Seehöhen zwischen 1750 und 1900 m.

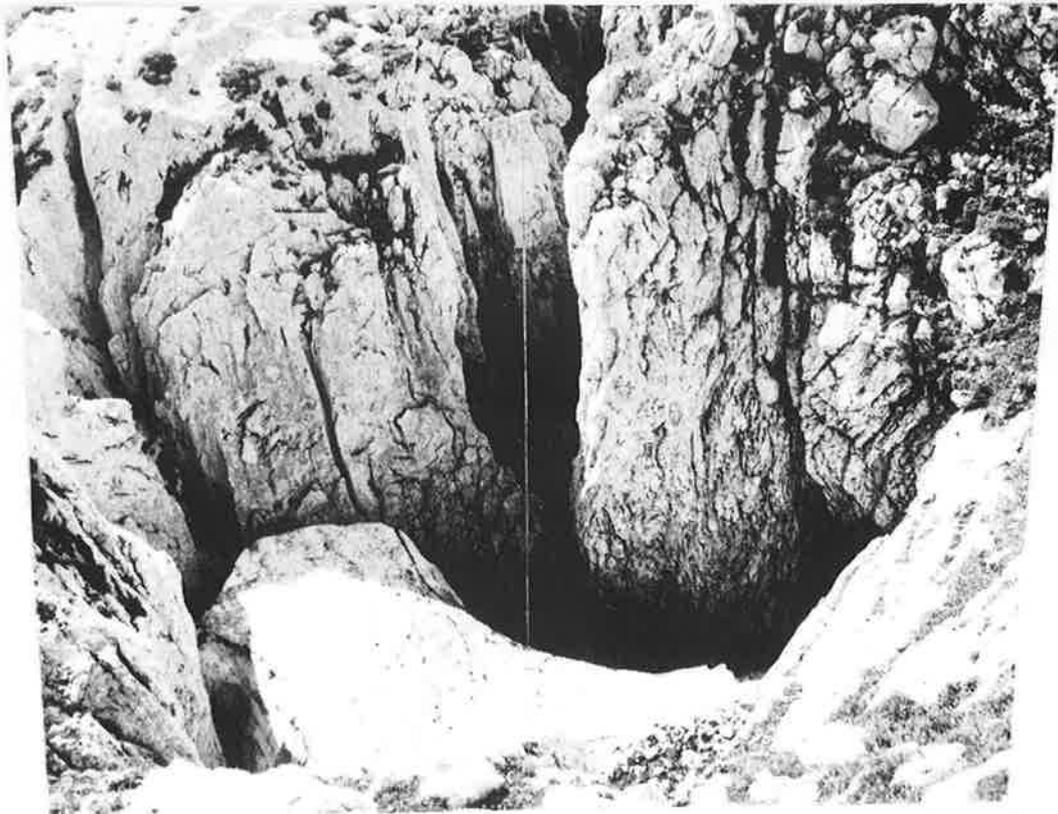
Gesteine: Die Eisgruben werden gegen die südöstliche Karlalpe von einer Störung begrenzt, wo südlich der Hauptdolomit aufscheint. Die Senke der Eisgruben kann allgemein mit Wettersteinkalk identifiziert werden. Im SW verläuft die Störung des Ghackten mit Wettersteindolomit.

Eine Schachtzone durchzieht die Eisgruben in einer NNE-SSW-Linie. Die sehr tiefen Schächte sind oft mit kräftigen Schneepfropfen erfüllt. Im Eisschacht (Kat.Nr. 1745/39) wurden 120 m Tiefe erreicht.

Das allgemeine Bild sieht folgendermaßen aus:



Schachtgruppe im "Allaloch" zwischen Seestein und Häuselkogel



Seesteinschacht (Kat. Nr. 1744/129) als Beispiel für eine Entwicklung an mehrfacher Kluftkreuzung. Aufnahme: Blick N-S.

Eine ausgeprägte Störung mit starker Kluftbildung zieht etwa nördlich der Karstwanne des Melkbodens gegen die Hochschwab Südwand. In ihrem Bereich finden sich alle untersuchten Schächte. Trotz der gewaltigen Schuttmengen in den Eisgruben haben die Schächte genügend Wasserzutritt, um das laufend hineinstürzende Feinmaterial zu lösen und abzutransportieren. Bei einigen Objekten, so auch bei der Melkbodeneishöhle, bildeten sich sogar dolinenartige Ränder, die deutlich den Einzugsbereich der Hohlform anzeigen. In sämtlichen Objekten erkennt man kräftige tektonische Beanspruchung des Gesteins. In der Melkbodeneishöhle (Kat.Nr. 1745/1), Tafel 12, sind stark verfaltete, dünnbankige Kalke aufgeschlossen. Im Maßbandschacht (Kat.Nr. 1745/2), der in der unteren Verlängerung der Ghacktenstörung liegt, ist in 68 m Tiefe eine breite Zone von Zerreibungsbrechie aufgeschlossen.

Abflußrichtung der Wässer:

Eine solche ist nicht feststellbar. Tatsache ist eine außergewöhnlich gute Durchlässigkeit in die Tiefe, was vor allem am kräftigen Abtransport der Sedimente der Eisgrube kenntlich ist. Eine Aussage über die Richtung kann nur durch einen Markierungsversuch gemacht werden.

5. Karsterscheinungen auf und unter der Oberfläche im Bereich der Dolomite

Die Karstmorphologische Karte weist einen breiten Gürtel im Westen, Süden und Osten von der Hochfläche des südlichen Hochschwabgebietes auf, für den eine teilweise unterirdische Entwässerung angegeben ist. Es handelt sich durchwegs um die dolomitischen Bereiche der Kalke. Auch sie sind durch Wasserlosigkeit der Oberfläche gekennzeichnet. Der Unterschied an der Oberfläche liegt im grusigen Zerfall des Dolomits im Einfluß der Witterung. Es bilden sich wenig schroffe, sondern eher abgerundete Formen im Gelände. Wenn es Dolinen gibt, dann sind es meistens stark eingeebnete flache Formen. Zum Beispiel Dolinen auf der Sonnschienalm. Die ebenen Hochflächen (z.B. Pribitz) sind frei von ausgeprägten Dolinen, die Plateauränder sind scharf eingeschnitten. Steile Hochwassergräben führen zu Tal. Sie werden bei starken Gewittern plötzlich aktiv und führen zu starker Erosion. In ausgeprägten Dolomittälern bilden sich fächerförmig in die Hochflächen einschneidende Wasserrinnen. Tafel 13 (Endriegelgraben).

Eine exakte Aufnahme von Höhlen im Dolomitgebiet stellt die Untersuchung im Teufelsgraben südlich des Lenkerkogels (östlich der Jassing) dar. Siehe Karstmorphologische Karte, Ausschnitt Nr. 5. Es wurden durchwegs Halbhöhlen bzw. Riesenausbrüche vorgefunden. Bei genauer Untersuchung ergab sich folgendes Bild: Für die Raumbildung waren die den Dolomit durchziehenden weitreichenden Klüfte und Harnische maßgebend. Nach diesen Flächen brachen die Gesteinsmassen ab. Durch die Randlage zum Steilgraben fehlt den Halbhöhlen die Stabilität, so daß laufende Nachbrüche (Frostsprengung, Druckausgleich) sowohl den Eingangsbereich abtragen als auch den Höhlenhintergrund erweitern. Die beobachteten Klüfte und Harnische führen bescheidene Sickerwässer.



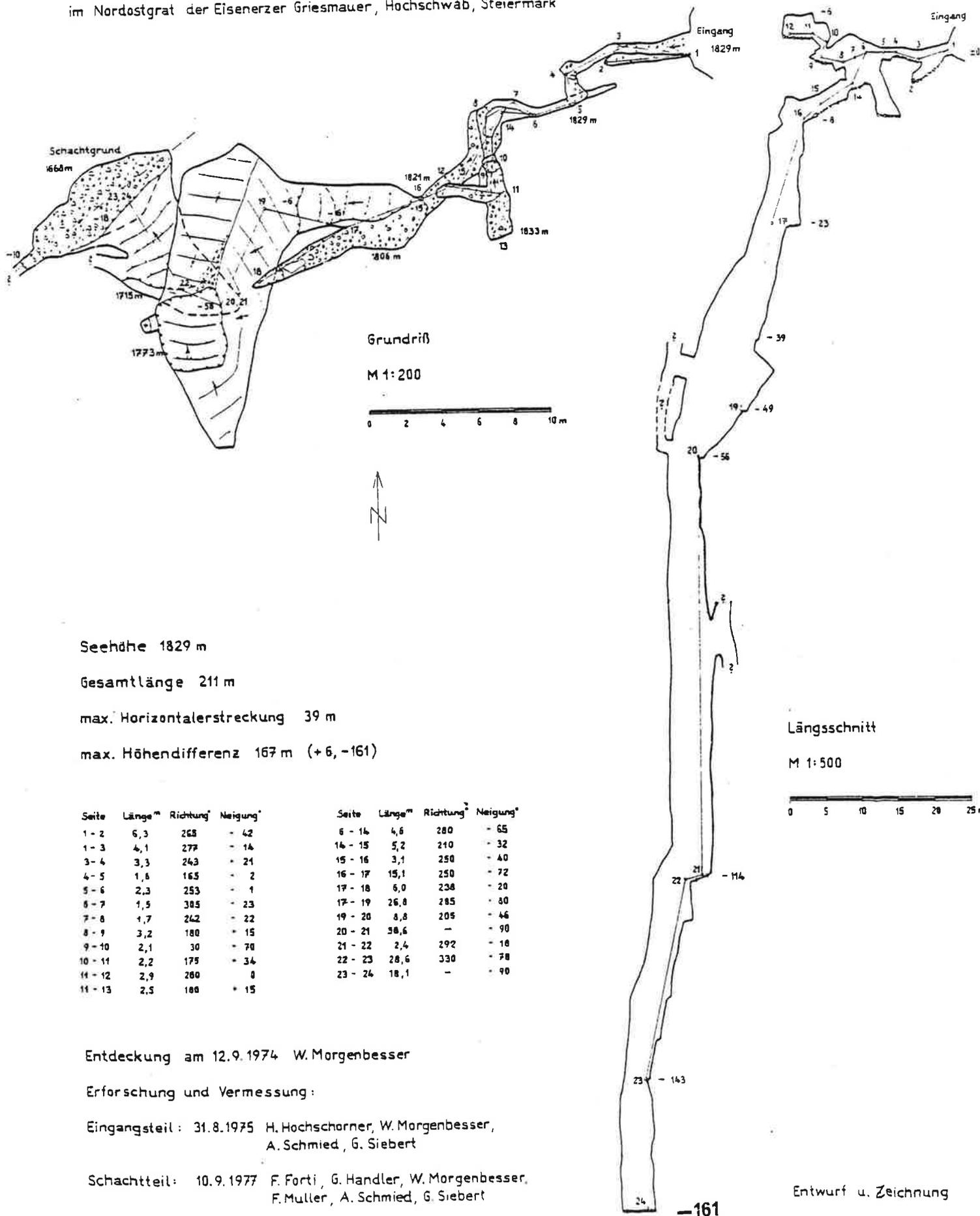
Großdolinen am Plateau der Mitteralpe (Dachsteinriffkalk).
Fiederförmige Zerrung im Wettersteindolomit des End-
riegelgrabens.

(Vervielfältigung mit Genehmigung des Bundesamtes für Eich-
und Vermessungswesen (Landesaufnahme) in Wien, Zl. L 61 255/80).

Aus weiteren Beobachtungen in verschiedenen Varianten von Dolomitgebieten im Hochschwab (Griesmauer, Pribitz, Meßnerin, südliche Vorlagen des Fölzsteins, Feistringgraben u.a.) kann gesagt werden: Die angeführten Gebiete sind oberflächlich arm an Karstformen. Die typische grusige und kleinwürfelige Verwitterung betrifft nur die Oberfläche. Ein Kluftnetz im Inneren des Berges ist genauso vorhanden. Durch die starke Ableitung der Niederschlagswässer über die Oberflächen gelangt ein geringerer Anteil der Wässer ins Innere. Die Höhlenbildung ist genauso gegeben. Der Unterschied liegt in dem Umstand, daß durch die Obertagsverwitterung Eingänge für den Forscher selten offen bleiben, meist sind sie verstürzt oder überdeckt. Im Inneren entwickeln sich in gleicher Weise Schächte und + horizontale Raumfolgen, wie im reinen Kalk. Auch die so oft zitierte grusige Verwitterung tritt im Inneren der betretenen Höhlen nicht auf. Sie ist weitgehend ein Produkt der Obertagsverwitterung. Die Oberflächen der Wände in Höhlen und Schächten sind stärker schuppig und rauh, oft im fließenden Wasser bizarr ausgelaugt, aber dennoch stabil (im Gegensatz zur verwitterten Fläche zutage). Gerade die tiefsten Schächte des Hochschwabs liegen im Dolomit: Der 160 m tiefe Schacht der Nordostgrathöhle (Kat.Nr. 1742/41) in der Eisenerzer Griesmauer, Tafel 14, der über 100 m tiefe Gehartsriesenschacht (Kat.Nr. 1742/27) nordöstlich des Gehartsbachsattels verläuft nach 10 m Tiefe vom Einstieg durch reinen Dolomit. Ein bisher 300 m tiefer Schacht im Hauptdolomitsockel südlich des Fölzsteingipfels (im sogenannten Eisgraben) schließt ein verzweigtes zum Teil horizontales Höhlensystem mit Gerinnen auf. Aber ganz auffällig sind die Schächte am Ostabfall zwischen Fölzstein und Edelspitzen am Fuß der sogenannten Bärmauer gelegen. Der Fölzstein selbst besteht aus weitgehend horizontal gelagerten Dachsteinriffkalken. Den flachgeböschten Sockel zur Fölzalm bildet Hauptdolomit. Gerade an der Knickstelle, am Ansatz der Schräghänge

Nordostgrathöhle (GRIE-Höhle-41)

im Nordostgrat der Eisenerzer Griesmauer, Hochschwab, Steiermark



Seehöhe 1829 m

Gesamtlänge 211 m

max. Horizontaler Streckung 39 m

max. Höhendifferenz 167 m (+6, -161)

Seite	Länge ^m	Richtung [°]	Neigung [°]	Seite	Länge ^m	Richtung [°]	Neigung [°]
1 - 2	6,3	253	- 42	6 - 14	4,6	280	- 65
1 - 3	4,1	277	- 14	14 - 15	5,2	210	- 32
3 - 4	3,3	243	+ 21	15 - 16	3,1	250	- 40
4 - 5	1,8	165	- 2	16 - 17	15,1	250	- 72
5 - 6	2,3	253	- 1	17 - 18	6,0	238	- 20
6 - 7	1,5	305	- 23	17 - 19	26,0	285	+ 60
7 - 8	1,7	242	- 22	19 - 20	8,8	205	- 46
8 - 9	3,2	180	+ 15	20 - 21	30,6	-	- 90
9 - 10	2,1	30	- 70	21 - 22	2,4	292	- 18
10 - 11	2,2	175	+ 34	22 - 23	28,6	330	- 78
11 - 12	2,9	260	0	23 - 24	18,1	-	- 90
11 - 13	2,5	180	+ 15				

Entdeckung am 12.9.1974 W. Morgenbesser

Erforschung und Vermessung:

Eingangsteil: 31.8.1975 H. Hochschorner, W. Morgenbesser, A. Schmied, G. Siebert

Schachtteil: 10.9.1977 F. Forti, G. Handler, W. Morgenbesser, F. Müller, A. Schmied, G. Siebert

(Landesverein f. Höhlenk. in Wien u. Niederösterreich)

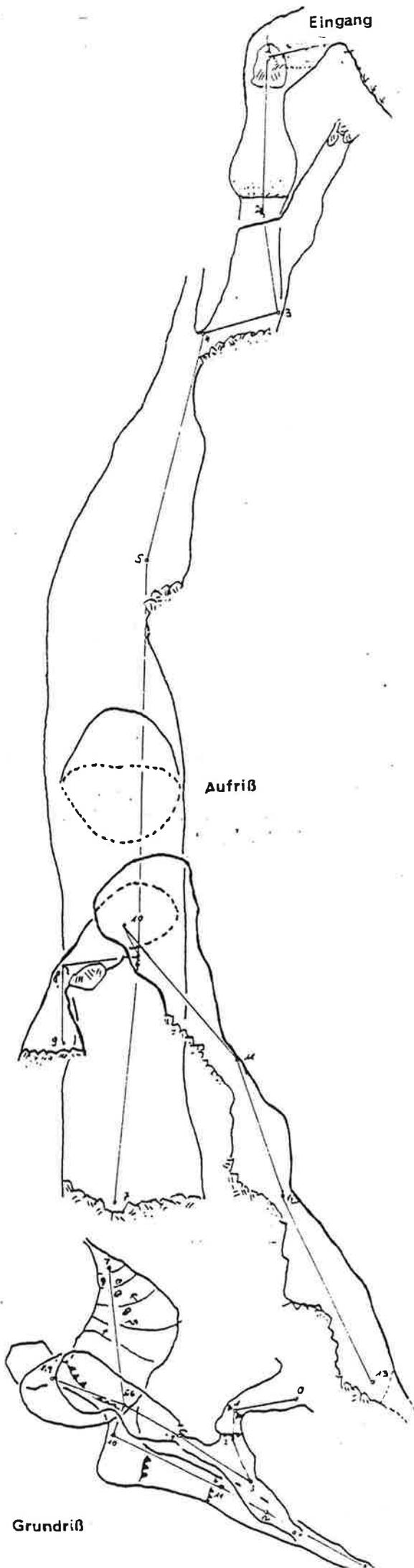
Längsschnitt

M 1:500



Entwurf u. Zeichnung
W. Morgenbesser

-161



0 10 m

Kat. Nr.:		
1745/13	Dohlenschacht Bärmauer, Hochschwab	
verm.:	277.69.	Brandstetter, Ehrenreich, Weissenst.
gez.:	5.8.69.	Weissensteiner
Seehöhe:	m	Verm. Länge: 112,50 m
Max. Hor.:	19,8 m	Max. Niv. Diff.: - 68 m

Grundriß

und Halden, befinden sich die Eingänge zum 90 m tiefen Gortatewiczschacht (Kat.Nr. 1745/6) und zum 70 m tiefen Dohlenschacht (Kat.Nr. 1745/13), Tafel 15. Beide lassen fallweise Wasserführung erkennen und münden in der Tiefe in (ungangbare) eher horizontale Abschnitte.

Z u s a m m e n f a s s u n g :

Die Dolomitgebiete sind verkarstet. Der Formenschatz ist an der Oberfläche gering oder nicht vorhanden. Der Anteil der unterirdischen Entwässerung geringer. Die Hohlraumbildung ist jedoch gegeben.

Anschrift des Verfassers:

Mr. V. Weissensteiner
Liebenauer Hauptstraße 128 a
8041 Graz.

„DIE NIEDERSCHLAGSVERHÄLTNISSE IM SÜDLICHEN
HOCHSCHWABGEBIET

(Auswertung der Meßergebnisse eines Sonder-
netzes zur Niederschlagsbeobachtung)"

von

H.Wakonigg.

Wesen und Struktur des Niederschlagsgeschehens

Das Hochschwabmassiv zählt mit Ausnahme der südlichen Ausläufer und Vorzonen witterungsklimatisch zum **N o r d - s t a u g e b i e t** der Ostalpen, wodurch das Niederschlagsgeschehen zu einem Gutteil durch Stau- (Luv-) und Föhn- (Lee-) Effekte bestimmt wird. Die daraus resultierenden Eigenheiten lassen sich, wie folgt, charakterisieren:

1. Hoher Anteil der Nordstau-Wetterlagen an der Gesamtzahl der Niederschlagstage, bzw. an der Niederschlagsmenge: Von der gesamten Niederschlagsmenge entfallen allein auf die nordalpinen Niederschlagslagen (West-, Nordwest- und Nordströmung nach dem „Ostalpinen Wetterlagensystem“ von F. Lau-scher) im Winter (Dezember bis Feber) 55 bis 50 % (im Raum Graz 15 - 16 %), im gesamten Zeitraum von September bis Mai noch 40 bis 35 % (im Raum Graz 16 - 17 %). Umgekehrt beträgt der Anteil der süd- und südostalpinen Niederschlagslagen (südliche Strömungen, Tiefdruck im Südwesten und im Mittelmeerraum) am Winterniederschlag nur 8 bis 15 % (im Raum Graz über 40 %), am Gesamtniederschlag vom September bis Mai 12 bis 18 % (im Raum Graz über 30 %). In den genannten Spannweiten ist sinngemäß der Unterschied zwischen den nördlichen und südlichen Bereichen des Hochschwabs zu sehen. (Für den Sommer ist eine eindeutige Gliederung der Wetterlagen in bestimmte regionalspezifische Niederschlagslagen nicht möglich).

2. Durch die Wirksamkeit der Nordstaulagen zusätzlich zu den übrigen Niederschlagslagen ist die Gesamtzahl der Niederschlagstage im Jahr relativ hoch und beläuft sich auf wenigstens 130 am Südfuß bis gegen 190 in den Hochzonen (Tagesmengen $\geq 1,0$ mm) bzw. 160 bis über 220 inklusive der Tage mit Mengen zwischen 0,1 und 0,9 mm.

3. Der Jahresgang der Zahl der Niederschlagstage und der Niederschlagsmengen folgt zwar der „ostalpinen Normalform“ mit Sommermaximum und Winterminimum, ist aber sehr ausgeglichen, d.h. von einer Niederschlagsarmut kann in keiner Jahreszeit gesprochen werden, da die nordalpinen Niederschlagslagen in allen Jahreszeiten mit auffallend gleichmäßiger Häufigkeit auftreten, am seltensten noch im Herbst. Eine prozentuelle Aufgliederung der Zahl der Niederschlagstage auf die einzelnen Monate ergibt folgendes Bild:

		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Nordseite	≥ 1,0 mm	7,5	7,5	8,0	8,5	10,0	10,5	10,5	9,5	7,5	6,5	6,5	7,5
und Hochzonen	≥ 0,1 mm	8,0	8,0	8,5	8,5	9,5	9,5	9,5	9,0	7,5	6,5	7,0	8,5
Südseite	≥ 1,0 mm	6,5	7,0	7,5	8,0	10,0	11,0	11,0	10,0	7,5	6,5	7,0	8,0
	≥ 0,1 mm	8,0	8,0	8,0	8,0	10,0	10,5	9,5	9,0	7,0	6,5	7,5	8,0

Demnach sind „Schwachniederschlagstage“ eher ein Charakteristikum des Winterhalbjahres.

Bei den Niederschlagsmengen ist der Jahresgang im Prinzip ähnlich aber akzentuierter, da auch die Niederschlagsdichte (durchschnittliche Menge pro Niederschlagstag) vom Winter zum Sommer zunimmt. Die prozentuelle Aufgliederung der Niederschlagsmengen auf die einzelnen Monate ergibt folgende Verteilung:

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Nordseite:	6,5	6,0	6,0	7,5	9,0	11,0	13,5	12,0	8,5	7,5	6,0	6,5
Südseite:	5,5	5,5	6,0	6,0	10,0	12,0	15,0	12,0	7,5	7,5	6,5	6,5

Im Sinne der Abschwächung der Niederschlagswirksamkeit der nordalpinen Niederschlagslagen auf der Südseite des Hochschwabs verstärkt sich dort auch der Unterschied zwischen winterlichem Niederschlagsminimum und sommerlichem Maximum. Das heißt, daß die Mengenverteilung im Sommer infolge der größeren Bedeutung konvektiver Niederschlagsformen (Gewitter u.ä.) ausgeglichener

ist, während sich im Winter bei überwiegend advektiven Niederschlagsformen (Stau) relativ größere Mengenunterschiede zwischen Nord- und Südseite ergeben. Für die Hochzonen kann ein gegenüber der Nordseite noch ausgeglichenerer Jahresgang erwartet werden.

4. Die Veränderlichkeit der Niederschlagsmengen ist infolge der hohen Gesamtzahl niederschlagsaktiver Wetterlagen allgemein gering, im Süden gleichermaßen wie im Norden. Die Variabilität (relative Standardabweichung in Prozenten) der monatlichen Niederschlagsmengen verteilt sich, wie folgt:

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr
Nord- von	55	64	62	44	40	32	33	31	43	57	52	52	14
seite: bis	59	76	68	56	49	37	38	39	62	63	69	61	18
Süd- von	61	64	57	46	43	32	35	37	48	60	58	55	14
seite: bis	69	70	65	49	46	39	45	47	61	66	61	66	16

Der Sommer bringt somit nicht nur den meisten, sondern auch den sichersten Niederschlag, umgekehrt fallen im Spätherbst und Winter nicht nur die geringsten, sondern auch die unzuverlässigeren Mengen. Demnach sind Dürreperioden im Sommer ganz, Trockenperioden fast unbekannt, längere Trockenperioden (3 bis 5 Wochen) sind eigentlich nur zwischen Oktober und März möglich und selbst dann seltene Ausnahmen. Umgekehrt sind tagelange Niederschlagsperioden in allen Jahreszeiten häufig und üblich, am häufigsten aber im Sommer.

5. Die Niederschlagsstruktur der Einzeltage zeigt überwiegend die Form anhaltend-gleichmäßiger Flächenniederschläge („Landregen“). Schauer- und Gewittertätigkeit sind nur im Sommerhalbjahr von größerer, auf der Nordseite aber immer noch untergeordneter Bedeutung und selbst auf der Südseite weit weniger wichtig als in der Mur-Mürzfurche oder gar im südöstlichen Vorland. Gewitter und lokale Unwetter sind aber durchaus

regelmäßiger Bestandteil der sommerlichen Witterung im Hochschwabgebiet.

6. Ergiebige (Stau-) Niederschläge sind dagegen keineswegs an den Sommer gebunden, sondern eigentlich das ganze Jahr über zu erwarten, am wenigsten noch im Spätherbst und Spätwinter. Durch den großen Einfluß des milden Westwetters sind auch im Winter zum Teil anhaltende Regenfälle bis in mittelhohem Lagen möglich, welche mitunter zu Hochwasserereignissen führen können (Dezember 1961, 1974). Sie wirken sich an der Südseite nur mehr abgeschwächt aus; stärker aber noch in den weit eingreifenden Karstsacktäälern (Jassing, Buchberg, Seetal), welche durchaus noch nordalpine und nicht etwa inneralpine Niederschlagsstruktur aufweisen. So beträgt der hundertjährige Tagesniederschlag in Buchberg noch 190 mm!

7. Die durchschnittlichen Jahresniederschlagsmengen selbst können schließlich als „reichlich“ eingestuft werden. Sie sinken in den Tälern der Nordseite nirgends unter 1400 mm, erreichen zum Teil schon am Bergfuß 1700 mm, während in den Hochzonen über 2000 mm zustandekommen dürften. Am Südfuß gehen sie bis 1000 m zurück, überschreiten aber in den genannten Karstsacktäälern durchwegs 1200 mm.

Auswertungen der Meßergebnisse eines Sondernetzes
zur Niederschlagsbeobachtung

Zur näheren Kenntnis der Niederschlagsverhältnisse im südlichen Hochschwabgebiet wurde vom Amt der Steiermärkischen Landesregierung (Referat für wasserwirtschaftliche Rahmenplanung) ein Sondernetz von Stationen zur Registrierung der Niederschläge installiert. Bei den Geräten handelt es sich um beheizte Selbstschreiber, die nach dem Schwimmerprinzip arbeiten, bei einer Umlaufzeit der Registriertrommel von einem Monat, bzw. nach einer Woche. Die ersten Geräte wurden 1971 installiert, weitere in den Jahren danach.

Es sind dies die Stationen:

- | | | | |
|-----|-----------------------|----------|------|
| 1.) | Seeau 660 m, | Juli | 1974 |
| 2.) | Seewiesen 960 m, | Juni | 1971 |
| 3.) | Schwabenbartl 820 m, | August | 1971 |
| 4.) | Bodenbauer 980 m, | Mai | 1971 |
| 5.) | Sonnschienalm 1520 m, | November | 1976 |
| 6.) | Neuwaldalm 1260 m, | Juni | 1974 |
| 7.) | Jassingalm 890 m, | Juni | 1971 |
| 8.) | Tragöß(II) 780 m, | Dezember | 1972 |

Die Reihung erfolgt hydrographisch, die angegebenen Monate bezeichnen den ersten Monat mit vollständiger Aufzeichnung, die Installierung der Geräte erfolgte aber meist schon innerhalb des Vormonats, welcher aber durchwegs nicht mehr mitbearbeitet wurde. Die Bearbeitung des Beobachtungsmaterials erfolgte nach Möglichkeit jeweils bis zum Jahresende 1977.

Das Beobachtungsmaterial:

Die Registrierstreifen der Selbstschreiber wurden bereits im Referat für wasserwirtschaftliche Rahmenplanung ausgewertet und die einzelnen Tagesniederschläge und Monatssummen (soweit vorhanden) in Monatsbögen zusammengefaßt. Etliche Registrierstreifen mußten aber im Zuge dieser Arbeit neu ausgewertet werden, da noch keine Auswertungen vorlagen.

Prüfung des Beobachtungsmaterials:

Zur Prüfung des Beobachtungsmaterials wurden die Angaben der benachbarten Stationen der amtlichen Netze (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik in Wien: MEZ bzw. der Hydrographischen Abteilung der Steiermärkischen Landesregierung, Hydrographie) herangezogen. Dabei wurden vorerst von allen in Frage kommenden Stationen sämtliche Werte der Tagesniederschläge und Monatssummen zwischen Mai 1971 und Dezember 1977 in übersicht-

liche Listen zusammengeschrieben, um einen direkten Vergleich mit den Werten des Sondernetzes zu ermöglichen.

Die verwendeten amtlichen Stationen sind:

1.) Eisenerz (MEZ),	737 m
2.) Gollrad (Hydr.),	880 m
3.) Weichselboden (Hydr.),	680 m
4.) Wildalpen (Hydr.),	610 m
5.) Präbichl (MEZ),	1227 m
6.) Aflenz (Hydr.),	780 m
7.) Bürgeralpe (Hydr.),	1500 m
8.) Buchberg (Hydr.),	380 m
9.) Tragöß (Hydr.),	770 m

Die Werte des Präbichls waren allerdings nur teilweise verwendbar. Die Gesamtsumme der zum Vergleich erhobenen Tagesniederschläge beläuft sich auf ungefähr 8000 - 9000.

Der erste Schritt der Prüfung war ein direkter Vergleich der Tagesniederschläge einer Station des Sondernetzes mit jenen der 8 bis 9 Stationen des amtlichen Netzes. Ausgesprochen vorteilhaft war dabei die Tatsache, daß einerseits die Stationsdichte im Beobachtungsgebiet relativ groß ist, andererseits auch die einzelnen Niederschlagsereignisse flächenhaft eine hohe Übereinstimmung zeigen, d.h. ein „Regentag“ ist meist im gesamten Hochschwabgebiet ein Regentag; noch sicherer ist aber die Niederschlagsfreiheit im gesamten Gebiet bei regenfreien Tagen (Schönwetterlagen). So konnten schon im ersten Vergleich zweifelhafte Werte erkannt und ein Versuch ihrer Korrektur unternommen werden.

Die Angaben des Sondernetzes wurden grundsätzlich dann als richtig erachtet, wenn die einzelnen Tagesniederschläge datumsmäßig mit jenen der Stationen des amtlichen Netzes so gut wie vollkommen übereinstimmten, bzw. auch mengenmäßig in eine sinnvolle Re-

lation zu bringen waren. Diese hohe Übereinstimmung schwächt sich aus meteorologischen Gründen (singuläre Gewitterniederschläge) im Sommer etwas ab.

Wenn eine befriedigende Übereinstimmung nicht zu erkennen war, wurden die Angaben des Sondernetzes grundsätzlich als zweifelhaft, bzw. falsch erachtet, worauf entsprechende Korrekturen erfolgten. Als häufigste Fehlerquellen seien genannt:

1. Ausfall einiger Tagesniederschläge bzw. ganzer Monatsreihen auf Grund verschiedener Defekte an den Geräten. Meist wurden diese Defekte an den Registrierstreifen selbst vermerkt, sie sind verschiedentlich so häufig, daß es zu einer empfindlichen Einschränkung der Beobachtungsqualität kommen mußte. Als häufigste seien genannt: Defektes Uhrwerk (Trommel dreht sich nicht weiter). Ausfall der Heizung (Einfrieren des Gerätes). Verstopfung des Zulaufes. Beschädigung durch äußere Einwirkung (Vieh?). Abhebung funktioniert nicht (Ausfall des Motors). Registrierblatt löst sich von der Trommel, keine Aufzeichnungen, u.a. Da einerseits eine Weiterführung der Beobachtungen nur sinnvoll erscheint, wenn lückenlose Aufzeichnungen vorliegen, andererseits gerade in Höhenlagen über der Siedlungsgrenze eine Verdichtung des Beobachtungsnetzes wichtig wäre, erscheint jeder Versuch gerechtfertigt, durch Verbesserungen an den Geräten Fehlerquellen auszuschalten.

2. Mangelhafte Auswertung der Registrierstreifen. Dieser Vorwurf ist nur in äußerst seltenen Fällen zu erheben, die überwiegende Zahl der Streifen wurde gewissenhaft und genau ausgewertet, „übersehene“ oder falsch ausgewertete Niederschläge sind zufällige Ausnahmen und konnten rasch korrigiert werden.

3. Mangelnde Übereinstimmung auf Grund unterschiedlicher Ablesetermine. Dieser Punkt ist eigentlich das Hauptproblem bei

der Korrektur, obwohl hier keine bewußten Fehler gemacht wurden. Eine nähere Erläuterung ist hier angebracht: Die Registrierung der Niederschläge an den Stationen der amtlichen Netze erfolgt ausnahmslos zum 7 Uhr-Termin, wobei der gemessene Wert unter der Annahme, daß im allgemeinen der überwiegende Teil des Niederschlags am Vortag gefallen sein muß, auch datumsmäßig dem Vortag zugerechnet wird, selbst wenn durch Beobachtung sichergestellt ist, daß es nur zwischen Mitternacht und 7 Uhr, d.h. am Datum des Ablesetermins geregnet hat. Diese konsequente Vorgangsweise allein ermöglicht schließlich auch den Vergleich der Mengen verschiedenster Stationen untereinander. Es sei hier interessehalber noch vermerkt, daß der Niederschlag in den meisten Nachbarstaaten Österreichs dem Datum des Ablesetermins (7 Uhr) zugeordnet wird, was einen strengen Vergleich österreichischer Monatssummen mit jenen von z.B. Italien oder Jugoslawien eigentlich gar nicht erlaubt.

Demgegenüber erfolgte die Auswertung der Registrierstreifen konsequent von Null bis 24 Uhr (was ja eigentlich der richtige Weg wäre), wodurch eine Vergleichbarkeit mit den Werten der amtlichen Netze nicht mehr gegeben ist. Im Extremfall, d.h. wenn es nur zwischen Null und 7 Uhr geregnet hat, findet sich der Wert bei den amtlichen Stationen am Vortag, bei jenen des Sondernetzes am wirklichen Regentag (d.h. einen Tag später als bei der amtlichen Station) eingetragen. Diese Verschiebung bleibt innerhalb eines Monats für die Monatssumme belanglos, wird aber entscheidend, wenn es sich um Niederschläge an der Wende zweier Monate handelt. In erster Überlegung erscheint eine 7-Stunden-Differenz für die Monatssummen belanglos, doch gab es gerade im genannten Beobachtungszeit kaum mehrere Fälle, an denen gerade an der Monatswende ergiebige Stark- und Dauerregen zu verzeichnen waren. Die wichtigsten Ereignisse waren im Mai/Juni 1974, Juni/Juli 1975 und Juli/August 1977, wobei bis

zu 50 mm (!) in den 7 Stunden zwischen Null und 7 Uhr des ersten Tages des Folgemonats gefallen sind und entsprechend zum Vormonat zurückgerechnet wurden. Wie sehr dadurch die Vergleichbarkeit mit den Werten der amtlichen Netze leidet, bzw. verbessert wird, liegt bei dem genannten Wert auf der Hand. Kleinere Mengen wurden dagegen recht häufig zurückgerechnet, daraus erklärt sich auch die große Zahl der „aus Tageswerten korrigierten“ Monatsmengen in den folgenden Tabellen.

Korrektur des Beobachtungsmaterials: Entsprechend den genannten Mängeln war häufig schon eine Korrektur „aus Tageswerten“ möglich. Dabei wurden drei Wege begangen: Zum ersten wurden kurze Lücken (meist nur wenige fehlende Tage mit geringem Niederschlag) mit Hilfe von Nachbarstationen durch geschätzte Werte ergänzt. Dieser Weg wurde meist dann beschränkt, wenn ein überwiegender Großteil der Niederschlagstage insbesondere mit hohen Mengen genau erfaßt worden war und man sicher gehen konnte, daß mit der Ergänzung der fehlenden Werte durch Schätzwerte geringer Größe kaum nennenswerte Fehlerquellen in Kauf genommen werden mußten. Damit konnte vor allem der Wert der vorhandenen Angaben erhalten, und mancher Monat „gerettet“ werden.

Zweitens wurden (seltene) Fehlauswertungen durch Nachkontrollieren der Registrierstreifen korrigiert, und schließlich wurden zahlreiche Monatssummen durch Zurückrechnen der zwischen Null und 7 Uhr des ersten Monatstages gefallen Niederschlagsmengen auf den letzten Tag des Vormonats neu berechnet.

Ergänzung von fehlenden Monatssummen: Bei zu großen Lücken oder ganz fehlenden Angaben wurden die Monatssummen als grundsätzlich falsch oder nicht vorhanden gewertet, ihre Berechnung (Ergänzung) erfolgte mit Hilfe von Nachbarstationen der amtlichen Netze: Dabei wurden zuerst alle einwandfreien und nach

Tageswerten korrigierten Monatssummen einer Station des Sondernetzes getrennt nach den vier Jahreszeiten (Winter = Dez., Jän., Feb.; Frühling = März, April, Mai etc.) mit den entsprechenden Monatssummen der 8 Stationen des amtlichen Netzes auf Gleichsinnigkeit der Abweichungen verglichen, um jene Station der amtlichen Netze festzustellen, mit welcher der beste Gleichklang herrscht. Dabei war die Station mit der besten Übereinstimmung nicht unbedingt die nächstgelegene, auch wechselten die Stationen mit der besten Übereinstimmung häufig je nach Jahreszeit. Die Übereinstimmung wurde durch Berechnung der linearen Korrelationskoeffizienten in einer mathematisch objektiven Form ausgedrückt. Die amtliche Station mit dem höchsten Korrelationskoeffizienten wurde schließlich zur Ergänzung der fehlenden Monatssummen der jeweiligen Station des Sondernetzes herangezogen, wobei die Berechnung des fehlenden Wertes nur durch lineare Regression erfolgte. Die einzelnen Korrelationskoeffizienten, bzw. Formen der Regressionsgeraden werden ergänzend mitgeteilt.

Ergebnisse der Korrekturen und Ergänzungen:

1.) Station Seeau 660 m (Se.), Beobachtungsbeginn: Juli 1974.

Die erste Zeile der Monatssummen eines Jahres gibt die vom Referat für wasserwirtschaftliche Rahmenplanung mitgeteilte Monatssumme an, Zahlen in Klammern sind zweifelhaft oder falsch, fehlende Werte werden durch einen kurzen Querstrich gekennzeichnet.

In der zweiten Zeile stehen die letztlich für die weitere Bearbeitung verwendeten Monatssummen; ohne weitere Kennzeichnung sind die als richtig übernommenen (und aufgerundeten) Werte; mit Sternchen gekennzeichnet sind die aus Tageswerten korrigierten, und unterstrichen sind die durch Regression ergänzten Werte.

zu l.) Station Seeau 660 m (Se.), Beobachtungsbeginn: Juli 1974

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr
1974	.	.	.	.	.	.	171,2	(102,4)	(77,2)	(96,2)	(82,0)	(325,2)	.
	.	.	.	.	.	.	171	122*	81*	102*	114*	342*	.
1975	(100,7)	24,9	106,1	(131,6)	(104,4)	(176,5)	(290,3)	101,9	33,7	49,3	(51,2)	(48,9)	
	116*	25	106	135*	101*	211*	256*	102	34	49	54*	46*	1235
1976	292,1	(13,0)	-	61,3	(118,0)	(146,5)	(179,8)	(162,7)	(169,3)	50,8	153,7	(71,4)	
	293	12*	16	61	164*	142*	183*	167*	162*	51	154	69*	1474
1977	58,8	123,6	113,5	135,8	78,2	142,0	(136,6)	(228,7)	(60,9)	-	(97,1)	(58,4)	
	59	124	114	136	78	142	191*	175*	62*	51	88*	106*	1326
Mittel:	156,0	53,7	78,7	110,7	114,3	165,0	200,3	141,5	84,8	63,3	102,5	140,8	1411,6

Von 42 Monatssummen konnten 16 ohne Korrektur übernommen werden, 24 wurden nach Tageswerten korrigiert und nur zwei (März 1976 und Oktober 1977) fehlten und wurden ergänzt. Zu beachten wäre noch die Korrektur der Monate Juni/Juli 1975 und Juli/August 1977, die nur auf Grund der 7-Stunden-Differenz erfolgte. Die Summen beider Monate stimmen aber jeweils überein.

Korrelationskoeffizienten zwischen den Monatssummen von Seeau und jenen benachbarter amtlicher Stationen: Eisenerz = Ei, Gollrad = Go, Weichselboden = We, Wildalpen = Wi, Aflenz = Af, Bürgeralpe = Bü, Buchberg = Bu, Tragöß = Trag.

	Winter (10 Monate)	Frühjahr (8 Monate)	Sommer (11 Monate)	Herbst (11 Monate)
Ei	0,996	0,826	0,799	<u>0,962</u>
Go	0,976	0,760	0,862	0,842
We	0,992	<u>0,930</u>	0,754	0,887
Wi	<u>0,997</u>	<u>0,894</u>	0,877	0,956
Af	0,960	0,252	0,616	0,658
Bü	0,964	0,275	0,596	0,658
Bu	0,988	0,628	<u>0,885</u>	0,817
Trag	0,984	0,700	0,606	0,872

Grundsätzlich ist zu bemerken, daß die Übereinstimmung im Winter am höchsten ist, in der wärmeren Jahreshälfte aber am geringsten.

Das hat einerseits meteorologische Ursachen, denn im Winter sind flächenhaft-gleichförmige Niederschläge, im Sommerhalbjahr eher singulär-punktförmige zu erwarten; andererseits statistische, denn hohe Korrelationskoeffizienten sind u.a. an hohe Streuungen (Standardabweichungen) geknüpft. Die Streuung

ist in allen Fällen (Stationen) im Winter am größten, hingegen ist sie im Herbst (zufällig) sehr gering gewesen, wodurch sich trotz des Vorherrschens flächenhaft-gleichförmiger Niederschläge im Herbst eher mäßige Übereinstimmungen errechnen lassen.

Auffallend ist auch, daß die Übereinstimmung nur im Herbst mit der nächstgelegenen Station (Eisenerz) am höchsten ist, im Winter und Frühjahr sogar mit Stationen nördlich des Hochschwabs; hat doch die Seeau durchaus noch nordalpine (Stau-) Niederschlagsstruktur.

Die Nachbarstationen mit der höchsten Übereinstimmung wurden auch für die Regressionsrechnung, bzw. Reduktion auf langjährigen Zeitraum herangezogen, eine Ausnahme bildet nur das Frühjahr, wo Weichselboden wohl zur Reduktion, nicht aber zur Regression herangezogen wurde, da sich zwischen Seeau und Weichselboden eine ungünstige Regressionsgerade mit negativen (!) Ergänzungswerten für die Seeau ergeben hat.

Die Formen der Regressionsgeraden sind:

Frühjahrsmonate:

$$W_i = X, \quad S_e = Y$$

$$Y = 4,5840 + 0,9666 X$$

Herbstmonate:

$$E_i = X, \quad S_e = Y$$

$$Y = 3,9766 + 1,2343 X$$

Von 79 Monatssummen wurden 34 als richtig übernommen, 32 wurden korrigiert und nur 13 mußten ergänzt werden, wodurch Seewiesen wie die Seeau noch zu den verlässlichsten Stationen zählt.

Korrelationskoeffizienten zwischen den Monatssummen von Seewiesen und jenen benachbarter amtlicher Stationen:

	Winter (16 Monate)	Frühjahr (16 Monate)	Sommer (19 Monate)	Herbst (17 Monate)
Ei	0,958	0,936	0,875	0,844
Go	0,963	0,945	0,874	<u>0,883</u>
We	0,969	<u>0,958</u>	0,808	0,775
Wi	0,967	0,882	0,833	0,750
Af	0,977	0,861	0,748	0,873
Bü	0,954	0,886	0,906	0,781
Bu	<u>0,992</u>	0,897	<u>0,920</u>	0,861
Trag	0,989	0,934	0,833	0,861

Die Formen der Regressionsgeraden sind:

Wintermonate:

$$\text{Bu} = X, \text{ Seew.} = Y$$

$$Y = -11,3952 + 1,1130 X$$

Frühjahrsmonate:

$$\text{We} = X, \text{ Seew.} = Y$$

$$Y = -2,1061 + 0,9010 X$$

Sommermonate:

$$\text{Bu} = X, \text{ Seew.} = Y$$

$$Y = 39,5983 + 0,7830 X$$

Herbstmonate:

$$\text{Go} = X, \text{ Seew.} = Y$$

$$Y = 7,2189 + 0,8983 X$$

3.) Station Schwabenbartl 820 m (Schw.), Beobachtungsbeginn: August 1971.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr
1971	.	.	.	.	.	.	.	(102,4)	42,2	26,3	-	(112,7)	.
	.	.	.	.	.	.	.	104*	42	26	<u>47</u>	112*	.
1972	26,2	29,7	(18,1)	131,8	(121,5)	(110,4)	220,3	-	102,3	-	32,0	3,0	
	26	30	<u>27</u>	132	<u>172</u>	126*	220	<u>86</u>	102	<u>47</u>	32	3	1010
1973	(45,9)	(47,7)	(24,5)	(35,5)	42,3	(169,7)	(39,2)	(29,8)	(116,6)	39,3	-	(67,7)	
	48*	<u>63</u>	<u>33</u>	40*	42	189*	42	74	119*	39	<u>72</u>	106*	874
1974	-	-	-	(33,8)	(78,6)	(135,0)	(124,4)	(107,4)	63,2	54,6	57,8	-	
	<u>153</u>	<u>37</u>	<u>58</u>	44*	72	138*	119*	108*	63	55	58	<u>241</u>	1146
1975	-	-	-	-	(127,9)	(100,5)	(175,3)	91,6	22,2	38,9	49,8	49,6	
	<u>105</u>	<u>14</u>	<u>101</u>	<u>72</u>	101*	151*	173*	92	22	39	50	50	970
1976	-	-	-	51,3	-	-	-	-	-	-	94,0	59,2	
	<u>213</u>	<u>15</u>	<u>16</u>	51	<u>125</u>	<u>40</u>	<u>137</u>	<u>63</u>	<u>78</u>	<u>73</u>	94	59	964
Mittel:	109,0	31,8	47,0	67,8	103,8	128,8	138,2	87,8	71,0	46,5	60,0	95,2	986,9

I III I

Vom Jahr 1977 stehen keine Aufzeichnungen zur Verfügung.

Von 65 Monatssummen wurden nur 22 als richtig übernommen, 17 wurden korrigiert, aber 26 ergänzt, wodurch die Station Schwabenbartl zu den unzuverlässigsten zählt.

Darüber hinaus erscheinen die vorhandenen Werte auffallend niedrig.

Korrelationskoeffizienten zwischen den Monatssummen der Station Schwabenbartl und jenen benachbarter amtlicher Stationen:

	Winter (8 Monate)	Frühjahr (7 Monate)	Sommer (11 Monate)	Herbst (13 Monate)
Ei	<u>0,977</u>	0,818	0,898	0,903
Go	0,965	0,941	0,851	0,892
We	0,832	0,830	0,875	0,816
Wi	0,958	0,653	0,910	0,707
Af	0,925	0,956	<u>0,916</u>	<u>0,958</u>
Bü	0,886	0,939	0,901	0,908
Bu	0,975	0,863	0,875	0,942
Trag	0,961	<u>0,967</u>	0,842	0,928

Regression:

Wintermonate:

(Ei = X, Schw. = Y)

$$Y = 3,9632 + 0,7935 X$$

Frühjahrsmonate:

(Trag=X, Schw. = Y)

$$Y = 12,9576 + 0,7718 X$$

Sommermonate:

(Af = X, Schw. = Y)

$$Y = 10,0508 + 0,9471 X$$

Herbstmonate:

$$(Af = X, Schw. = Y)$$

$$Y = 6,9420 + 0,8419 X$$

4.) Station Bodenbauer 980 m (Bo), Beobachtungsbeginn:
Mai 1971.

Diese Station ist die problematischste des ganzen Netzes, da die Angaben spätestens ab 1976, zum Teil aber schon ab 1974 um einen unbekanntem Betrag viel zu hoch ausfallen.

Zudem standen keine Registrierstreifen zur Verfügung, wodurch die Angaben nicht kontrolliert werden konnten.

Eine Kontrolle erfolgte nur anhand der Tageswerte der 8 amtlichen Stationen, wodurch sich eine gewisse Verlässlichkeit abschätzen ließ. Darüber hinaus waren die Datumsangaben der Niederschläge überwiegend völlig falsch bzw. verwirrend, was eine sinnvolle Korrektur meist ausschloß.

Es wurde daher notgedrungen so vorgegangen, daß Monatssummen, deren Höhe im Vergleich mit Nachbarstationen als „einigermaßen sinnvoll“ gelten konnten, ohne Kontrolle der Tageswerte „mit Vorbehalt“ in die Berechnungen aufgenommen wurden. Solche Werte werden auch in der zweiten Zeile in Klammer gesetzt.

Eine Zusicherung für deren Richtigkeit kann indessen nicht gegeben werden.

Zum Vergleich wurden auch die viel zu hohen Werte der genannten Jahre, sowie die mittels Regression errechneten „richtigen“ (d.h. vermutlich zu erwartenden) dargestellt, um die Fehlergröße zu veranschaulichen. Die Berechnung von Durchschnittten erfolgte allerdings nur bis inklusive 1974.

zu 4.) Station Bodenbauer 980 m (Bo), Beobachtungsbeginn: Mai 1971.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr
1971	.	.	.	.	(34,0)	(94,0)	(64,0)	(74,0)	91,0	56,0	(47,0)	162,0	.
	.	.	.	.	<u>77</u>	<u>192</u>	<u>108</u>	<u>104</u>	(91)	53	<u>22</u>	(162)	.
1972	31,0	(43,0)	17,0	174,0	237,0	-	304,0	(97,0)	(38,0)	96,0	50,0	3,0	
	31	(43)	17	(174)	(237)	<u>127</u>	(304)	<u>96</u>	<u>181</u>	(96)	(54)	3	1363
1973	78,1	39,8	40,2	74,0	62,0	255,0	77,0	156,0	(135,0)	68,0	192,8	(98,0)	
	78	(40)	(40)	74	62	255	77	156	<u>242</u>	68	193	<u>127</u>	1415
1974	(291,1)	(92,9)	51,7	(47,8)	(349,5)	-	(162,8)	(34,8)	(108,7)	126,0	115,5	(602,0)	
	<u>197</u>	<u>38</u>	52	60*	<u>133</u>	<u>240</u>	<u>152</u>	<u>21</u>	<u>77</u>	126	116	361	1650
Mittel:	102,0	40,3	36,3	102,7	127,3	203,5	162,0	111,8	97,8	85,8	113,8	163,3	1346,6
1976	(672,0)	(91,0)	17,0	(125,0)	(399,0)	.	(305,5)	(219,5)	(257,5)	.	.	.	.
	<u>330</u>	<u>30</u>	17	<u>58</u>	<u>113</u>	.	<u>161</u>	<u>27</u>	<u>173</u>	.	.	.	.
1977	(22,7)	(221,2)	(282,0)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	<u>62</u>	<u>22</u>	<u>86</u>										

114

Von 44 Monatssummen bis Ende 1974 wurden 15 als richtig, 10 mit Vorbehalt als richtig übernommen, eine wurde korrigiert und 18 ergänzt.

Dadurch zählt diese Station zu den unzuverlässigeren.

Korrelationskoeffizienten zwischen den Monatssummen der Station Bodenbauer und jenen benachbarter amtlicher Stationen:

	Winter (6 Monate)	Frühjahr (9 Monate)	Sommer (4 Monate)	Herbst (8 Monate)
Ei	0,931	0,970	0,901	0,882
Go	0,748	0,971	0,964	0,911
We	0,910	<u>0,991</u>	0,947	0,912
Wi	0,858	0,928	<u>0,983</u>	0,942
Af	0,846	0,976	0,951	0,896
Bü	0,683	0,970	0,867	0,655
Bu	<u>0,959</u>	0,988	0,837	<u>0,955</u>
Trag	0,946	0,984	0,837	0,901

Regression:

Wintermonate:

(Bu = X, Bo = Y)

$$Y = - 7,6242 + 1,0327 X$$

Frühjahrsmonate:

(We = X, Bo = Y)

$$Y = 1,6245 + 0,8315 X$$

Sommermonate:

(Wi = X, Bo = Y)

$$Y = - 44,8107 + 1,1426 X$$

Herbstmonate:

(Bu = X, Bo = Y)

$$Y = - 1,4865 + 1,4601 X$$

5.) Station Sonnschienalpe 1520 m (So)

Von der Station Sonnschienalpe, welche 1976 erstmals in Betrieb gegangen war, konnten nur vier brauchbare Monatssummen gewonnen werden.

Es sind dies:

1977:	Sept.	107 mm
	Okt.	58 mm
	Nov.	68 mm
	Dez.	91 mm

1979 wurde die Station in verbesserter Form neu eingerichtet.

6.) Station Neuwaldalm 1260 m (Neu), Beobachtungsbeginn:
Juni 1974.

Die Tabelle folgt auf nachfolgender Seite.

Nach einer 47-monatigen Beobachtungszeit standen nur 19 brauchbare Registrierstreifen zur Verfügung. Davon waren nur 7 ausgewertet, wovon 2 Werte korrigiert wurden.

Die übrigen 12 mußten neu ausgewertet werden.

Die Zahl von nur 19 vorhandenen Monatssummen (davon nur eine im Winter und zwei im Frühjahr) verbieten eine zielführende Ergänzung bzw. Reduktion auf einen langjährigen Zeitraum.

Die vorhandenen Werte werden nur mehr zur Abschätzung der vertikalen Niederschlagszunahme herangezogen.

zu 6.) Station Neuwaldalm 1260 m (Neu), Beobachtungsbeginn: Juni 1974.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr
1974	-	185*	194*	119*	124*	-*	-	.
	334*					90*	.	.
1975	-	43,0	-	-	.	.
	127*	43	78*	85*	.	.	.
1976	75,4	.	.	.
	75	.	.	.
1977	.	143,9	156,3	.	97,1	(104,3)	(114,2)	-	-	-	.	.	.
	.	144	156	.	97	113*	221*	124*	75*	45*	.	.	.

7.) Station Jassingalm 890 m (Jass.), Beobachtungsbeginn: Juni 1971.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr
1971	.	.	.	.	.	186,1	(79,8)	124,5	91,4	-	-	-	-
	.	.	.	.	.	186	104*	125	91	52	73	142	
1972	-	-	-	-	226,8	131,5	239,2	160,6	(121,4)	(44,6)	53,1	5,3	
	<u>27</u>	<u>34</u>	<u>17</u>	<u>133</u>	227	132	239	161	<u>91</u>	<u>81</u>	53	5	1200
1973	(49,1)	-	(27,4)	39,7	66,8	(340,2)	49,5	(100,3)	128,6	(67,3)	(119,5)	(37,8)	
	<u>76</u>	<u>52</u>	<u>38</u>	40	67	364*	50	102*	129	73*	<u>130</u>	<u>120</u>	1241
1974	173,8	36,6	(58,0)	44,2	(166,2)	(188,6)	(126,0)	141,0	(74,6)	77,2	(117,0)	(268,8)	
	174	37	62*	44	178*	177	126	141	75*	77	<u>85</u>	<u>340</u>	1516
1975	(58,4)	11,8	119,0	101,6	111,0	(202,4)	(257,9)	88,8	-	55,2	(17,8)	(43,2)	
	93*	12	119	102	111	222*	238*	89	32	55	<u>58</u>	<u>43</u>	1181
1976	321,8	35,4	5,5	50,8	(112,4)	(115,5)	(157,6)	(123,1)	(73,8)	60,0	117,4	(64,5)	
	322	35	6	51	155*	73*	159*	121*	<u>111</u>	60	117	70*	1280
1977	(18,1)	(72,5)	96,9	(45,4)	-	-	-	-	56,9	-	(33,7)	-	
	<u>59</u>	83*	97	<u>88</u>	<u>58</u>	<u>87</u>	<u>195</u>	<u>172</u>	57	32*	60*	74	1069
Mittel:	125,2	42,2	56,5	76,3	132,7	177,3	158,7	131,1	84,7	61,4	82,3	113,4	1241,8

Von 79 Monatssummen wurden 33 als richtig übernommen, 19 wurden korrigiert und 27 mußten ergänzt werden.

Korrelationskoeffizienten zwischen den Monatssummen der Station Jassingalm und jenen benachbarter amtlicher Stationen:

	Winter (10 Monate)	Frühjahr (15 Monate)	Sommer (18 Monate)	Herbst (12 Monate)
Ei	0,958	0,875	0,957	<u>0,934</u>
Wi	0,965	0,837	0,835	0,839
Af	0,961	0,823	0,835	0,801
Bü	0,898	0,889	0,874	0,688
Bu	<u>0,995</u>	<u>0,946</u>	<u>0,959</u>	0,808
Trag	0,994	0,926	0,941	0,928

Regression:

Wintermonate:

(Bu = X, Jass. = Y)

$$Y = -5,3511 + 0,9675 X$$

Frühjahrsmonate:

(Bu = X, Jass. = Y)

$$Y = -1,5092 + 0,8536 X$$

Sommermonate:

(Bu = X, Jass. = Y)

$$Y = 3,2307 + 0,9430 X$$

Herbstmonate:

(Ei = X, Jass. = Y)

$$Y = 24,0379 + 0,6891 X$$

8.) Station Tragöß 780 m (Tr. II), Beobachtungsbeginn: Dezember 1972.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr
1972	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	(0,3)	•
	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1	•
1973	(42,0) 43*	(34,3) 42*	19,7 20	(28,5) 37*	(42,8) 53*	257,5 258	39,6 40	92,7 93	(101,2) 112*	55,4 56	101,0 101	(93,1) 95*	950
1974	(154,8) 156*	28,7 29	47,4 48	(23,8) 25*	(99,5) 100*	(144,3) 141*	84,5 85	131,8 132	61,1 61	- 49*	- 77*	- 258*	1161
1975	97,8 98	5,9 6	101,7 102	69,3 69	112,7 113	145,9 146	189,1 189	71,9 72	21,3 21	36,0 36	45,0 45	30,8 31	928
1976	(241,7) 246*	21,9 22	1,5 2	34,7 35	(102,7) 140*	(73,5) 61*	- 110*	(66,7) 76*	(94,8) 87*	46,7 47	72,0 72	55,5 56	954
1977	-	-	96,8	89,2	68,8	(64,0) 70*	-	(94,3) 59*	(40,7) 41	13,4 13	43,6 44	- 70	800
Mittel:	118,4	32,8	53,8	51,0	95,0	135,2	111,6	86,4	64,4	40,2	67,8	85,2	941,8

Von 61 Monatssummen wurden 35 als richtig übernommen, 22 wurden korrigiert und nur 4 ergänzt. Damit erweist sich diese Station als im Betrieb recht zuverlässig, obwohl die Werte wie beim Schwabenbartl etwas zu gering erscheinen.

Korrelationskoeffizienten zwischen den Monatssummen der Station Tragöß (II) und jenen benachbarter amtlicher Stationen:

	Winter (14 Monate)	Frühjahr (15 Monate)	Sommer (14 Monate)	Herbst (15 Monate)
Ei	0,991	0,844	0,940	<u>0,958</u>
Go	0,955	-	-	-
We	0,958	-	-	-
Wi	0,980	-	-	-
Af	0,966	0,891	0,870	0,890
Bü	0,942	-	-	-
Bu	0,991	0,967	0,876	0,910
Trag	<u>0,997</u>	<u>0,976</u>	<u>0,970</u>	0,920

Regression:

Wintermonate:

(Trag = X,
Tr. II = Y)

$$Y = -8,5082 + 1,0001 X$$

Sommermonate:

(Trag = X,
Tr. II = Y)

$$Y = 11,4802 + 0,7982 X$$

Reduktion auf einen einheitlichen Beobachtungszeitraum:

Wie schon aus den Tabellen hervorgeht, zeigen sich die Niederschlagsmengen in den kurzen Beobachtungszeiträumen noch

viel zu starken Zufälligkeiten unterworfen, wodurch ihr Anschluß an langjährige Beobachtungen für gesicherte Aussagen unumgänglich wird.

Die Reduktion erfolgte nach der bewährten und bekannten „Quotientenmethode“, wobei dieser die Vorstellung zugrunde liegt, daß das Verhältnis der Niederschlagsmittelwerte aus einem kurzen Beobachtungszeitraum zu einem langen mit jenem einer geeigneten Nachbarstation übereinstimmt.

Der gesuchte (langjährige) Durchschnitt ist demnach mit Hilfe einer einfachen Verhältnisrechnung (Proportion) zu gewinnen.

Voraussetzung dafür ist eine geeignete Nachbarstation, bei der sowohl die kurzjährigen als auch langjährigen Mittel bekannt sind.

Als solche können wieder die Stationen des amtlichen Netzes herangezogen werden.

Die Prüfung nach bester Eignung einer Nachbarstation erfolgte wieder durch lineare Korrelationskoeffizienten, welche in den vorherigen Tabellen bereits ausgewiesen sind.

Die unterstrichenen Werte stehen dort bei den zur Reduktion herangezogenen Hilfsstationen.

Zur Erreichung größerer Genauigkeit erfolgte die Reduktion monatsweise, die langjährigen mittleren Jahressummen wurden nicht durch Reduktion der Jahressummen, sondern durch Addition der reduzierten Monatsmittel erhalten.

In der folgenden Tabelle finden sich unter den auf den Zeitraum von 1901 - 1970 reduzierten Monatsmitteln auch die zur Reduktion verwendeten Hilfsstationen angegeben.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr
1) Seeau	78	86	91	105	132	157	176	159	144	136	103	78	1445
	Wi	Wi	We	We	We	Bu	Bu	Bu	Ei	Ei	Ei	Wi	
2) Seewiesen	77	69	72	94	117	145	171	158	115	107	87	75	1287
	Bu	Bu	We	We	We	Bu	Bu	Bu	Go	Go	Go	Bu	
3) Schwabenbartl	66	66	64	70	83	110	126	112	68	70	57	74	966
	Ei	Ei	Trag	Trag	Trag	Af	Af	Af	Af	Af	Af	Ei	
4) Bodenaubauer	72	56	63	95	130	147	187	137	102	126	102	76	1293
	Bu	Bu	We	We	We	Wi	Wi	Wi	Bu	Bu	Bu	Bu	
5) Jassingalm	69	61	48	66	100	130	159	158	111	116	76	71	1165
	Bu	Bu	Bu	Bu	Bu	Bu	Bu	Bu	Ei	Ei	Ei	Bu	
6) Tragöß II	57	51	56	62	100	101	128	109	84	64	57	62	931
	Trag	Trag	Trag	Trag	Trag	Trag	Trag	Trag	Ei	Ei	Ei	Trag	

Die 70-jährigen Mittelwerte der amtlichen Stationen sind:

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	S	Jahr
1) Eisenerz	80	78	73	94	128	154	185	159	113	100	80	87	1331
2) Gollrad	95	97	96	107	124	153	189	158	120	101	93	100	1433
3) Weichselboden	93	95	86	107	130	162	195	176	116	101	94	98	1453
4) Wildalpen	89	86	84	105	135	159	201	172	120	99	91	90	1431
5) Aflenz	53	50	51	57	80	100	118	115	76	70	56	57	883
6) Buchberg	74	75	64	79	113	139	174	147	103	91	72	75	1206
7) Tragöß	61	64	60	71	96	116	139	122	90	83	68	68	1038

Die beiden restlichen Stationen Präbichl und Bürgeralpe mußten selbst wieder vom zehnjährigen Mittel (1961 - 1970) auf das 70-jährige reduziert werden:

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr
Präbichl	110	120	117	153	160	193	232	224	176	127	104	121	1837
	Hi	Wi	Ra	Trag	Ra	Ei	Ei	Ei	Trag	Trag	Mz	Trag	
Bürgeralpe	79	75	80	75	113	130	145	137	104	85	72	84	1179
	Af	Af	Af	Trag	Af	Af	Af	Trag	Af	Af	Bu	Af	

Es wurden dabei monatsweise als Hilfsstationen jene mit der besten Übereinstimmung im Zeitraum von 1961 - 1970 (höchster Korrelationskoeffizient) herangezogen.

Dabei bedeuten:

Hi	=	Hieflau
Ra	=	Radmer
Mz	=	Mariazell.

Die Niederschlagsspende im südlichen Hochschwabgebiet

Die Berechnung der Niederschlagsspende eines größeren Raumes erfordert theoretisch die genaue Kenntnis der Niederschlagsmengen in jedem seiner kleinsten Teile, d.h. eine flächenhafte Deckung des Gebietes mit Niederschlagswerten, wie sie z.B. durch eine genaue Niederschlagskarte (Isohyetendarstellung) gegeben ist.

Die Errechnung der Niederschlagsspende kann dabei einerseits durch Auswertung der Niederschlagskarte erfolgen, andererseits durch starre Berechnung eines vertikalen Niederschlagsgradienten, d.h. eines Maßes der Zunahme der Niederschläge nach oben auf einem bestimmten Höhenunterschied bei Kenntnis der auf die einzelnen Höhenstufen entfallenden Flächenanteile. Beide Wege erfordern aber die Kenntnis der Niederschlagsmengen in den Hochregionen bzw. die Kenntnis der vertikalen Niederschlagszunahme.

Die vertikale Niederschlagszunahme:

Die Berechnung der vertikalen Niederschlagszunahme ist von einer großen Zahl von Schwierigkeiten begleitet, die in den wenigsten Fällen allgemein gültige Maße oder Formeln errechnen lassen und auf welche kurz hingewiesen sei, um die Komplexität des Problems zu verdeutlichen und die relativ geringe Absicherung der letzten Endes erhaltenen Ergebnisse verständlich zu machen:

1. Die Problematik der Meßgenauigkeit in den Hochzonen.

Trotz jahrzehntelanger Erfahrungen und Versuche gibt es bislang noch keine Möglichkeit, den tatsächlichen im Hochgebirge gefallenen Niederschlag exakt und zweifelsfrei zu messen. Ins-

besondere bei normalen Ombrometern muß mit einem nach oben zunehmenden, je nach Aufstellungsort des Ombrometers mehr oder wenigen großen Fehlbetrag gerechnet werden. Aus diesem Grund sind die Mengen der Bürgeralpe bei Aflenz (1500 m) um einen (unbekannten) Betrag zu gering einzuschätzen.

2. Die vertikale Niederschlagszunahme ist bei einem Gebirge mit ausgeprägter Luv(Stau-)-seite und Lee(Föhn-)-seite immer auf der Luvseite geringer als auf der Leeseite. Als Beispiel sei der Präbichl genannt, bei dem sich auf der Nordseite (von Eisenerz aus gerechnet) eine Zunahme um 103 mm pro 100 Höhenmeter, auf der Südseite jedoch um 185 mm pro 100 m (von Trofaiach aus) errechnen läßt. Beim Hochschwab muß entsprechend der Hauptrichtung der niederschlagsbringenden Winde die Nordseite als Luv-, die Südseite als Leeseite gelten.

3. Bei der Berechnung eines vertikalen Niederschlagsgradienten aus zwei Stationen unterschiedlicher Höhenlage müssen beide Stationen bezüglich der Luv-Lee-Situation in derselben einheitlichen Zone liegen. Vielfach sind die Luv-Lee-Effekte selbst bei enger Nachbarschaft stärker als die höhenbedingte Zunahme, wodurch negative Werte entstehen können, wenn die tiefer gelegene Station stärkeren Staubebedingungen unterliegt. Als Beispiel seien Hieflau in 492 m mit 1688 mm und Eisenerz in 737 m mit 1331 mm genannt. Auch der umgekehrte Fall ist möglich, wodurch sich zu große Gradienten einstellen, wie bei allen auf den Präbichl gerichteten Berechnungen, da sich diese Station bezogen auf ihre Seehöhe durch eine auffallende Niederschlagsergiebigkeit auszeichnet.

4. Die vertikale Zunahme des Niederschlages ist innerhalb der Umrahmung breiter Täler wesentlich größer als innerhalb der Umrahmung von Engtälern oder Schluchten, wodurch letztere in-

nerhalb derselben Niederschlagszone mehr Niederschlag erhalten als erstere.

5. Selbst in einheitlichen Niederschlagszonen ist der vertikale Niederschlagsgradient nicht in allen Höhen konstant, theoretisch muß er nach oben in Richtung auf die (fiktive) Maximalzone der Niederschläge abnehmen.

Aus dem Gesagten folgt, daß es einen allgemein gültigen Gradienten für ganze Landschaften nicht gibt, daß aus einem einzigen Stationspaar errechnete Gradienten nur für dieses Stationspaar allein und keineswegs für die weitere Umgebung gelten können, und daß selbst das Maß der einzelnen ermittelten Gradienten in Zweifel gezogen werden muß.

Wie weit nun doch für den Hochschwab gewisse Berechnungsmöglichkeiten gegeben sind, sollen folgende Beispiele zeigen:

1. Berechnung auf Grund vorhandenen Beobachtungsmaterials:

Für die Strecke Eisenerz-Präbichl ergibt sich bei Höhenlagen von 737 m und 1237 m, sowie Jahresmengen von 1331 bzw. 1837 mm, eine vertikale Zunahme um 103,3 mm bzw. um 7,76 % der Menge von Eisenerz pro 100 m. Für das Stationspaar Aflenz (780 m) und Bürgeralpe (1500 m) erhält man bei 883 und 1179 mm eine Zunahme um bloß 41,4 mm oder 4,66 % der Menge von Aflenz pro 100 m. Da sich letztere Stationen auf der Süd(Lee-)seite befinden, läßt sich daraus schon die zu geringe Menge der Bürgeralpe ableiten. Wie wenig sich beide Formen in Einklang bringen lassen, zeigt der für den höchsten Gipfel des Hochschwabs (2277 m) errechnete fiktive Jahresniederschlag von 2921 mm nach Eisenerz-Präbichl bzw. nur 1498 mm nach Aflenz-Bürgeralpe.

Von der Station Neuwaldalm sind nur bruchstückhafte Messun-

gen (siehe vorne) vorhanden, und zwar nur für die Monate Februar (1), März (1), Mai (1), Juni (2), Juli (2), August (3), September (3), Oktober (4) und November (2). Die Zahlen in Klammer geben die Zahl der vorhandenen Monatssummen an. Im Vergleich dieser Monatssummen mit den entsprechenden der Jassingalm ergibt sich im Mittel eine Zunahme um 11,67 % der Menge der Jassingalm pro 100 m. Dieser Gradient, für dessen Berechnung die Monate Jänner, April und Dezember fehlen, entspricht allerdings noch nicht dem Jahresdurchschnitt, da die Gradienten einen jahreszeitlichen Gang mit den relativ höchsten Werten im Winter und den relativ geringsten im Sommer aufweisen. Das Verhältnis der durchschnittlichen Gradienten der genannten Monate zu jenem des Gesamtjahres beträgt für das Stationspaar Eisenerz-Präbichl 1 : 1,063, für das Stationspaar Aflenz-Bürgeralpe 1 : 1,069. Mit dem Mittelwert von 1,066 multipliziert erhöht sich der auf das Gesamtjahr umgerechnete Gradient für Jassingalm-Neuwaldalm auf 12,44 % der Menge der Jassingalm oder 144,93 mm pro 100 m. Der fiktive Wert für den Hochschwabgipfel beläuft sich nach diesem Gradienten auf 3175 mm (!), der fiktive Jahresniederschlag für die Neuwaldalm selbst auf 1701 mm, welcher ungleich akzeptabler erscheint.

Noch weniger Beobachtungen, nämlich nur jene der Monate September bis Dezember 1977, stehen von der Sonnschienalm (1520 m) zur Verfügung. Für diese Monate beträgt der Gradient zwischen der Jassingalm und Sonnschienalm 6,86 % der Menge der Jassingalm pro 100 m. Das Verhältnis der Gradienten der genannten vier Monate zu jenem des Gesamtjahres beträgt für das Stationspaar Eisenerz-Präbichl 1 : 0,976, für das Stationspaar Aflenz-Bürgeralm 1 : 1,011. Mit dem Mittelwert von 0,994 multipliziert verringert sich der auf das Gesamtjahr umgerechnete Gradient für Jassingalm-Sonnschienalm auf 6,82 % der Menge

der Jassingalm oder 79,45 mm pro 100 m. Der solcherart für den Hochschwabgipfel errechnete Jahresniederschlag beläuft sich auf 2267 mm, für die Sonnschienalm selbst auf 1666 mm. Beide Werte liegen zufällig im Bereich der erfahrungsbedingten Schätzungen.

Wie wenig aber die de facto-Gradienten zielführend sind, und wie sehr die vorne erwähnten Probleme zum Tragen kommen, zeigen die vier für den Hochschwabgipfel errechneten fiktiven Jahressummen von 1498, 2921, 3175 und 2267 mm.

2. Andere Lösungsmöglichkeiten:

Die Formel von H. Kreps, die für die gesamte Steiermark Gültigkeit haben sollte, und eine Niederschlagszunahme um 50 mm pro 100 m ergibt, erscheint aus den genannten (und gezeigten) Gründen für den Hochschwab nicht generell anwendbar, schon gar nicht für die Südseite.

Berechnung auf Grund fiktiver Jahresmengen im Gipfelbereich:

Dieser Weg scheint noch der zielführendste zu sein, so lange in den Hochzonen selbst noch keine einigermaßen brauchbare Niederschlagsmessung vorliegt, wenngleich den für die Hochzonen angenommenen Mengen selbst wieder Erfahrungswerte verschiedener realer Gradienten zugrunde liegen.

Auf der Karte von K. Knoch und E. Reichel (1930) werden für die Hochzone des Hochschwabs noch mindestens 200 mm ausgewiesen, eine Karte des Hydrographischen Zentralbüros gibt für denselben Bereich 2000 - 2200 mm an (1901 - 1925) und auch die Karte von F. Steinhauser über das Normaljahr 1901 - 1950 zeigt für den Hochschwab wenigstens 2000 mm. Dieser Größenordnung hat sich auch der Verfasser in einer (unveröffentlichten) Karte angeschlossen. Wenngleich die einheitliche Annahme einer bestimmten Menge durch verschiedene Autoren noch keinen

schlüssigen Beweis für die Richtigkeit darstellt, so sei doch darauf hingewiesen, daß die genannte Größenordnung z.B. bei F. Steinhauser (Wetter und Leben 7/1955, S 95-100) näher begründet wird. Im folgenden wird der Jahresniederschlag in 2000 m Höhe mit 2000 mm angenommen.

1. Einzugsgebiet Seeau:

Bei einer Höhe der Station Seeau von 660 m und einem Jahresniederschlag von 1445 mm ergibt sich bei der Annahme von 2000 mm in 2000 m ein Gradient von 41,42 mm oder 2,87 % der Menge der Station Seeau pro 100 m.

Daraus lassen sich für die einzelnen Höhenstufen nach 200 m-Intervallen folgende Durchschnittswerte ableiten:

	Höhenbereich	Mittel	Jahresniederschlag
1	600 - 800 m	700 m	1462 mm
2	800 - 1000 m	900 m	1544 mm
3	1000 - 1200 m	1100 m	1627 mm
4	1200 - 1400 m	1300 m	1710 mm
5	1400 - 1600 m	1500 m	1793 mm
6	1600 - 1800 m	1700 m	1876 mm
7	1800 - 2000 m	1900 m	1959 mm
8	2000 - 2200 m	2100 m	2041 mm

Bei einer Gesamtfläche des Einzugsgebietes Seeau von 60,30 km², die durch Abgrenzung nach orographischen Wasserscheiden gewonnen wurde (siehe Karte), ergibt sich für die einzelnen Höhenstufen folgender Flächenanteil:

Höhenstufe	Fläche	Höhenstufe	Fläche
1	5,76 km ²	5	21,36 km ²
2	4,56 km ²	6	13,57 km ²
3	5,39 km ²	7	2,32 km ²
4	7,19 km ²	8	0,15 km ²
		<u>Summe</u>	<u>60,30 km²</u>

Der mittlere Jahresniederschlag der Gesamtfläche beträgt demnach 1744 mm, was einer Niederschlagsspende von 55,26 l/sec.km² oder für das Gesamtgebiet 3332,42 l/sec. entspricht, das sind im Jahr 105,16 x 10⁶ m³ Wasser.

2. Einzugsgebiet Seewiesen:

a) Seetal (oberer Teil)

Bei einer Höhe der Station Seewiesen von 960 m und einem Jahresniederschlag von 1287 mm ergibt sich bei der Annahme von 2000 mm in 2000 m ein Gradient von 68,56 mm oder 5,33 % der Menge der Station Seewiesen pro 100 m. Das ergibt für die einzelnen Höhenstufen folgende Durchschnittswerte:

Höhenstufe	Niederschlag	Höhenstufe	Niederschlag
1.) 800 - 1000 m	1246 mm	5.) 1600 - 1800 m	1794 mm
2.) 1000 - 1200 m	1383 mm	6.) 1800 - 2000 m	1931 mm
3.) 1200 - 1400 m	1520 mm	7.) 2000 - 2200 m	2069 mm
4.) 1400 - 1600 m	1657 mm		

Bei einer Gesamtfläche von 20,05 km² entfallen auf die einzelnen Höhenstufen folgende Flächenanteile:

1.) 1,23 km ²	5.) 3,44 km ²
2.) 3,24 km ²	6.) 4,60 km ²
3.) 2,79 km ²	7.) 1,29 km ²
4.) 3,46 km ²	<u>Summe: 20,05 km²</u>

Daraus läßt sich ein mittlerer Jahresniederschlag von 1681 mm errechnen, bzw. eine Niederschlagsspende von 53,27 l/sec. km² oder für das Gesamtgebiet 1068,02 l/sec., das sind im Jahr 33,71 · 10⁶m³ Wasser.

b) Seegraben (unterer Teil):

Bei einer Gesamtfläche von 15,63 km² entfallen auf die einzelnen Höhenstufen folgende Flächenanteile:

1.) 2,49 km ²	5.) 0,38 km ²
2.) 5,33 km ²	6.) 0,03 km ²
3.) 5,01 km ²	<hr/>
4.) 2,39 km ²	Summe: 15,63 km ²

Daraus läßt sich ein mittlerer Jahresniederschlag von 1458 mm errechnen, bzw. eine Niederschlagsspende von 46,20 l/sec. km² oder für das Gesamtgebiet 722,13 l/sec., das sind im Jahr 22,79 · 10⁶m³ Wasser.

c) Einzugsgebiet Seewiesen gesamt:

Bei einer Gesamtfläche von 35,68 km² entfallen auf die einzelnen Höhenstufen:

1.) 3,72 km ²	5.) 3,82 km ²
2.) 8,57 km ²	6.) 4,63 km ²
3.) 7,80 km ²	7.) 1,29 km ²
4.) 5,85 km ²	<hr/>
	Summe: 35,68 km ²

Der mittlere Jahresniederschlag beträgt demnach 1584 mm, das ergibt eine Niederschlagsspende von 50,19 l/sec.km² oder für das Gesamtgebiet 1790,91 l/sec., das sind im Jahr 56,52 · 10⁶m³ Wasser.

3. Einzugsgebiet Feistringgraben mit Jauringgraben und Bürgergraben:

Bei einer Höhe der Station Aflenz von 780 m und einem Jahresniederschlag von 883 mm ergibt sich bei der Annahme von 2000 mm in 2000 m ein Gradient von 91,56 mm oder 10,37 % der Menge der Station Aflenz pro 100 m. Das ergibt für die einzelnen Höhenstufen folgende Durchschnittswerte:

Höhenstufe	Niederschlag	Höhenstufe	Niederschlag
1.) 800 - 1000 m	993 mm	4.) 1400 - 1600 m	1542 mm
2.) 1000 - 1200 m	1176 mm	5.) 1600 - 1800 m	1725 mm
3.) 1200 - 1400 m	1359 mm	6.) 1800 - 2000 m	1908 mm

Bei einer Gesamtfläche von 18,53 km² entfallen auf die einzelnen Höhenstufen folgende Flächenanteile:

1.) 2,20 km ²	5.) 2,62 km ²
2.) 4,66 km ²	6.) 0,34 km ²
3.) 4,58 km ²	<hr/>
4.) 4,13 km ²	Summe: 18,53 km ²

Der mittlere Jahresniederschlag beträgt demnach 1372 mm, das ergibt eine Niederschlagsspende von 43,48 l/sec.km² oder für das Gesamtgebiet 805,61 l/sec., das sind 25,43 · 10⁶ m³ Wasser im Jahr.

4. Einzugsgebiet Fölzgraben:

Bei der Höhe der Station Schwabenbartl von 820 m und einem Jahresniederschlag von 966 mm ergibt sich bei der Annahme von 2000 mm in 2000 m ein Gradient von 87,63 mm oder 9,07 % der Menge der Station Schwabenbartl pro 100 m. Das ergibt für die einzelnen Höhenstufen folgende Durchschnittswerte:

Höhenstufe	Niederschlag	Höhenstufe	Niederschlag
1.) 600 - 800 m	861 mm	5.) 1400 - 1600 m	1562 mm
2.) 800 - 1000 m	1036 mm	6.) 1600 - 1800 m	1737 mm
3.) 1000 - 1200 m	1211 mm	7.) 1800 - 2000 m	1912 mm
4.) 1200 - 1400 m	1387 mm	8.) 2000 - 2200 m	2088 mm

Bei einer Gesamtfläche von $28,95 \text{ km}^2$ entfallen auf die einzelnen Höhenstufen folgende Flächenanteile:

1.) $0,87 \text{ km}^2$	5.) $3,88 \text{ km}^2$
2.) $5,47 \text{ km}^2$	6.) $2,89 \text{ km}^2$
3.) $7,63 \text{ km}^2$	7.) $2,84 \text{ km}^2$
4.) $5,36 \text{ km}^2$	8.) $0,01 \text{ km}^2$
<hr/>	
Summe: $28,95 \text{ km}^2$	

Der mittlere Jahresniederschlag beträgt demnach 1369 mm , das ergibt eine Niederschlagsspende von $43,38 \text{ l/sec.km}^2$ oder für das Gesamtgebiet $1255,87 \text{ l/sec.}$, das sind $39,62 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ Wasser pro Jahr.

5. Einzugsgebiet Buchberg:

In diesem Einzugsgebiet existieren die Station Buchberg in 880 m mit 1206 mm und die Station Bodenbauer in 980 m mit 1293 mm Jahresniederschlag. Bei der Annahme von 2000 mm in 2000 m Höhe ergibt sich mit der Station Buchberg ein Gradient von $70,89 \text{ mm}$ oder $5,88 \%$ der Menge der Station Buchberg pro 100 m , mit der Station Bodenbauer ein solcher von $69,31 \text{ mm}$ oder $5,36 \%$ der Menge der Station Bodenbauer pro 100 m . Zwischen den beiden Stationen selbst herrscht ein Gradient von 87 mm pro 100 m . Damit bleibt es weitgehend ohne Einfluß auf das Ergebnis, welche Station herangezogen wird, zumal beide in ähnlich zentraler Lage zum Einzugsgebiet situiert sind. Auf Grund der größeren Beobachtungszuverlässigkeit fällt die Wahl auf die Station Buchberg. Daraus lassen

sich für die einzelnen Höhenstufen folgende Durchschnittswerte ableiten:

	Höhenstufe	Niederschlag	Höhenstufe	Niederschlag	
1.)	600 - 800 m	1078 mm	6.)	1600 - 1800 m	1787 mm
2.)	800 - 1000 m	1220 mm	7.)	1800 - 2000 m	1929 mm
3.)	1000 - 1200 m	1362 mm	8.)	2000 - 2200 m	2071 mm
4.)	1200 - 1400 m	1504 mm	9.)	2200 - 2400 m	2212 mm
5.)	1400 - 1600 m	1646 mm			

Bei einer Gesamtfläche von $44,78 \text{ km}^2$ entfallen auf die einzelnen Höhenstufen folgende Flächenanteile:

1.)	$1,03 \text{ km}^2$	6.)	$4,60 \text{ km}^2$
2.)	$7,82 \text{ km}^2$	7.)	$5,07 \text{ km}^2$
3.)	$9,44 \text{ km}^2$	8.)	$2,16 \text{ km}^2$
4.)	$8,73 \text{ km}^2$	9.)	$0,01 \text{ km}^2$
5.)	$5,92 \text{ km}^2$		<hr/>
			Summe: $44,78 \text{ km}^2$

Der mittlere Jahresniederschlag beträgt demnach 1538 mm , das entspricht einer Niederschlagsspende von $48,74 \text{ l/sec.km}^2$ oder für das Gesamtgebiet $2182,61 \text{ l/sec.}$, was einer Wassermenge von $68,88 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ pro Jahr entspricht.

6. Einzugsgebiet Laming - Haringbach:

a) Westteil (Jassing-Laming-Klamm):

Bei der Höhe der Station Jassingalm von 890 m und einem Jahresniederschlag von 1165 mm ergibt sich bei der Annahme von 2000 mm in 2000 m ein Gradient von $75,23 \text{ mm}$ oder $6,46 \%$ der Menge der Station Jassingalm pro 100 m . Das ergibt für die einzelnen Höhenstufen folgende Durchschnittswerte:

	Höhenstufe	Niederschlag		Höhenstufe	Niederschlag
1.)	600 - 800 m	1022 mm	5.)	1400 - 1600 m	1624 mm
2.)	800 - 1000 m	1173 mm	6.)	1600 - 1800 m	1774 mm
3.)	1000 - 1200 m	1323 mm	7.)	1800 - 2000 m	1925 mm
4.)	1200 - 1400 m	1473 mm	8.)	2000 - 2200 m	2075 mm

Bei einer Gesamtfläche von 37,68 km² entfallen auf die einzelnen Höhenstufen folgende Flächenanteile:

1.)	0,59 km ²	5.)	10,15 km ²
2.)	5,38 km ²	6.)	3,77 km ²
3.)	7,48 km ²	7.)	1,72 km ²
4.)	8,58 km ²	8.)	0,01 km ²

Summe: 37,68 km²

Der mittlere Jahresniederschlag beträgt demnach 1485 mm, das ergibt eine Niederschlagsspende von 47,05 l/sec.km² oder für das Gesamtgebiet 1772,99 l/sec., das sind 55,95 · 10⁶m³ Wasser pro Jahr.

b) Ostteil (Haringgraben):

Am Ausgang des Haringgrabens befindet sich die Station Tragöb (Tr.II) des Sondernetzes, welche gegenüber der Station Tragöb (Trag.) der Hydrographischen Landesabteilung trotz näherer Lage zum niederschlagsreichen Hochschwabmassiv zu geringe Werte liefert (931 : 1038 mm). Es wird aber trotzdem auf die Station Tr. II zurückgegriffen, weil damit ein gewisser Ausgleich für den im südlichen Hochschwabbereich vermutlich zu hoch angesetzten Niederschlag von 2000 mm in 2000 m erzielt wird. Mit 931 mm in 780 m und 2000 mm in 2000 m ergibt sich ein Gradient von 87,62 mm oder 9,41 % der Menge der Station Tr. II pro 100 m, woraus sich für die einzelnen Höhenstufen folgende Durchschnitte ableiten lassen:

Höhenstufe	Niederschlag	Höhenstufe	Niederschlag
1.) 600 - 800 m	861 mm	5.) 1400 - 1600 m	1562 mm
2.) 800 - 1000 m	1036 mm	6.) 1600 - 1800 m	1737 mm
3.) 1000 - 1200 m	1211 mm	7.) 1800 - 2000 m	1912 mm
4.) 1200 - 1400 m	1387 mm		

Bei einer Gesamtfläche von $10,98 \text{ km}^2$ entfallen auf die einzelnen Höhenstufen folgende Flächenanteile:

1.) $0,28 \text{ km}^2$	5.) $1,18 \text{ km}^2$
2.) $2,52 \text{ km}^2$	6.) $0,47 \text{ km}^2$
3.) $4,13 \text{ km}^2$	7.) $0,01 \text{ km}^2$
4.) $2,39 \text{ km}^2$	<hr/>
	Summe: $10,98 \text{ km}^2$

Der mittlere Jahresniederschlag beträgt demnach 1236 mm , das ergibt eine Niederschlagsspende von $39,15 \text{ l/sec.km}^2$ oder für das Gesamtgebiet $429,89 \text{ l/sec.}$, das sind $13,57 \times 10^6 \text{ m}^3$ Wasser pro Jahr.

c) Gesamtgebiet Laming-Haringbach:

Bei einer Gesamtfläche von $48,66 \text{ km}^2$ beträgt die mittlere Jahresniederschlagshöhe 1429 mm , die Niederschlagsspende $45,27 \text{ l/sec.km}^2$ oder für das Gesamtgebiet $2202,88 \text{ l/sec.}$, das sind $69,53 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ Wasser pro Jahr.

7. Restgebiet Sackwiesenalm:

Für das Restgebiet im Umkreis der Sackwiesenalm (siehe Karte), für welches nicht einmal oberirdische Wasserscheiden einigermaßen sicher anzunehmen sind, wird bei Annahme von 2000 mm in 2000 m der Gradient zur Seeau zugrunde gelegt, da die Station Seeau etwa in derselben (West-Ost verlaufenden) Niederschlagszone liegt und für den Gradienten weder die hohen Niederschläge des Salztales noch die relativ geringen der südlichen Hochschwabtäler zugrunde gelegt werden sollten.

Für die einzelnen Höhenstufen erhält man somit dieselben Durchschnittswerte wie für das Einzugsgebiet Seeau:

Höhenstufe	Niederschlag	Höhenstufe	Niederschlag
1.) 1400 - 1600 m	1793 mm	3.) 1800 - 2000 m	1959 mm
2.) 1600 - 1800 m	1876 mm	4.) 2000 - 2200 m	2041 mm

Bei einer Gesamtfläche von $7,94 \text{ km}^2$ entfallen auf die einzelnen Höhenstufen folgende Flächenanteile:

1.) $2,39 \text{ km}^2$	3.) $2,02 \text{ km}^2$
2.) $3,20 \text{ km}^2$	4.) $0,33 \text{ km}^2$

Der mittlere Jahresniederschlag beträgt demnach 1879 mm, das ergibt eine Niederschlagsspende von $59,54 \text{ l/sec.km}^2$ oder für das Gesamtgebiet $472,76 \text{ l/sec.}$, d.s. $14,92 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ Wasser pro Jahr.

Zusammenfassung Raum Hochschwab Süd:

Gebiet	Fläche km^2	Nieder- schlag mm	l/sec.km^2	l/sec.	m^3/Jahr
1) Seeau	60,30	1744	55,26	3332,42	$105,16 \cdot 10^6$
2) Seetal(oben)	20,05	1681	53,27	1068,02	$33,71 \cdot 10^6$
3) Seegraben(unten)	15,63	1458	46,20	722,13	$22,79 \cdot 10^6$
Seewiesen	(35,68)	(1584)	(50,19)	(1790,15)	$(56,52 \cdot 10^6)$
4) Feistringgraben	18,53	1372	43,48	805,61	$25,43 \cdot 10^6$
5) Fölzgraben	28,95	1369	43,38	1255,87	$39,62 \cdot 10^6$
6) Buchberg	44,78	1538	48,74	2182,61	$68,88 \cdot 10^6$
7) Jassing	37,68	1485	47,05	1772,99	$55,95 \cdot 10^6$
8) Haringgraben	10,98	1236	39,15	429,89	$13,57 \cdot 10^6$
Jassing-Haring	(48,66)	(1429)	(45,27)	(2202,88)	$(69,53 \cdot 10^6)$
9) Sackwiesen	7,94	1879	59,54	472,76	$14,92 \cdot 10^6$
Summe Hochschwab-Süd:	244,84	1552	49,18	12042,30	$380,03 \cdot 10^6$

Die Niederschlagskarte:

Die Zeichnung der Isohyeten erfolgte getrennt nach den Einzugsgebieten, wobei die Seehöhe der einzelnen Isohyeten aus den vorhin errechneten Niederschlagsgradienten bestimmt wurde. Von ei-

ner starren isohypsenparallelen Linienführung wurde aber in mehrfacher Hinsicht abgegangen:

Zum ersten wurden alle Isohyeten gegenüber den Isohypsen der Österreichischen Karte 1 : 50 000 weitgehend ausgebügelt, da durch eine konsequente Nachführung entlang der Isohypsen eine nicht vorhandene Genauigkeit vorgetäuscht würde.

Weiters wurden enge Schluchten und Kerbtäler, sowie schmale Kämme und Vorsprünge (Sporne) nicht konsequent „umfahren, sondern durch starke Glättung der Isohyeten „übersprungen“, wodurch den Schluchten ein höherer, den Kämmen und Vorsprüngen ein geringerer Niederschlag zuerkannt wurde, als ihn die starre Berechnung nach Höhenstufen (Gradienten) ergeben würde (bzw. ergeben hat).

Außerdem wurden die Isohyeten im Süden der jeweiligen Einzugsgebiete wesentlich höher (bis 200 m und mehr), im Norden aber zum Teil deutlich niedriger geführt, um der wahrscheinlich generellen zonalen Niederschlagsabnahme von Norden nach Süden zumindest einigermaßen gerecht zu werden.

Schließlich wurde die Isolinienführung an der Grenze verschiedener Einzugsgebiete ausgeglichen bzw. geglättet, um etwaige Knicke, die sich aus der nach Einzugsgebieten getrennt errechneten Höhenlage der Isohyeten zwangsläufig ergeben hätten, zu vermeiden.

Trotz dieser Manipulationen, in die sicher viel subjektive Anschauung gelegt wurde, ist die überwiegend höhenbedingte (isohypsenparallele) Anordnung der Isohyeten nicht zu übersehen, doch ist die Vorstellung, die Niederschlagszunahme in horizontaler Richtung, d.h. von Süden nach Norden sei zu wenig, die vertikale von unten nach oben dagegen zu stark beachtet worden, wohl eine Diskussionsgrundlage, entbehrt aber mangels entsprechender Beobachtungen noch jeglichen stichhaltigen Be-

weises. Bezüglich des vorhandenen Beobachtungsmaterials muß die vorliegende Karte wohl als Optimum des möglichen gesehen werden, doch muß hier grundsätzlich davor gewarnt werden, sie als absolut zweifelsfrei gesicherte Quelle zu betrachten bzw. zu benutzen, da ihr trotz der vielleicht bestechenden und „logischen“ Linienführung alle vorne genannten Mängel gerade bezüglich der Kenntnis der Niederschläge in den Hochzonen anhaften. Auch die mit 100 mm recht klein gewählte Äquidistanz könnte vielleicht im Sinne zu großer Genauigkeit der tatsächlichen Aussage interpretiert werden. Die genannten Mängel und Bedenken haften aber prinzipiell jeder Niederschlagskarte an, sie alle sind letzten Endes nur Ausdruck der nach den jeweiligen Kenntnissen bestmöglichen Darstellungsart nach „bestem Wissen und Gewissen“. So wie die offiziellen Niederschlagskarten Österreichs je nach der Dichte des vorhandenen Stationsnetzes im Laufe der Jahrzehnte entscheidend verändert (verbessert) wurden (siehe dazu F. Steinhauser 1955, a.a.O.), kann auch bei Verbesserung der Kenntnisse der Niederschlagsverhältnisse in den Hochzonen des Hochschwabs eine Neukonstruktion der vorliegenden Niederschlagskarte zu stärkeren Änderungen und Verbesserungen führen, wodurch die bisherige Darstellung aber nicht als bezüglich der Konstruktion, sondern höchstens bezüglich des vorhandenen Quellenmaterials als mangelhaft angesehen werden darf. Verlässliche Genauigkeit kommt ihr aber zumindest im Umkreis der Beobachtungsstationen zu, sofern man das vorhandene Datenmaterial als „verlässlich genau“ akzeptiert.

Ähnlich wie aus der starren Berechnung mit Niederschlagsgradienten ließe sich auch aus der vorliegenden Niederschlagskarte die Niederschlagsspende für die einzelnen Einzugsgebiete, bzw. für das Gesamtgebiet des südlichen Hochschwabs berechnen, doch wären weitgehend die gleichen Ergebnisse zu erwarten, da ja die Karte selbst mit Hilfe der Gradienten entstanden ist, weshalb von einer gesonderten Berechnung abgesehen wird.

Wenn man auch die Annahme von 2000 mm in 2000 Metern, sowie die gemessenen und umgerechneten Werte der Beobachtungsstationen als richtig annimmt, so dürften die für die südlich gelegenen Einzugsgebiete errechneten Niederschlagsspenden wegen der vermuteten (aber unbekannt) zonalen Niederschlagsabnahme von Norden nach Süden etwas zu hoch veranschlagt worden sein, doch ist der vermutete Fehler nach dem bisher vorliegenden Beobachtungsmaterial nicht annähernd abzuschätzen. Diese Überlegung dürfte für die Einzugsgebiete Seegraben (unten) und Feistringgraben gelten, weniger aber für den Fölzgraben und Haringgraben, da die dort verwendeten Stationen (Schwabentl und Tragöß II) vermutlich aus meßtechnischen oder standortbedingten Gründen zu wenig Niederschlag registrieren, was den vermuteten Fehler (Überschuß) wieder etwas ausgleichen dürfte.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Herwig Wakonigg
Geograph. Institut der Universität Graz
Universitätsplatz 2, 8010 Graz

BERICHTE DER WASSERWIRTSCHAFTLICHEN RAHMENPLANUNG DES
AMTES DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG
- LANDESBAUDIREKTION -

Verzeichnis der bisher erschienenen Bände:

Band 1	Vortragsreihe Abfallbeseitigung 18.April 1964, Neuauflage 1968, von W.Tronko, P.Bilek, J.Wotschke, K.Stundl, F.Heigl, E.v.Conrad	S	84.--
Band 2	Ein Beitrag zur Geologie und Morpho- logie des Mürztales von R.Sperlich, W.Scharf, A.Thurner, 1965	S	84.--
Band 3	Vortragsreihe Abfallverarbeitung 18.März 1965 von F.Fischer, R.Braun, F.Schönbeck, W.Tronko, K.Stundl, B.Urban	S	84.--
Band 4	„Gewässerschutz ist nötig“ von J.Krainer, F.Hahne, H.Kalloch, F.Schönbeck, H.Moosbrugger, L.Bernhart, W.Tronko, 1965	S	56.--
Band 5	Die Müllverbrennungsanlage, Versuch einer zusammenfassenden Darstellung von F.Heigl, 1965	S	140.--
Band 6	Vortragsreihe Abfallverarbeitung 18.November 1965 von F.Schönbeck, H.Sontheimer, A.Kern, H.Raswor- schegg, J.Wotschke, J.Brodbeck, R.Spinola, K.Stundl, W.Tronko, 1966	S	112.--
Band 7	Seismische Untersuchungen im Grund- wasserfeld Friesach nördlich von Graz von H.Zetinigg, Th.Puschnik und H.No- vak, F.Weber, 1966	S	140.--
Band 8	Der Mürzverband von E.Fabiani, P.Bi- lek, H.Novak, E.Kauderer, F.Hartl, 1966	S	140.--

Band 9	Raumplanung, Flächennutzungspläne der Gemeinden von J.Krainer, H.Wengert, K.Eberl, F.Plankensteiner, G.Gorbach, H.Egger, H.Hoffmann, K.Freisitzer, W.Tronko, H.Bullmann, I.E.Holub, 1966	S	140.--
Band 10	Sammlung, Beseitigung und Verarbeitung der festen Siedlungsabfälle von H.Erhard, 1967	S	66.--
Band 11	Siedlungskundliche Grundlagen für die wasserwirtschaftliche Rahmenplanung im Flußgebiet der Mürz von H.Wengert, E.Hillbrand, K.Freisitzer, 1967	S	131.--
Band 12	Hydrogeologie des Murtales von N.Anderle, 1969	S	131.--
Band 13	10 Jahre Gewässergüteaufsicht in der Steiermark 1959 - 1969 von L.Bernhart, H.Sölkner, H.Ertl, W.Popp, M.Noë, 1969	S	112.--
Band 14	Gewässerschutzmaßnahmen in Schwerpunktsgebieten Steiermarks, 1970 (Das vorläufige Schwerpunktsprogramm 1964 und das Schwerpunktsprogramm 1966) von F.Schönbeck, L.Bernhart, E.Gangl, H.Ertl)	S	66.--
Band 15	Industrieller Abwasserkataster Steiermarks von L.Bernhart, 1970	S	187.--
Band 16/ 17	Tätigkeiten und Organisation des Wirtschaftshofes der Landeshauptstadt Graz Abfallbehandlung in Graz		
	- - -		
	Literaturangaben zum Thema Abfallbehandlung von A.Wasle	S	112.--
Band 18	Abwasserfragen aus Bergbau und Eisenhütte von L.Bernhart, K.Stundl, A.Wutschel, 1971	S	66.--
Band 19	Maßnahmen zur Lösung der Abwasserfragen in Zellstoffabriken von B.Walzel-Wiesentreu, W.Schönauer, 1971	S	150.--

Band 20	Bodenbedeckung und Terrassen des Murtales zwischen Wildon und der Staatsgrenze von E.Fabiani, M.Eisenhut, mit Kartenbeilagen, 1971	S	168.--
Band 21	Untersuchungen an artesischen Wässern in der nördlichen Oststeiermark von L.Bernhart, J.Zötl, H.Zetinigg, 1972	S	112.--
Band 22	Grundwasseruntersuchungen im südöstlichen Grazerfeld von L.Bernhart, H.Zetinigg, J.Novak, W.Popp, 1973	S	90.--
Band 23	Grundwasseruntersuchungen im nordöstlichen Leibnitzerfeld von L.Bernhart, E.Fabiani, M.Eisenhut, F.Weber, E.P.Nemecek, Th.Glanz, W.Wessiak, H.Ertl u.H.Schwinghammer, 1973	S	250.--
Band 24	Grundwasserversorgung aus dem Leibnitzerfeld von L.Bernhart, 1973	S	150.--
Band 25	Wärmebelastung steirischer Gewässer von L.Bernhart, H.Niederl, J.Fuchs, H.Schlatter und H.Saliger, 1973	S	150.--
Band 26	Die artesischen Brunnen der Süd-Weststeiermark von H.Zetinigg, 1973	S	120.--
Band 27	Die Bewegung von Mineralölen in Boden und Grundwasser von L.Bernhart, 1973	S	150.--
Band 28	Kennzahlen für den energiewirtschaftlichen Vergleich thermischer Ablaugeverwertungsanlagen von L.Bernhart, D.Radner und H.Arledter, 1974	S	100.--
Band 29	Generalplan der Wasserversorgung Steiermarks, Entwurfsstand 1973, von L.Bernhart, E.Fabiani, E.Kauderer, H.Zetinigg, J.Zötl, 1974	S	400.--
Band 30	Grundlagen für wasserversorgungswirtschaftliche Planungen in der Süd-Weststeiermark, 1.Teil, Einführung Hydrogeologie, Klimatologie von L.Bernhart, J.Zötl und H.Zojer, H.Otto, 1975	S	120.--

Band 31	Grundlagen für wasserversorgungswirtschaftliche Planungen in der Süd-Weststeiermark, 2. Teil, Geologie, von L. Bernhart, P. Beck-Mannagetta, A. Alker, 1975	S	120.--
Band 32	Beiträge zur wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung in Steiermark von L. Bernhart, 1975	S	200.--
Band 33	Hydrogeologische Untersuchungen an Bohrungen und Brunnen in der Oststeiermark von H. Janschek, I. Küpper, H. Polesny, H. Zetinigg, 1975	S	150.--
Band 34	Das Grundwasservorkommen im Murtal bei St. Stefan o.L. und Kraubath von I. Arbeiter, P. Hacker, H. Janschek, H. Krainer u. H. Ertl, J. Novak, D. Rank, F. Weber, H. Zetinigg, 1976	S	200.--
Band 35	Wasservorsorge für das Umland von Graz. Zur Gründung des Wasserverbandes Umland Graz von L. Bernhart, K. Pirkner, 1977	S	180.--
Band 36	Grundwasserschongebiete von W. Kasper, H. Zetinigg, 1977	S	150.--
Band 37	Vorbereitung einer Zentralwasserversorgung für die Südoststeiermark von L. Bernhart, 1978	S	140.--
Band 38	Zentralwasserversorgung für die Südoststeiermark. Entwicklung eines Konzeptes von L. Bernhart, 1978	S	200.--
Band 39	Grundwasseruntersuchungen im „Unteren Murtal“ von E. Fabiani, H. Krainer u. H. Ertl, W. Wessiak, 1978	S	250.--
Band 40	Grundlagen für wasserversorgungswirtschaftliche Planungen in der Südweststeiermark, 3. Teil. Die Grundwasserführung im Tale der Laßnitz, Sulm und Saggau zwischen Grundgebirge und Leibnitzerfeld von H. Feßler, 1978	S	80.--

Band 41	Grundlagen für wasserversorgungswirtschaftliche Planungen in der Südweststeiermark, 4. Teil. Grundwassererschließungen im Tal der Laßnitz, Sulm und Saggau zwischen Grundgebirge und Leibnitzerfeld von H.Zetinigg, 1978	S	100.--
Band 42	Zur Geologie im Raum Eisenerz-Radmer und zu ihrem Einfluß auf die Hydrochemie der dortigen Grundwässer von U.Mager, 1979	S	120.--
Band 43	Die Grundwasserverhältnisse im Kainachtal (St.Johann o.H. - Weiten-dorf) von M.Eisenhut, J.Novak u. H.Zojer, H.Ertl u.H.Krainer, H.Ze-tinigg, 1979	S	150.--
Band 44	Grund- und Karstwasseruntersuchungen im Hochschwabgebiet, Teil I. Naturräumliche Grundlagen; Geologie - Morphologie - Klimatologie von E.Fabiani, V.Weißensteiner, H. Wakonigg, 1980	S	180.--
Band 45	Grund- und Karstwasseruntersuchungen im Hochschwabgebiet, Teil II. Die Untersuchungen; Geschichte - Durchführung - Methodik von E.Fabiani, 1980	S	80.--

In diesen Preisen ist die 8 %ige Mehrwertsteuer nicht enthalten.

Soweit lagernd, sind sämtliche Berichtsbände bei der Steiermärkischen Landesdruckerei (Verlag: A 8010 Graz, Hofgasse Nr. 15) erhältlich.