

BERICHTE
der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung

Band 42/1979

Zur Geologie im Raume Eisenerz—Radmer
und
zu ihrem Einfluß auf die Hydrochemie
der dortigen Grundwässer

von

U. Mager

Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Landesbaudirektion
Referat für wasserwirtschaftliche Rahmenplanung
Graz 1979

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. <u>Zusammenfassung und Vorwort</u>	3
2. <u>Stratigraphie</u>	5
2. 1 Grauwackenschiefer	5
2. 2 Blasseneckporphyroid	7
2. 3 Lichteckarkose	8
2. 4 Silurschiefer	9
2. 5 Erzführender Kalk	10
2. 6 Prebichlschichten	10
2. 7 Haselgebirge	12
2. 8 Werfener Schichten	14
2. 9 Gutensteiner Kalk	15
2.10 Wettersteinkalk	17
2.11 Wettersteindolomit	19
2.12 Karnische Rauwacken und Gipse .	19
2.13 Dachsteinkalk	20
2.14 Quartärablagerungen	21
3. <u>Tektonik</u>	23
3. 1 Überblick über den tektonischen Bau der Grauwackenzone und der Nördlichen Kalkalpen	23
3. 2 Tektonik der Anteile der nördli- chen Grauwackenzone im Kartenblatt	24
3. 3 Tektonik im kalkalpinen Mesozoikum des Kartenblattes	32

	Seite
4. <u>Hydrochemie der Grundwässer im Unter- suchungsgebiet</u>	42
4. 1 Probennahme	42
4. 2 Chemische und physikalische Un- tersuchungen	43
4. 3 Einzugsgebiete der Grundwasser- austritte	45
4. 4 Grundwasserleiter - unabhängige Einflüsse	45
4. 5 Die chemische Beschaffenheit der Grundwässer	46
4.5.1 Grundwässer aus den Grau- wackenschiefern	48
4.5.2 Grundwässer aus dem Blassen- eckporphyroid	51
4.5.3 Grundwässer aus Lichteckar- kose und Silurschiefern	51
4.5.4 Grundwässer aus dem Erzföh- renden Kalk	53
4.5.5 Grundwässer aus den Prebichl- schichten	53
4.5.6 Grundwässer aus dem Haselge- birge	58
4.5.7 Grundwässer aus den Werfener Schichten	61
4.5.8 Grundwässer des Wetterstein- kalkes und Wettersteindolo- mits	63
4.5.9 Grundwässer aus den Quartär- ablagerungen	65
4. 6 Klassifizierung der Grundwässer	66
5. <u>Literaturverzeichnis</u>	72
Verzeichnis der bisher erschienenen Bände	77

1. Zusammenfassung und Vorwort

Der Grenzbereich der steirischen Grauwackenzone zu den Nördlichen Kalkalpen im Raume Eisenerz - Radmer und die nördlich anschließende kalkalpine Trias des Kalte Mauer-, Kaiserschild- und Stanglkogelmassivs wurden in einer geologischen Spezialkarte im Maßstab 1 : 10.000 erfaßt.

Die Schichtfolge reicht zunächst vom Ordoviz (Grauwackenschiefer) bis ins Oberdevon (Flaserkalke). Der permische Transgressionshorizont in der Fazies der Prebichlschichten konnte bis in die Radmer verfolgt werden. Die Schichtfolge endet mit den mächtigen Dachsteinkalken in der obersten Trias.

Zur Erklärung des Gebirgsbaues wird auf den Osthang des Finstergrabens und den Raum Donnersalpe - Tullek, sowie das Gebiet um die Kalte Mauer näher eingegangen. Ferner wird versucht, die Südgrenze der juvavischen Deckeneinheit durch das Kartenblatt zu verfolgen.

Im hydrochemischen Teil der Arbeit wurden die 150 beprobten Quellen den verschiedenen Schichtgliedern als den Chemismus beeinflussende Grundwasserleiter zugeordnet. Zahlreiche Schaubilder erläutern die Abhängigkeit der Ionenverteilung und der physikalischen und chemischen Eigenschaften von den durchflossenen Gesteinen und erlauben eine Klassifizierung.

Die vorliegende Arbeit entstand als Dissertation am Geologischen Institut der Universität Erlangen - Nürnberg und wurde von Herrn Professor Dr. K. Poll angeregt. Die vollständige, 145 Seiten umfassende Arbeit existiert - mit farbigen Originalkarten (Höhenlinien) - in 3 Ex-

emplaren, in die bei Herrn Professor Dr. Poll (Geologisches Institut, 852 Erlangen), beim Verfasser (Umgelterweg 12 c, 7000 Stuttgart 1) oder beim Herausgeber dieser Schriftenreihe eingesehen werden kann.

2. S t r a t i g r a p h i e

2.1 Grauwackenschiefer

Mit den sogenannten „Feinschichtigen Grauwackenschiefern“ trennte HAMMER (1924:14) eine Gruppe von Gesteinen mit klarer Position an der Basis des Paläozoikums der nördlichen Grauwackenzone von der sogenannten Blasenackserie (HERITSCH 1911) ab. Man faßt unter ersteren grünlich-graue bis schwarze, tonig-sandige und schiefrige Sedimentgesteine zusammen.

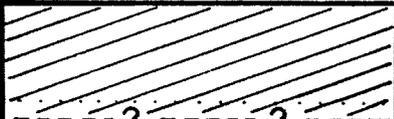
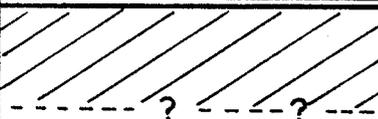
Das schiefrige Gestein zeigt häufig eine Feinschichtigkeit durch rhythmische Wechsellagerung von mehr tonigen mit mehr sandig-quarzitischen Lagen im mm-Bereich; oft sind sie fein verfältelt. Daneben kommen auch - diese Feinrhythmite zum Teil faziell vertretend - einförmige graue Schiefer vor. Partien von schwarzen, graphitischen Schiefen mit glänzenden, gestriemten Absonderungsflächen sind nicht selten. Gelegentlich treten die namengebenden Grauwacken auf, die teilweise deutliche Gradierung aufweisen.

Südlich meines Arbeitsgebietes werden auch plattige, Streuglimmer-führende^{*)} Sandsteine, sowie dünne Kalkklingen zur Serie der Grauwackenschiefer gerechnet. Die bei anderen Autoren beschriebenen Grüngesteine innerhalb der Serie reichen nicht in das Arbeitsgebiet hinein.

Die Mächtigkeit der Gesteinsserie kann aus der geologischen Karte auf mindestens 450 m geschätzt werden. Mit Hilfe von Conodonten legten FLAJS & SCHÖNLAUB (1976:269) die Grenze zum darüberlagernden Porphyroid an die Grenze Caradoc/Ashgill, bzw. ins ältere Ashgill.

*) s-Flächen sind von feinen Muskovit-Schüppchen bestreut.

Tabelle 1

METZ 1953 SPENGLER 1926 u.a.	FLAJS & SCHÖNLAUB 1976 und 1977	MAGER 1978	
	Eisenerzer Schichten		Ober- Unter- KARB.
<p>Erzführender Kalk</p>	<p>Wildfeldkalk Polsterkalk Flaserkalk</p>	<p>Erzführender Kalk</p>	Ober- Mittel- Unter- DEVON
<p>Silurschiefer</p>	<p>Kalke Kieselschiefer Alaunschiefer</p>	<p>Silurschiefer Li. Ark.</p>	Ludlow Wenlock Llandovery SILUR
<p>Feinsch.</p>	<p>Blasseneck-Porph.</p>	<p>Blass.-Porphyroid</p>	Ashgill Caradoc KAMJ ORDOVIZIUM
<p>Grauwacken- Blass.-Por. schiefer</p>	<p>Untere Schiefer ("Gerichtsgraben- gruppe")</p>	<p>Grauwackenschiefer</p>	Llandeilo Llanvirn Arenig Tremadoc KAMJ ORDOVIZIUM

Schichtbezeichnungen in der Oberen Grauwackendecke
(Eisenerzer Raum)

Als Hangendfazies der Grauwackenschiefer gedeutete Grobklastika (HIESSLEITNER 1931) mußten auf Grund von faziellen Vergleichen zu den permischen Prebichlschichten gestellt werden (siehe geologische Karte). Am Cihakriedel (Finstergaben) kartierte HIESSLEITNER (a.a.O.) eiszeitliche Moränenablagerungen als grobklastische Fazies der Grauwackenschiefer aus.

2.2 Blasseneckporphyroid

Über der klastischen Folge der Grauwackenschiefer erscheint eine max. 800 m mächtige saure Ergußplatte, der sogenannte Blasseneckporphyroid, der in der gesamten nördlichen Grauwackenzone verbreitet ist.

Das Gestein zeigt makroskopisch eine Grundmasse mit zartgraugrüner Färbung, die durch eine Chloritführung bedingt ist. Schon mit bloßem Auge kann man bis zu 2 mm große Quarze und kleinere Feldspäte als Einsprenglinge sehen.

Unter dem Mikroskop beobachtet man eine mikrofelsitische Grundmasse mit sehr augenfälliger Fließtextur. Die Quarzeinsprenglinge haben meist die Andeutung einer Dihexaederform, sind jedoch an den Kanten und Ecken fast immer stark abgerundet. Viele von ihnen zeigen tiefe Einstülpungen von Grundmasse bzw. Schläuche innerhalb der Kristalle, die als Korrosionstaschen bezeichnet werden können und für Quarzporphyre typisch sind. Bei den Feldspäten handelt es sich in erster Linie um Oligoklas bis Albit mit polysynthetischen Zwillingen nach dem Albitgesetz; sie können gleichzeitig nach dem Karlsbader Gesetz verzwillingt sein. Der Biotit ist zum größten Teil bereits in Chlorit umgewandelt. Die variszische (?) Deformation und Metamorphose verwischte oft weitgehend die ursprüngliche Porphyrnatur.

An den Osthängen des Finstergrabens im Bereich des Lahngrabens treten Gesteine auf, die in ihrer Ausbildung stark von dem typischen Blasseneckporphyroid abweichen. Nach Beobachtungen an zahlreichen Schliffen und einer Röntgen-Pulver-Aufnahme handelt es sich hier wahrscheinlich um Ignimbrite und Tuffite.

Eine Mehrphasigkeit des Porphyry-Vulkanismus wird heutzutage abgelehnt. In jüngster Zeit wird er zeitlich ins Untere Ashgill eingestuft (FLAJS & SCHÖNLAUB 1976:270ff).

2.3 „Lichteckarkose“

Zwischen dem Gipfel des Lichteck und dem Radmerhals tritt eine eigenartige Arkose auf, die, soweit ich die bisherige Literatur verfolgen konnte, noch keine besondere Erwähnung fand. HIESSLEITNER (1931) kartierte hier durchgehend Grauwackenschiefer, bzw. die oben erwähnten Sandsteine innerhalb derselben, falls die Höhe 1478 seiner Karte mit dem Lichteck identisch ist, was mir nicht ganz eindeutig erscheint.

Der helle, plattige Sandstein zeichnet sich durch einen hohen Feldspatgehalt (30 - 40 %) aus. Die Korngrößen (ca. 0,6 mm \emptyset) sind deutlich kleiner als die der Einsprenglinge im Porphyroid (\pm 2 mm \emptyset). Die Mächtigkeit kann mit etwa 70 - 100 m geschätzt werden.

Die Arkose vom Lichteck unterscheidet sich von der sandigen Fazies der Grauwackenschiefer durch das Fehlen von Streu-Glimmer, verschiedenen Korngrößen, erhöhtem Feldspatgehalt und dem Fehlen von Übergängen zur umgebenden Schieferfazies. Von dem von FLAJS & SCHÖNLAUB (1976:269f) beschriebenen Polsterquarzit (Ashgill) unterscheidet sie sich in bezug auf den höheren Feldspatgehalt, die fehlende Serizitführung, sowie das Fehlen von Limonitklüften und schwarzen Äderchen.

Trotzdem dürfte sie genetisch ähnlich gedeutet werden wie der Polsterquarzit: Sie wurde vermutlich aus Abrasionsmaterial des Blasseneckporphyroids gebildet, das in diesem Falle nach relativ kurzem Transport zur Ablagerung kam. Eine altersmäßige Stellung im Postvariszikum (Perm?) halte ich für möglich, da praktisch keine Anzeichen einer Schieferung oder einer Einregelung der Bestandteile der Arkose zu erkennen sind.

2.4 Silurschiefer

Auf die Porphyroidplatte folgen die sogenannten Silurschiefer (SPENGLER & STINY 1926:19). Hierunter versteht man eine Folge von dunklen, graphitischen Tonschiefern, schwarzen Kieselschiefern mit Pyrit und - vor allem gegen das Hangende - dunklen, dünnplattigen Kalken. Die Mächtigkeit beträgt etwa 100 - 200 m. Andernorts können die Silurschiefer sehr stark ausdünnen, im Extremfall sogar fehlen, bzw. erst im Ludlow einsetzen (Tirol).

Die Tonschiefer sind zum Teil als Schwärzschiefer ausgebildet (Kupfergraben). Die Kieselschiefer bilden Partien von einigen Metern Mächtigkeit in diesen Tonschiefern und können stellenweise gebleicht sein. Die dunklen Kalke zeichnen sich durch eine Internstruktur aus, die durch einen Wechsel von dunkelgrauen Kalklagen und Bündeln hauchdünner, tiefschwarzer Tonhäutchen im mm-Bereich gekennzeichnet ist.

Die Silurschiefer bilden im Kartenblatt morphologisch mittelsteile, stark bewaldete Hänge aus und stellen für das Grundwasser den Stauhorizont dar, in den darüberlagernden klüftigen Kalken zirkulierenden Wasser dar.

2.5 Erzführender Kalk

Einzelne Kalkbänke durchziehen bereits die Silurschiefer; in ihrem Hangenden liegt eine reine Kalkentwicklung ab Ludlow vor, die sich in bis zu 400 m mächtigen Kalken bis ins Oberdevon fortsetzt. Diese Kalke werden als „Silur-Devon-Kalke“ oder als „Erzführender Kalk“ bezeichnet.

Der „Erzführende Kalk“ ist im allgemeinen ein heller, stets feinkristalliner Flaserkalk oder Tonflaserkalk mit sehr stark variierender Farbe und Struktur und teilweise starker metasomatischer Vererzung. Chemisch handelt es sich im allgemeinen um Mg-freie Kalke, die stets einen gewissen Eisengehalt aufweisen.

Der Erzführende Kalk ist der Hauptfelsbildner der paläozoischen Gesteine; er bildet jedoch bei weitem keine so hohen, steilen Felsen wie die Triaskalke aus. Er ist meist stark bewaldet, bzw. - wie an der Donnersalpe - von ausgedehnten Almwiesen überzogen. Felsrippen treten gelegentlich aus der Vegetation hervor.

2.6 Prebichlschichten

Nach der kaum noch bestrittenen variszischen Faltung der Gesteine der nördlichen Grauwackenzone eröffnen die permischen Prebichlschichten den alpidischen Sedimentationszyklus im Liegenden der weitverbreiteten Werfener Schichten. Sie bilden hier im Ostteil der Ostalpen mit stark schwankenden Mächtigkeiten den basalen Transgressionshorizont des oberostalpinen permo-mesozoischen Gesteinskomplexes der nördlichen Grauwackenzone.

Im Untersuchungsgebiet konnten 6 Gesteinstypen im Liegenden der Werfener Schichten unterschieden werden:

1. Bunte Kalkflaserbrekzie, mit bis zu 30 cm großen roten bis grauen Kalkkomponenten in calzitisch-serizitischer Grundmasse. Sie ist als ehemaliger terrestrischer Lokalschutt aufzufassen und mit der Kalkbrekzie bzw. dem Kalkkonglomerat am Polster und am Erzberg zu vergleichen. Starke Mächtigkeitsschwankungen sind typisch.
2. Quarzkonglomerat mit rötlich geflammt, nur zum Teil gut gerundeten Quarzen und Hornsteinen und vorherrschenden farblosen, bis zu 1 cm großen Quarzgeröllen. Die im Arbeitsgebiet beobachtbare schlechte Sortierung und teilweise auch schlechte Rundung spricht für das Produkt terrestrischer langsamer Abtragung eines Gebietes mit geringem Relief und starker Verwitterung.
3. Grünlicher Sandstein, vermutlich im Hangenden der Quarzkonglomerate. Er enthält Quarzgerölle von einigen mm \varnothing und eckige Quarzbruchstücke, die 1 - 2 cm groß sein können.
4. Helle, grünlich-gelbe Schiefer, die von mm- bis dm-dicken Ankerit-Siderit-Gängen durchsetzt sind. Sie treten stets zusammen mit
5. braunen, feinkörnigen, karbonathaltigem Quarziten auf, die entweder in plattigen Lagen von dm-Stärke oder als massige Komplexe von mehreren Metern Mächtigkeit aber geringer Ausdehnung innerhalb der hellen Schieferfolge vorkommen. Die vererzten Karbonatadern durchsetzen auch diese Quarzite.

Wenn sich diese Schiefer-Quarzit-Folge auch durch die Ankerit-Gänge und das Fehlen von schwarzen Lyditeinlagerungen von den von FLAJS & SCHÖNLAUB (1977) beschriebenen „Eisenerzer Schichten“ (Unterkarbon) unterscheidet, so ist sie doch vermutlich als stratigraphisch

äquivalent anzusehen. Meiner Ansicht nach sprechen jedoch die für die Prebichlschichten so typischen Quarzkonglomerate innerhalb der Schiefer-Quarzit-Folge, die deutlich aufgeschlossenen sedimentären Übergänge in die Werfener Schiefer (z.B. Vogeltemn) und derselbe Deformationsgrad wie die Werfener Schiefer gegen ein unterkarbonisches und für ein postvariszisch-präskythisches Alter, also eine Zurechnung zu den permischen Prebichlschichten.

6. Polymiktes Konglomerat, das aus gut gerundeten Komponenten von typischen Werfener Schiefen und farblosen und roten Quarzen aufgebaut ist. Die Grundmasse setzt sich aus dem Material der oben beschriebenen grüngelben Schiefer - zum Teil verwittert - zusammen. Vermutlich zeigt das Auftreten dieses Konglomerates, daß die Fazies der Prebichlschichten lokal bis ins Skyth hineinreichte.

2.7 Haselgebirge

Zwischen der Ortschaft Radmer und dem Stanglkogel treten mächtige Lager von Gipsen, Rauhwacken und Dolomiten auf. Sie liegen meist im Hangenden (jedoch auch innerhalb) der Werfener Kalke an der Basis der mächtigen Mitteltriaskalke.

Die Gipse sind schneeweiß bis gelblich und häufig als Fasersergips ausgebildet. Dunkelgraue Dolomite liegen zum Teil als eingerutschte Blöcke vor, zum Teil wechsellagern sie mit den Gipsen im cm-Bereich. Daneben kommen dunkelgelbe, poröse Rauhwacken vor.

Die Salinarfolge ist hier 100 bis 200 m mächtig, hat jedoch nur eine horizontale Ausdehnung von ca. 1,5 km. Ihre Position im Hangenden der Werfener Schichten kann da-

Tabelle 2

		LIAS		Jura
		Marshi	RÄT	S
		Suessi (Sevat)		
tk	Dachsteinkalk	Alaun	NOR	
		Lac		
tlrh/y	Karnische Rauwacken und Gipse	Tuval	KARN	a
		Jul		
		Cordevol		
twd	Wettersteindolomit	Langobard	LADIN	i
twk	Wettersteinkalk	Fassan		
		Illyr	ANIS	T
		Pelson		
tmgk	Gutensteiner Kalk	Anatol		
t	Werfener Kalk	Campil	SKYTH	
t	Werfener Schiefer	Seis		
pp	Prebichlschichten	OBERPERM		Perm
py	Haselgebirge			

Schichtbezeichnungen im kalkalpinen Teil
des Arbeitsgebietes

mit erklärt werden, daß das hochmobile permische Gestein unter tektonischem Druck auf Klüften und Störungsbahnen in fremde Gesteine hineingepreßt wurde. Auch ein interskythischer Haselgebirgstransport im Sinne PLÖCHIN-GER's wäre denkbar (1974:86).

Morphologisch bilden die Haselgebirgsvorkommen relativ steile, schlüpfrige Hänge; Dolinen von 5 m Tiefe und ca. 10 m Durchmesser sind nicht selten, z.B. in der Nähe der Riritzmoos-Jagdhütte. Gute Aufschlüsse sind vor allem entlang des Fußweges zum Lugauer an den Quelltrichtern des Sulzbaches zu finden. Diese sind durch rückschreitende Erosion gekennzeichnet. Das Quellwasser weist Sulfathärten von bis zu 77⁰d auf, gegenüber um ca. 8⁰d höher liegenden Gesamthärten des Wassers.

2.8 Werfener Schichten

An der Wende Perm/Trias setzt die Ablagerung der Werfener Schichten ein. An ihrer Basis können bei „vorlandähnlicher Fazies“ (TOLLMANN 1965) die Werfener Quarzite auftreten, bei „vorlandfremder Fazies“ kommt der Werfener Kalk im Hangenden der Schiefer vor.

Im Untersuchungsgebiet fehlt der Werfener Quarzit; Werfener Schiefer und Werfener Kalk bilden große Flächen vor allem bei Eisenerz und in der Radmer und lagern dort den oben beschriebenen Prebichlschichten konkordant auf. Erstmals in diesem Raum konnten Werfener Schiefer und Werfener Kalk auch kartographisch auseinandergehalten werden.

Als Werfener Schiefer werden 300 - 400 m mächtige, rote und grüne, sandig-tonige Schiefer bezeichnet. Charakteristisch sind - das gilt auch für die Werfener Kalke - silbrig glänzende Muskovitschüppchen, die besonders auf den s-Flächen angereichert sind.

Die Werfener Schiefer sind als Wasserstauer für die Wasserwirtschaft von großer Bedeutung. So liegen die meisten Quellfassungen des Untersuchungsgebietes im Bereich dieser Schiefer: an der Prossen, am Eingang der Großen und der Kleinen Fölz und nördlich der Ortschaft Radmer.

Aus den Werfener Schiefen entwickeln sich im oberen Skyth die Werfener Kalke, die hier als plattige Kalksandsteine mit Mergelzwischenlagen vorliegen. Im oberen Drittel der 280 m mächtigen (Kleine Fölz) Abfolge erscheinen mehrere ca. 20 cm mächtige Oolit-Lumachelle-Horizonte mit ca. 1/2-1 cm großen Schnecken- und Muschelschalen, deren Bestimmung noch aussteht. Sedimentstrukturen wie Bänderung mit Gradierung, Strömungsmarken, Wellenrippeln und Ballen- und Wickelstrukturen, sowie Rutschungsfalten sind sehr häufig. Die 3 Letztgenannten sind Ausdruck synsedimentärer subaquatischer Bewegungen des Sediments. Ein vollständiges Profil ist im orographischen linken Bachbett der Kleinen Fölz aufgeschlossen.

2.9. Gutensteiner Kalk

Mit dem Gutensteiner Kalk setzt die mehr oder weniger geschlossene Karbonatsedimentation in der gesamten N-alpinen Trias ein.

Von den Hangend- und Liegendgesteinen ist er dadurch gut zu unterscheiden, daß ihm eine dunkelgraue bis tiefschwarze Farbe eigen ist, daß er stark von Calcitadern durchsetzt ist und sich durch einen hohen Bitumengehalt auszeichnet. Er ist fast immer gut geschichtet, dünnbankig und leicht verfaltbar. Im Dünnschliff erweist er sich meist als Mikrit mit Radiolarien und Spikulae.

Die Mächtigkeit des Gutensteiner Kalkes schwankt zwischen 70 und 100 m. Altersmäßig umfaßt er das Anis bis zum Ende des Pelson.

Tabelle 3: Karbonatgehalte der mesozoischen Schichten
im Arbeitsgebiet

Schicht	CaCO ₃ Gehalt	MgCO ₃ Gehalt	Lokalität
Dachsteinkalk (g)	94,1 %	2,5 %	Kalte Mauer, Mauerhochfläche
Dachsteinkalk (g)	94,1 %	1,3 %	Kalte Mauer, nördl. Gipfelmassiv
Dachsteinkalk (m)	97,1 %	1,7 %	Oberhalb Riffwand
Dachsteinkalk (m)	95,1 %	4,6 %	Rohrmauer
Dachsteinkalk (m)	87,1 %	10,1 %	westl. d. Großen Scharte
Raibler Schichten	75,1 %	6,7 %	westl. Spielkogelgrat
Wettersteindolomit (o)	52,5 %	44,7 %	westl. Spielkogelgrat
Wettersteindolomit (o)	53,5 %	41,7 %	Brunnbach-Bachrunse
Wettersteindolomit (o)	56,0 %	38,8 %	N-Hang d. Meisterkögerl
Wettersteindolomit (o)	64,6 %	27,0 %	Melkstattgrat
Wettersteindolomit (u)	69,1 %	6,7 %	Oberh. Reitsteig
Wettersteindolomit (u)	63,1 %	36,7 %	Oberh. Riffwand
Wettersteindolomit (u)	64,1 %	32,0 %	Oberh. Hasenwilzingh.
Wettersteindolomit (u)	52,0 %	25,3 %	Oberh. Hasenwilzingh.
Wettersteinkalk	96,1 %	1,3 %	Seemauer, Senkkögerl
Wettersteinkalk	83,1 %	14,3 %	Plankogel N-Seite
Gutensteiner Kalk	87,1 %	6,7 %	Seemauer, oberh. Campingplatz
Ob. Werfener Schichten (Mergellage)	21,0 %	1,7 %	Seemauer, oberh. Campingplatz
Ob. Werfener Schichten (Kalklage)	53,5 %	2,5 %	Seeriedel, oberh. Schloß
Unt. Werfener Schichten	1,5 %	1,6 %	Untere Prossen

(g) = geschichtete Fazies

(m) = massige Fazies

(o) = zwischen den Dachsteinkalkkomplexen

(u) = zwischen Wettersteinkalk u. Dachsteinkalk

2.10 Wettersteinkalk

Der Wettersteinkalk, das verbreitetste Schichtglied im Arbeitsgebiet, ist zusammen mit dem Dachsteinkalk der Hauptfelsbildner in den östlichen Nordkalkalpen.

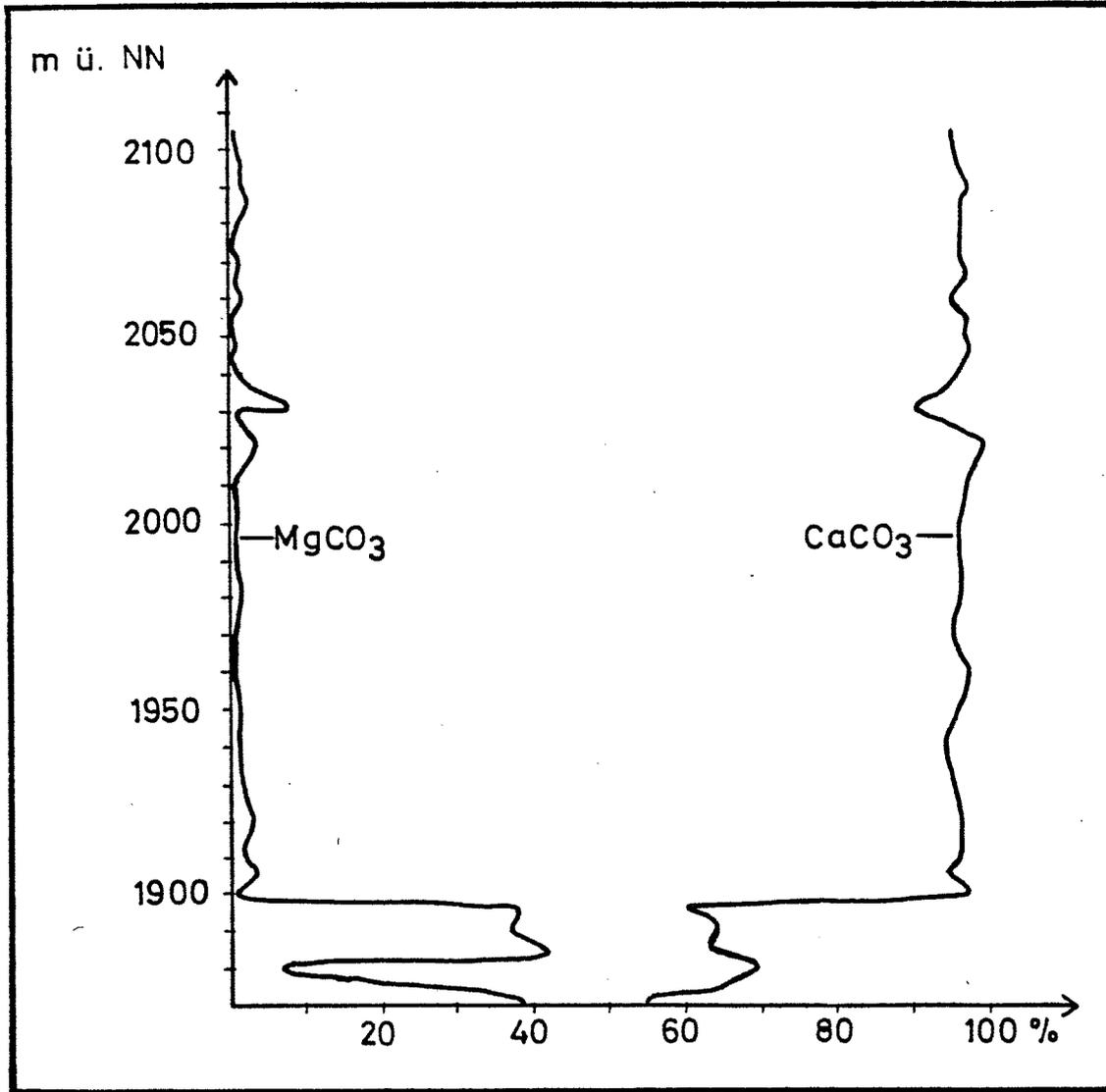
Es handelt sich um einen hell- bis mittelgrauen, massigen, mehr oder weniger dolomitischen Kalk, der im Gegensatz zum Gutensteiner Kalk hell anwittert. Die Schichtung ist meist nur aus größerer Entfernung zu erkennen, da die Bänke oft mehrere Meter mächtig sind.

Unter dem Mikroskop sieht man in erster Linie Intrasparite mit Intraklasten, Ooiden und Lumps. Letztere deuten darauf hin, daß die Ablagerung im Rückgriff-Bereich, also in Lagunen, stattgefunden hat. Eine detaillierte Faziesgliederung der Kalke wurde jedoch nicht durchgeführt (vgl. OTT 1973:255 ff).

Da meine Grenzziehung zum Wettersteindolomit in der geologischen Karte zum Teil stark von derjenigen von SPENGLER (1926) und AMPFERER & HAMMER (1933) differiert, wurde zur Bestätigung der vorliegenden Kartierung vom Gipfel des Hochkogels durch die Felswand nach SW ein enges Probenprofil (ca. 5 m Abstand) gelegt und von diesen Proben die Ca/Mg-Karbonat-Gehalte bestimmt (s. Abb. 1).

Die Mächtigkeit des Wettersteinkalkes kann mit etwa 600 bis 800 m angenommen werden, was auch den Verhältnissen im benachbarten Gesäuse entsprechen würde.

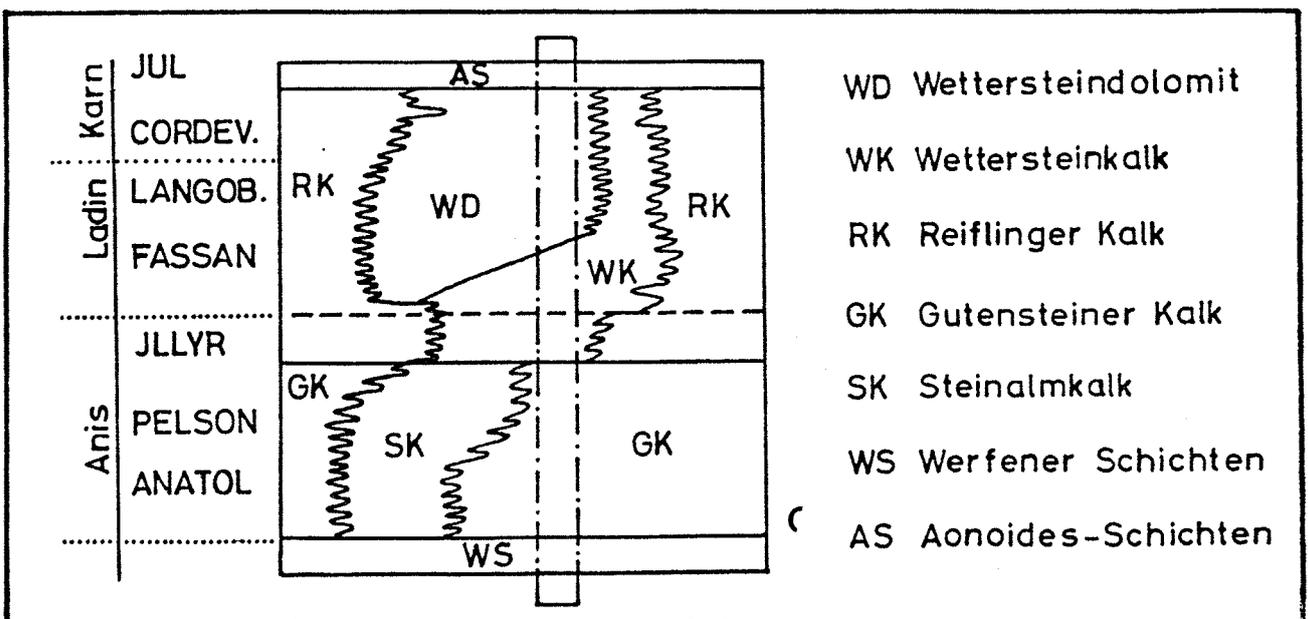
Altersmäßig umfaßt der Wettersteinkalk zusammen mit dem Wettersteindolomiten nicht nur, wie früher angenommen, das Ladin; er setzt vielmehr im Illyr (Oberanis) ein und reicht bis an die Grenze Cordevol/Jul innerhalb des Karn (s. Abb. 2).



Ca/Mg - Verhältnis einer Probenserie vom Hochkogel nach SW.

Faziesverzahnung im Anis/Ladin

Abb. 2



2.11 Wettersteindolomit

Der Wettersteindolomit durchsetzt den Wettersteinkalk stockförmig, das heißt er verzahnt sich seitlich mit ihm.

Es handelt sich um einen weißen bis hellgrauen, zuweilen auch schmutziggrauen, zuckerkörnig anwitternden, massigen Dolomit. Gelegentlich läßt sich aber eine gute Bänderung beobachten. Besonders charakteristisch ist, daß er fast überall als feingrusige, splittrige marine Brekzie mit glitzernden Dolomitkristallen ausgebildet ist. Kavernöse Strukturen sind recht häufig; die drusenartigen, von Dolomitkristallen ausgekleideten Hohlräume sind wohl auf eine Volumenverminderung bei der Dolomitisierung zurückzuführen. Die Zerstörung der Algenumrisse deutet auf eine postsedimentär bzw. spät-diagenetisch erfolgte Dolomitisierung hin.

Die Grenze zwischen Wettersteindolomit und Wettersteinkalk ist nicht selten gestört, da Kalk und Dolomit unterschiedlich auf tektonische Beanspruchung reagieren. Ihre Gesamtmächtigkeit kann mit 750 bis 900 m beziffert werden.

2.12 Karnische Rauhwacken und Gipse

Das Karn, besser das Jul und Tuval, ist im Raum nördlich von Eisenerz primär weitgehend oder sogar völlig reduziert. Die Gesteine treten im Arbeitsgebiet als max. 5 m mächtiges, auffällig gefärbtes Band unterhalb der Dachsteinfelsen auf.

Es handelt sich um ockergelbe Rauhwacken mit wabig-zelligem Gefüge, kavernösen Strukturen, feinen Brek-

zieneinschlüssen und winzigen Kieselgeröllen. Stets kommen sie zusammen mit Gipsen vor, die meist gut gebändert sind. Sie können einen dünnen Belag auf den Störungsflächen bilden oder aber in richtigen „Nestern“ auftreten.

Aufgrund ihrer Inkompetenz und ihrer Lage zwischen zwei starren Kalkplatten wurden sie bei tektonischer Beanspruchung als Gleitteppich verwendet. Wahrscheinlich sind sie als aus tektonischen Brekzien entstandene polymikte Rauhdecken zu deuten (vgl. LEINE 1971).

Morphologisch recht auffallend sind die 2 - 5 m tiefen Dolinen, die die Rauhdecken/Gips-Bänder begleiten. Als Quellhorizont haben sie eine gewisse Bedeutung.

2.13 Dachsteinkalk

Der Dachsteinkalk konnte in Anlehnung an die derzeitige Rifforschung in den obertriadischen Kalken drei verschiedenen Faziesbereichen eines Rifffes zugeordnet werden^{*)}.

Im Bereich des Zwölferkogels weisen Riffknospen mit Korallen als Riffbildner, der massige bis grobgebankte Habitus des Gesteinskörpers und das Fehlen von Ooiden und Pellets im Dünnschliff auf eine Entstehung im zentralen Riffbereich hin.

Der riffnahe Rückriffbereich kann südlich des Kalte Mauer-Massives (Melkstatt, Spielkogel, Rohrmauer) angenommen werden. Die massig-ungeschichtete Fazies, das Fehlen von eigentlichen Riffknospen einerseits und Me-

^{*)} Eine detaillierte mikropaläontologische Untersuchung der Biocönosen steht zurzeit noch aus; der Untersuchungsbereich muß außerdem über das Kartenblatt ausgedehnt werden.

galodonten andererseits, sowie mikrofaziale Merkmale weisen auf einen Ablagerungsbereich dicht hinter dem Riff hin. Im Dünnschliff trifft man Pelsparite mit Intraklasten, Biointrasparite mit Dasycladaceen und Oosparite mit Lumps an.

Die Gesteine des eigentlichen Gipfelmassivs der Kalten Mauer und seiner östlichen Fortsetzung wurden im riffernen Rückriff gebildet. Die Kalke sind charakterisiert durch eine ausgezeichnete Schichtung mit Bänken in dm- bis m-Stärke, durch zum Teil massenhaftes Vorkommen von Megalodonten und sehr häufiges Auftreten von dolomitischen Millimeter-Rhythmiten, die durch sogenannte „Algenmatten“ hervorgerufen sein dürften. Rotpelite als Spaltenfüllungen sind besonders in dieser Fazies häufig.

An der Kalten Mauer und am Spielkogel sind bereits 400 m aufgeschlossen; die Kalke können bis zu 1000 m mächtig werden. Heute wohl allgemein anerkannt umfaßt der Dachsteinkalk das gesamte Nor und Rät.

2.14 Quartärablagerungen

An einigen Stellen des Arbeitsgebietes treten M o - r ä n e n auf, die als Ablagerungen lokaler Vergletscherung aufzufassen sind, da sie geographisch an bestimmte Täler gebunden zu sein scheinen und das Geschiebe sich stets aus Gesteinen der näheren Umgebung zusammensetzt. So staut zum Beispiel am Ende des Münichtales eine Endmoräne mit sichelartig geformten Wällen den Leopoldsteiner See auf. Am Ausgang des Großföhltales wurde eine Endmoräne von einem Bergsturz aus der Kaiserschild-Ostwand überfahren und nachträglich von der Erosion wieder angeschnitten. Zeugen ei-

ner Seiten- oder Grundmoräne konnten am Ost-Hang des Finstergrabens nachgewiesen werden. Die von HAMMER (1933) kartierten Moränen entlang des Erzbaches und Radmerbaches sind als Terrassensedimente anzusehen.

G e h ä n g e b r e k z i e n kommen im Untersuchungsgebiet relativ häufig unterhalb der großen Felswände vor. Sie bestehen aus schwach bis nicht kantengerundetem Schutt des Wetterstein- bzw. Dachsteinkalkes, der bis zu kopfgroß sein kann; das poröse, gelbliche Bindemittel ist stets sehr calzitisch und verkittet die Kalkkomponenten unterschiedlich stark miteinander. Südlich des Stanglkogels sind aus diesem Material 20 bis 30 m hohe Türme entstanden.

Entlang des Erzbachtales und beiderseits des unteren Radmerbaches treten T e r r a s s e n k o n g l o m e r a t e morphologisch stark in Erscheinung; sie können zum Teil bis zu 50 m hohe und senkrechte Felswände bilden. Gegenüber der neuen Schule von Münichthal ist eine großmaßstäbliche Schrägschichtung in den Terrassensedimenten aufgeschlossen. Diese Erscheinung kann durch eine großtektonisch bedingte Hebung im Süden des Gebietes während der Spätzeit der Ablagerung der Konglomerate erklärt werden.

Als r e z e n t e S e d i m e n t e wurden Hangschutt, Schwemmkegel der Bäche, Talsedimente und eine Hochofenschlacke in der geologischen Karte unterschieden.

3. T e k t o n i k

3.1 Überblick über den tektonischen Bau der Grauwackenzone und der Nördlichen Kalkalpen

Das Arbeitsgebiet liegt an der Grenze zweier Großeinheiten der Ostalpen, der nördlichen Grauwackenzone im Süden und der Nördlichen Kalkalpen im Norden. Beide gehören der großtektonischen Einheit des Oberostalpins an, wobei die Gesteine der nördlichen Grauwackenzone den paläozoischen Untergrund für die meist transgressiv darüberlagernden permomesozoischen Gesteine der Nördlichen Kalkalpen darstellen.

Die nördliche Grauwackenzone ist über das mittelostalpine Kristallin N-vergent überschoben und besteht selbst aus 2 größeren Deckeneinheiten, die entlang + Ost-West-streichenden „Norischen Überschiebung“ aneinandergrenzen. Seitdem die Rannachserie als Perm anerkannt worden ist, scheint generell ein alpidisches Alter für den Deckentransport innerhalb der Grauwackenzone erwiesen zu sein. Die Innenstruktur der Oberen Grauwackendecke (= Norische Decke) wurde stark geprägt durch die variszische Gebirgsbildung in Form eines Falten- und Schuppenbaues und eines lokalen Deckenbaues. Daneben ist die alpidische Gebirgsbildung für die interne Bruchtektonik der variszisch angelegten Teildecken und Schuppen verantwortlich.

Das Permomesozoikum der Nördlichen Kalkalpen folgt im Raum Eisenerz transgressiv über der gewöhnlich im Oberdevon endenden Schichtfolge der Oberen Grauwackendecke; andernorts ist die Grenze meist gestört. Vor allem die hochteilbewegliche Schieferfazies des Permoskyth gab den starren, mächtigen, darüberlagernden Kalk-

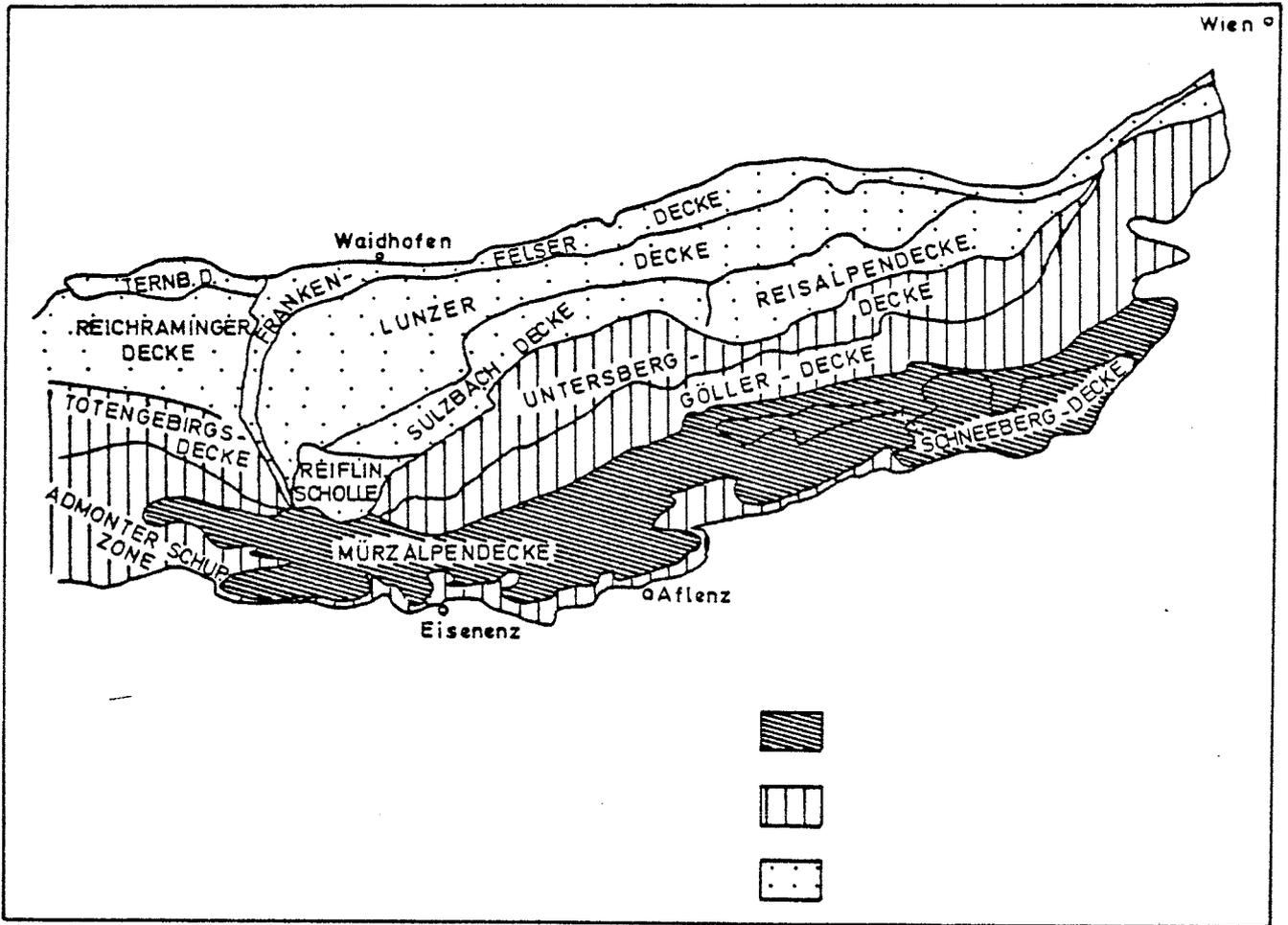
platten die Möglichkeit, dem tektonischen Druck und/oder der Gravitation folgend, nach Norden zu gleiten. So werden in den Nördlichen Kalkalpen mehrere Deckeneinheiten unterschieden (siehe ABB. 3). Nach Angaben von TOLLMANN (1976:363) soll dabei die Mürzalpendecke völlig isoliert auf dem Tirolikum „schwimmen“; das bedeutet, daß am Kalkalpen-Südrand stets ein schmaler Streifen Tirolikum zutage tritt.

3.2 Tektonik der Anteile der nördlichen Grauwackenzone im Kartenblatt

Die Tektonik im Raum Finstergraben - Radmerhals zeichnet sich durch eine intensive variszische Verschuppung der altpaläozoischen Gesteine aus. HIESSLEITNER (1931: 69) postuliert hier die sogenannte Radmerstörung, die NNW-SSE streichend und steil nach Osten einfallend nach Norden unter die kalkalpine Trias abtauchen soll. Ihr Vorhandensein wird von FLAJS & SCHÖNLAUB (1973:248) aufgrund von Beobachtungen einige km südlich des Arbeitsblattes bestritten; sie sprechen sich für einen „primären ungestörten Schichtverband“ am Ostrand des Finstergrabenporphyroids aus, indem sie die im Hangenden des Porphyroids liegenden Schiefer als Silur einstuften (Conodonten).

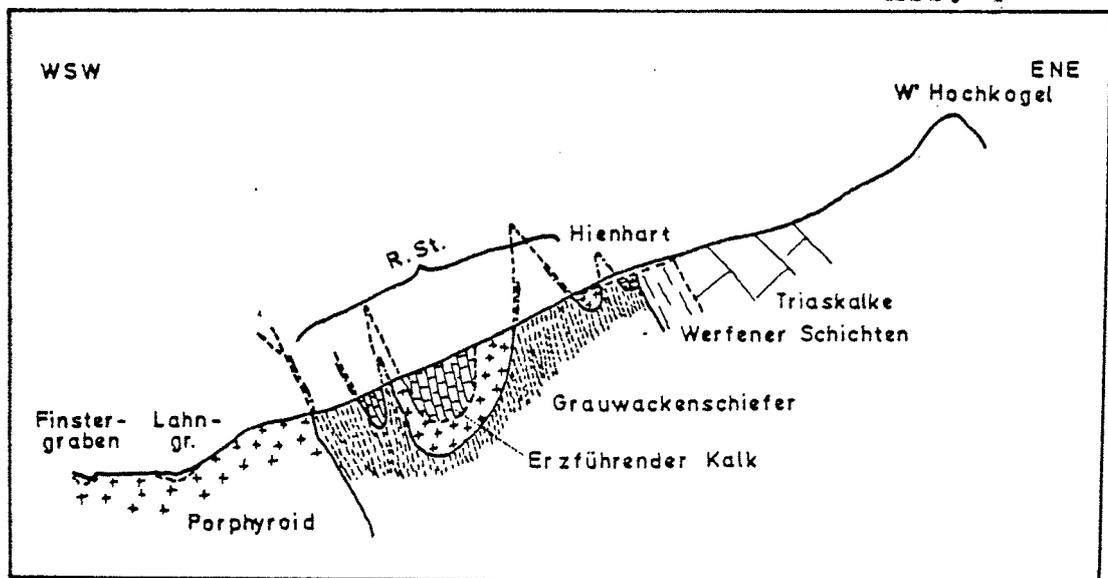
Um kleintektonisch den Faltungsstil der paläozoischen Gesteine in diesem Raum zu verdeutlichen, sei im folgenden als Beispiel für die zahlreichen Messungen ein ausgezeichneter Aufschluß von ca. 6 m² Ausdehnung innerhalb der Grauwackenschiefer näher betrachtet (Heindlgraben Höhe 835). Hier wurden die Meßwerte für die Diagramme D₁ - D₃ entnommen (siehe ABB. 4).

Abb. 3



Tektonische Einheiten im E.-Teil der N' Kalkalpen

Abb. 4

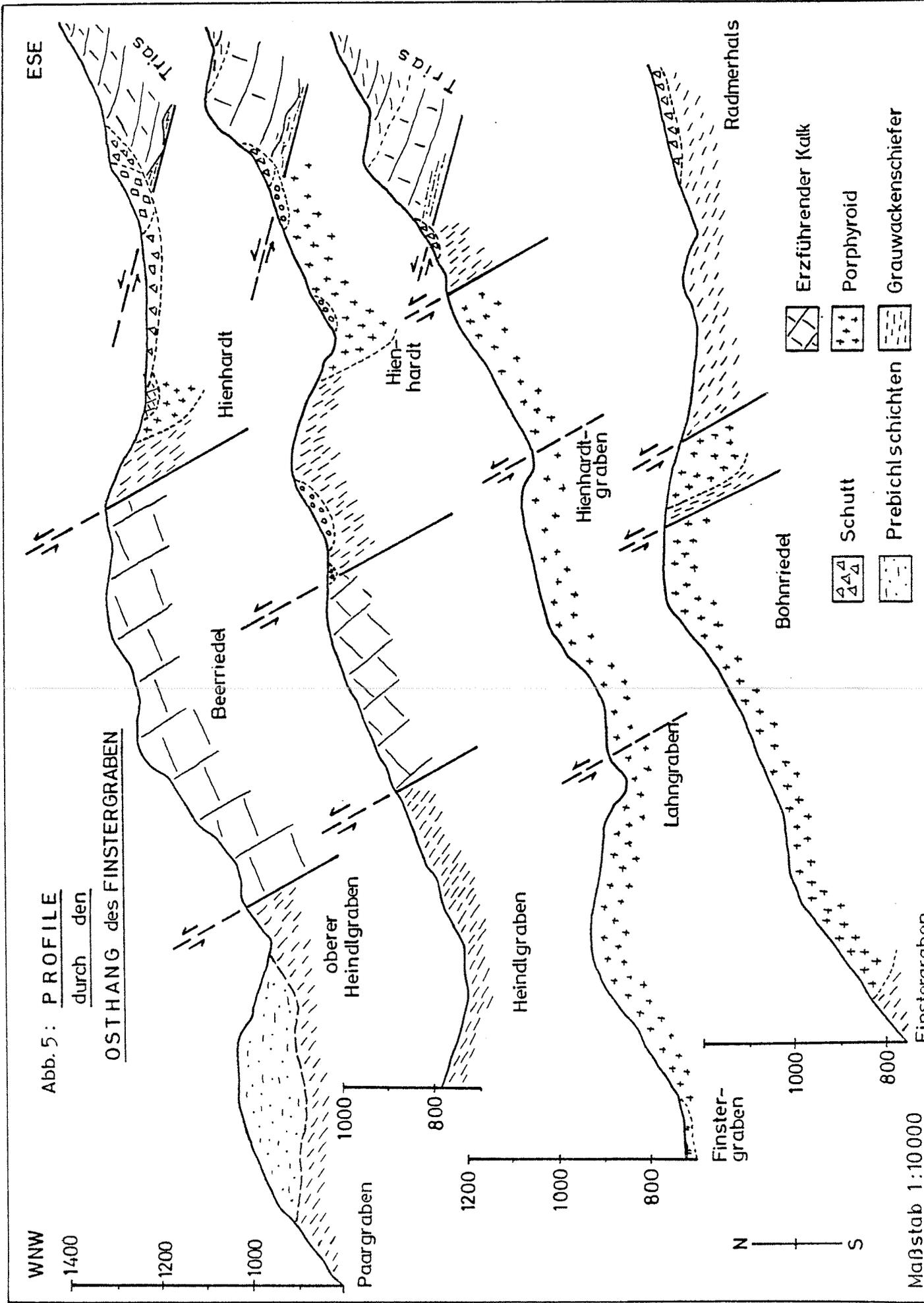


Profil durch den E-Hang des Finstergrabens

Diese Diagramme bestätigen zusammen mit anderen Messungen den etwa NNW-SSE-streichenden Faltenbau mit seiner WSW-Vergenz. Generell streichen Schichtung und Schieferung NW-SE. Störungsflächen sind in dem stark bewaldeten Gebiet nicht aufgeschlossen.

Die detaillierte Kartierung im Maßstab 1 : 10.000 erbrachte eine gewisse Klärung der komplizierten Tektonik, zumindest im Nordost-Teil des Finstergrabens. Meiner Ansicht nach handelt es sich um einen einfachen \pm W-vergenten Falten- und Schuppenbau entlang mehr oder weniger parallel liegender und nach ESE einfallender Aufschiebungen (siehe Profile ABB. 5). Er erklärt das Auftreten der Grauwackenschiefer im Hangenden des Porphyroids. Der Komplex von Erzführendem Kalk am Beerriedel läßt sich so ohne Schwierigkeiten in den Schuppenbau einfügen. Entlang WNW-ESE-streichender Querstörungen sind die Schuppen sekundär, also post-variszisch abgeschnitten.

Die äußerst komplizierte Tektonik HIESSLEITNER's mit ihren ausgequetschten Schollen, Einspießungen, Tauchfalten und Gleitungen an der Grenze Grauwackenschiefer/Blasseneckporphyroid, sowie die NNW-SSE-streichende Radmer-Störung konnten somit nicht bestätigt werden. Die von FLAJS & SCHÖNLAUB (a.a.O.) im Mitterriedelgraben nachgewiesene konkordante Schiefer-Überlagerung über dem Porphyroid kann nicht auf die Schiefer-Vorkommen im Hienhart, im oberen Lahngraben und westlich des Radmerhalses übertragen werden, da diese als typische Grauwackenschiefer in der gleichen Ausbildung wie an der Mündung des Finstergrabens vorliegen.



Vom Bergrücken Donnersalpe - Tullek - Mitterriedel wurde der Südhang bis zur Ramsau und nach Eisenerz von FLAJS (1967) bereits eingehend bearbeitet. In der nördlichen Fortsetzung fand ich seine Vorstellungen im großen und ganzen bestätigt.

Aus den beiliegenden Profilen (siehe ABB. 6) ist ein Überschiebungsbau ersichtlich, bei dem längs einer flachen Überschiebungsbahn silurische Gesteine über oberdevonische Kalke befördert worden sind. Die Liegendeinheit ist an der Unteren Lagstatt wahrscheinlich noch in sich verschuppt. Darauf weist eine gut verfolgbare Schichtwiederholung in den Erosionsfenstern der Bäche hin. Ein Schürfling aus Oberdevonkalk teilt die hangende Einheit in zwei Teile.

Aufgrund eines mehrmaligen Versatzes der Schichtgrenzen nehme ich nördlich der Hohensteinmauer eine N-S-streichende Störung an. Nach den vorhandenen Aufschlüssen läßt sich feststellen, daß die Spezialschuppung der Liegendeinheit von Osten bis an diese Störung reicht. Genau in der südlichen Verlängerung, also jenseits der Werfener Schiefer vom Tulleckgrat, kartierte FLAJS eine ebenfalls N-S-streichende Störung, mit der die Störung nördlich des Tulleckgrates wahrscheinlich zusammengehört. Sie zieht somit quer zum Streichen des Bergrückens von der Großen Fölz bis zum Weibenbach und bewirkte eine relative Hebung des Ost-Flügels. Die Störung stellt somit eine Parallelstörung zu der von FLAJS (1967:183f) ca. 1 km östlich angenommenen Großstörung dar, bei der der West-Flügel um etwa 500 m relativ abgesunken sein soll.

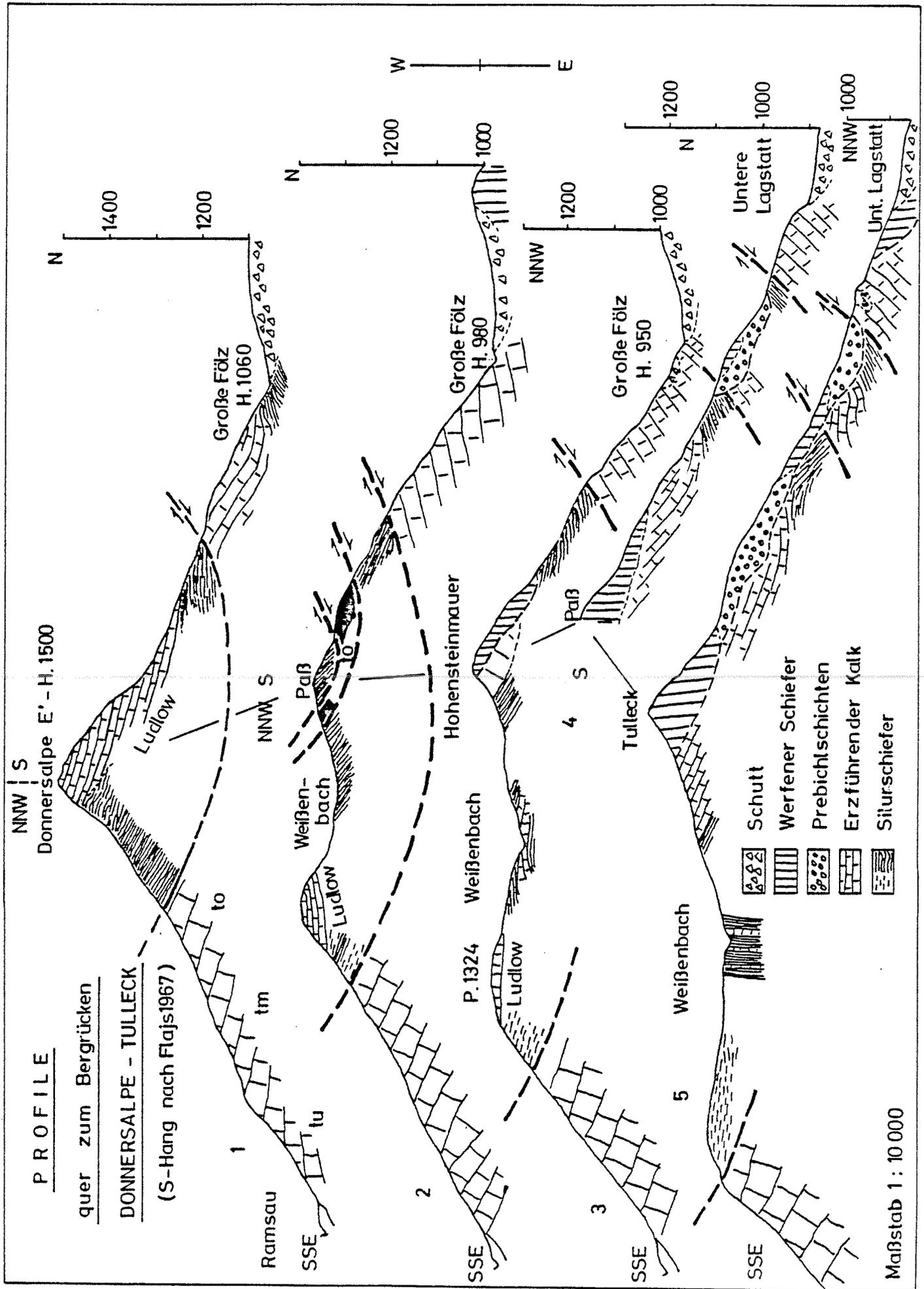


Abb.: 6

Für FLAJS stellen sich die tektonischen Verhältnisse als Teil eines variszischen Deckenbaues dar, der innerhalb der Norischen Deckeneinheit auftreten soll. Die sogenannte Wildfelddecke wurde hier von der sogenannten Reitingdecke (Gipfelbereich Donnersalpe - Tulleck) überschoben.

Von der Donnersalpe Richtung Westen ist die Kalk/Schiefergrenze durch Prebichlschichten verdeckt. Erst die Erosionsanschnitte der Großen Fölz und des Kupfergrabens geben wieder den Blick auf den altpaläozoischen Untergrund frei. Hier treten unter den Kieselschiefern der Reitingdecke wieder die Kalke der Liegendeinheit auf. Darunter schneidet der Kupfergrabenbach mit den schwarzen Ton- und Kieselschiefern vermutlich das Unterlager dieser Kalke (Wildfelddecke) an. Die Mächtigkeit der Kalke im Kupfergraben muß dabei tektonisch reduziert sein.

Am Gegenhang, zum Lichteck hin, treten Grauwackenschiefer (Ordovizium) aus dem Untergrund hervor. Aufgrund der Lagerungs- und Mächtigkeitsverhältnisse der darauf folgenden Silurschiefer und Kalke nehme ich etwa in Höhe 1150 m eine Aufschiebung an (siehe Profil ABB. 7).

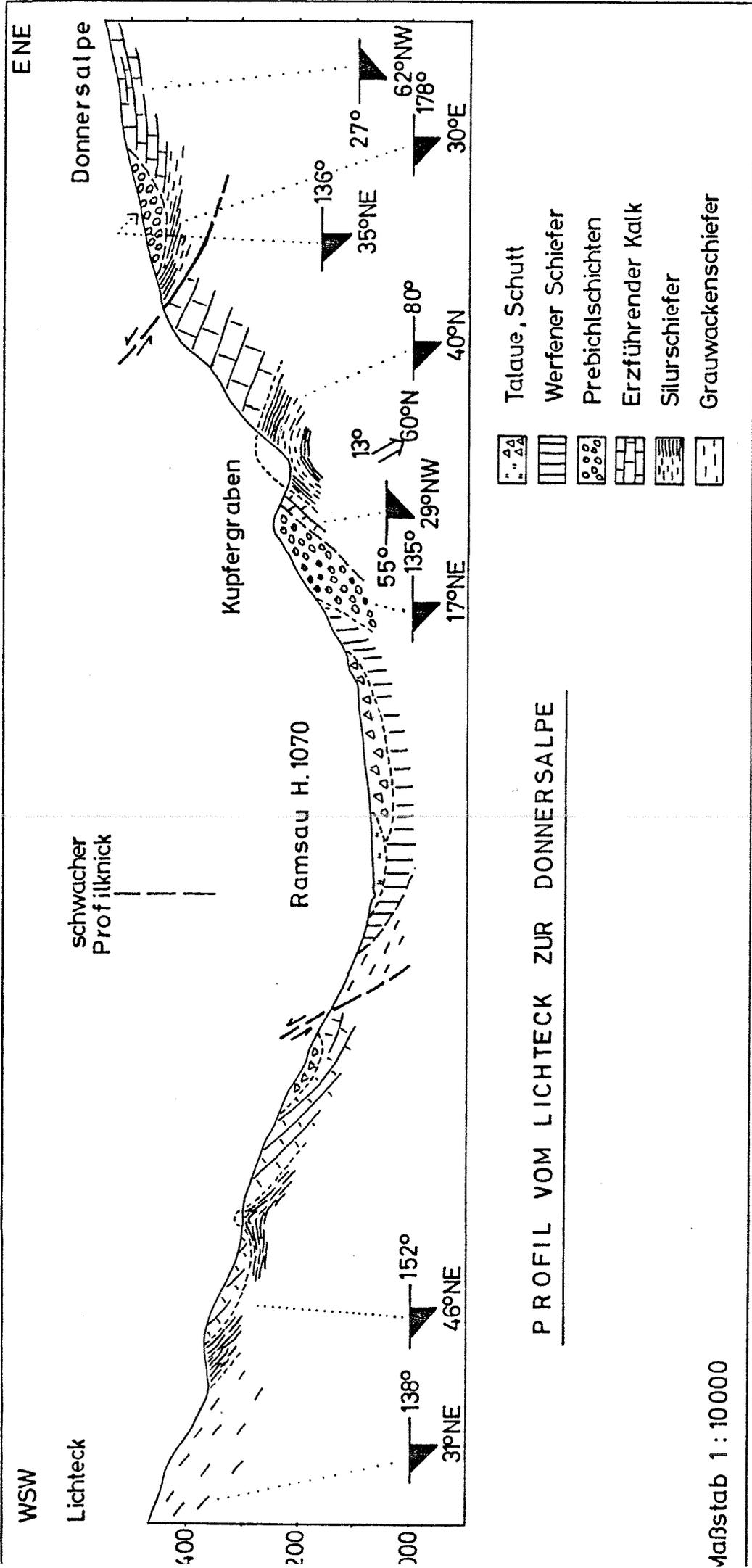


Abb.: 7

3.3 Tektonik im kalkalpinen Mesozoikum des Kartenblattes

Die Tektonik im kalkalpinen Mesozoikum des Arbeitsgebietes ist geprägt durch den unterschiedlichen Komplexgrad der stratigraphisch aufeinanderfolgenden Schichten. Die Riffschuttkalke des Wetterstein- und Dachsteinkalkniveaus verhalten sich wie starre Platten. In ihnen herrscht eine Bruchtektonik vor. Als tektonisch inkompetent muß man die dünn- bis mittelbankigen Werfener Schichten, den Gutensteiner Kalk und besonders die gipsführenden oberkarnischen Schichten bezeichnen.

Das generelle E-W-Streichen der Schichtausbisse zeichnet die für die Ostalpen typische, in N-S-Richtung verlaufende Hauptbeanspruchung nach. Die Abnahme des Alters der Gesteinsfolge nach Norden weist auf eine großtektonische Einmündung gegen Norden in diesem Abschnitt der Kalkalpen-Südseite hin.

Sehr deutlich werden bereits aus dem Kartenblatt die Folgen der Querbeanspruchung. So ergibt sich aus der Position der untertriadischen Gesteinsvorkommen, aus dem umlaufenden Streichen und den Einfallswinkeln (zum Muldenkern hin, vom Sattelkern weg) ein großwelliger quer zur Hauptverfaltung liegender Faltenbau. Von Westen nach Osten kann man von dem „Radmer-Quersattel“, der „Kaiserschild-Quermulde“ und dem „Münichtal-Quersattel“ sprechen. Die Achsen fallen dabei flach mit etwa 6° bis 20° nach NNE ein.

Die Querwellung konnte auch kleintektonisch veranschaulicht werden. Im Sammel-Diagramm D_4 wurden die Schichtlagerungswerte im Gutensteiner Kalk der Seemauer als Flächenpole ins Schmidt'sche Netz eingetragen. Aus der

Streuung von Streichen und Fallen der ss-Werte ergeben sich Häufigkeitsverteilungen, die bestimmten Richtungen folgen (siehe ABB. 8).

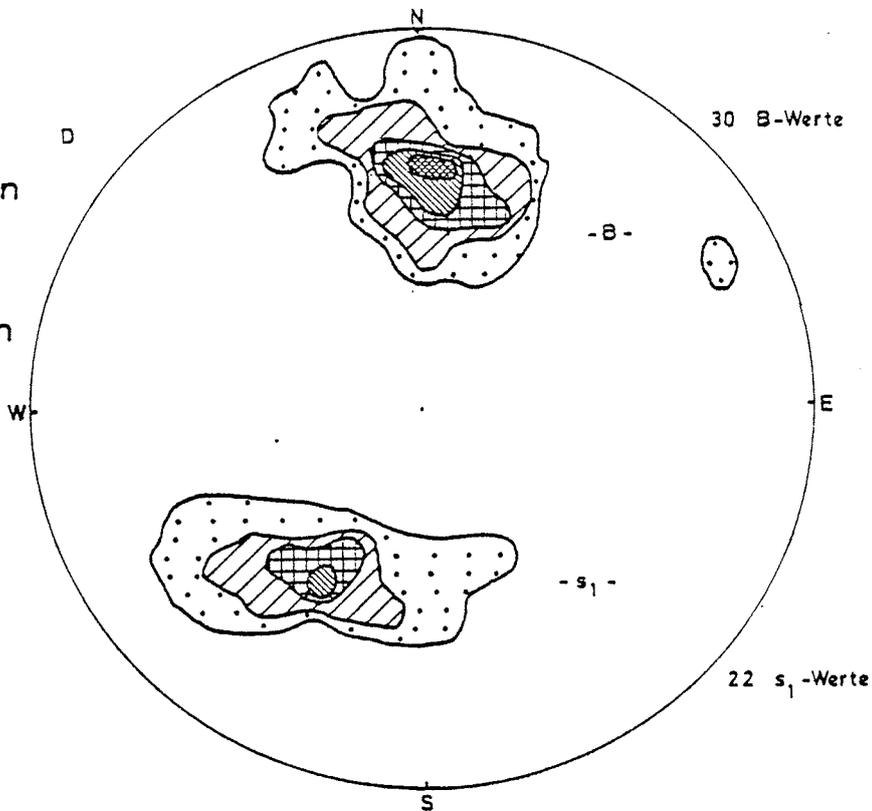
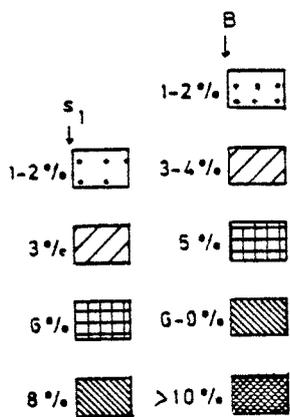
Aus den Diagrammen läßt sich ablesen, daß die Faltenachsen der Querbeanspruchung generell mit 0° - 20° nach NNE einfallen, die der Hauptbeanspruchung nach WNW. Außerdem ist aus Diagramm D_4 eine leichte W-Vergenz der Querwellung und eine NNE-Vergenz der Hauptfaltung zu erkennen (o = gemessene Faltenachsen).

Kalkalpen-Süd-Rand. Über einem tirolischen Rumpf lagert eine Decke des Juvavikums, die Mürzalpendecke (TOLLMANN). Ihre Allochthonie scheint heute gesichert zu sein. Ihr Südrand durchzieht das Arbeitsgebiet und wurde hier genauer verfolgt.

Im Raum zwischen Vorderradmer und Stanglkogel tritt das Oberperm sowohl in der Fazies der Prebichlschichten als auch in der des Haselgebirges zutage. Die beiden Vorkommen sind nur etwa 1000 m voneinander entfernt - Werfener Schiefer und Kalke liegen dazwischen.

Hier eine stratigraphische Faziesgrenze im Oberperm zu vermuten, halte ich für sehr unwahrscheinlich, da der Fazieswechsel völlig übergangslos und damit für das Perm der östlichen Nordkalkalpen atypisch wäre. Die beiden Perm-Fazies dürften vielmehr durch großtektonische Bewegungen heute dicht benachbart auftreten und hier zwei Deckeneinheiten angehören, die verschiedenen Heimatgebieten entstammen. Die Deckengrenze der auflagernden Mürzalpendecke kann in diesem Raum nur innerhalb der relativ hochteilbeweglichen Werfener Schiefer liegen (vgl. geologische Karte). Das hochmobile Haselgebirge, das ursprünglich die Basis der oberen

Abb. 8 : Diagramme mit der statistischen Verteilung von Faltenachsen, Schieferungsfl., Striem. u. Klüften



D₁₋₃ Lokalität :
Heindlgraben Höhe 885

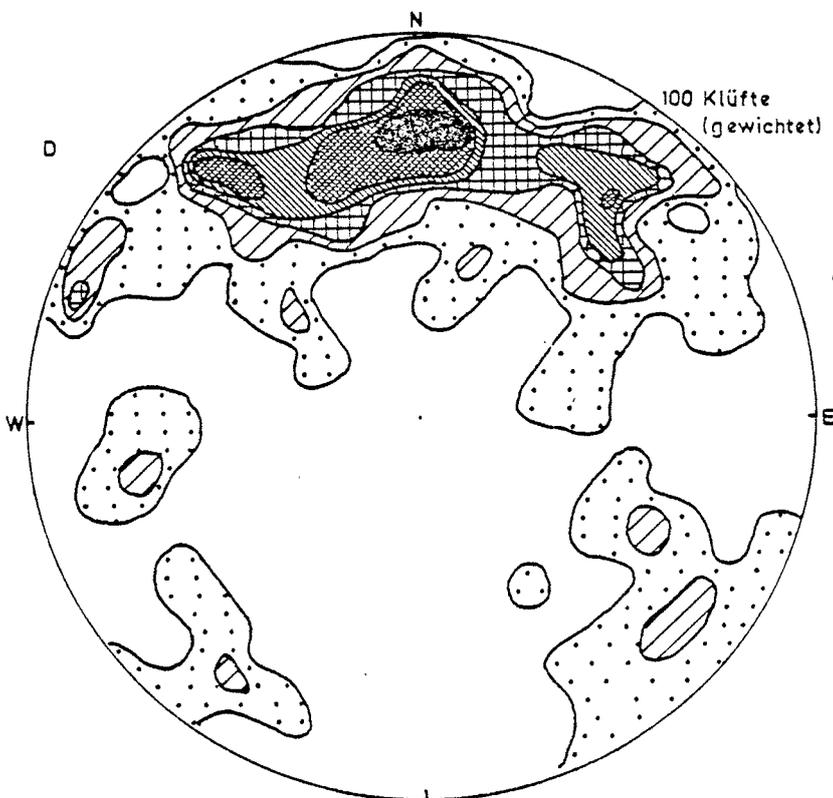
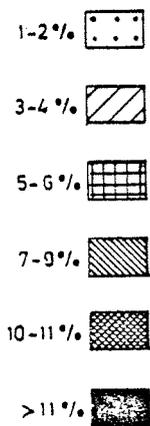
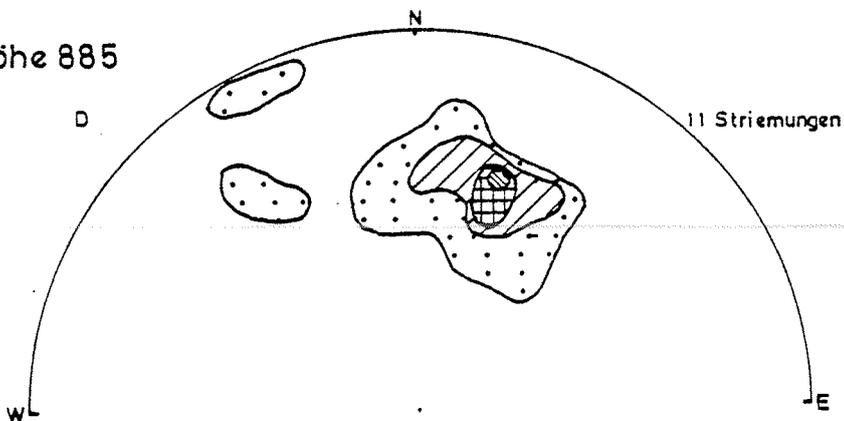
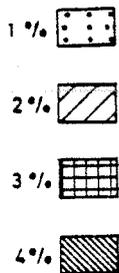
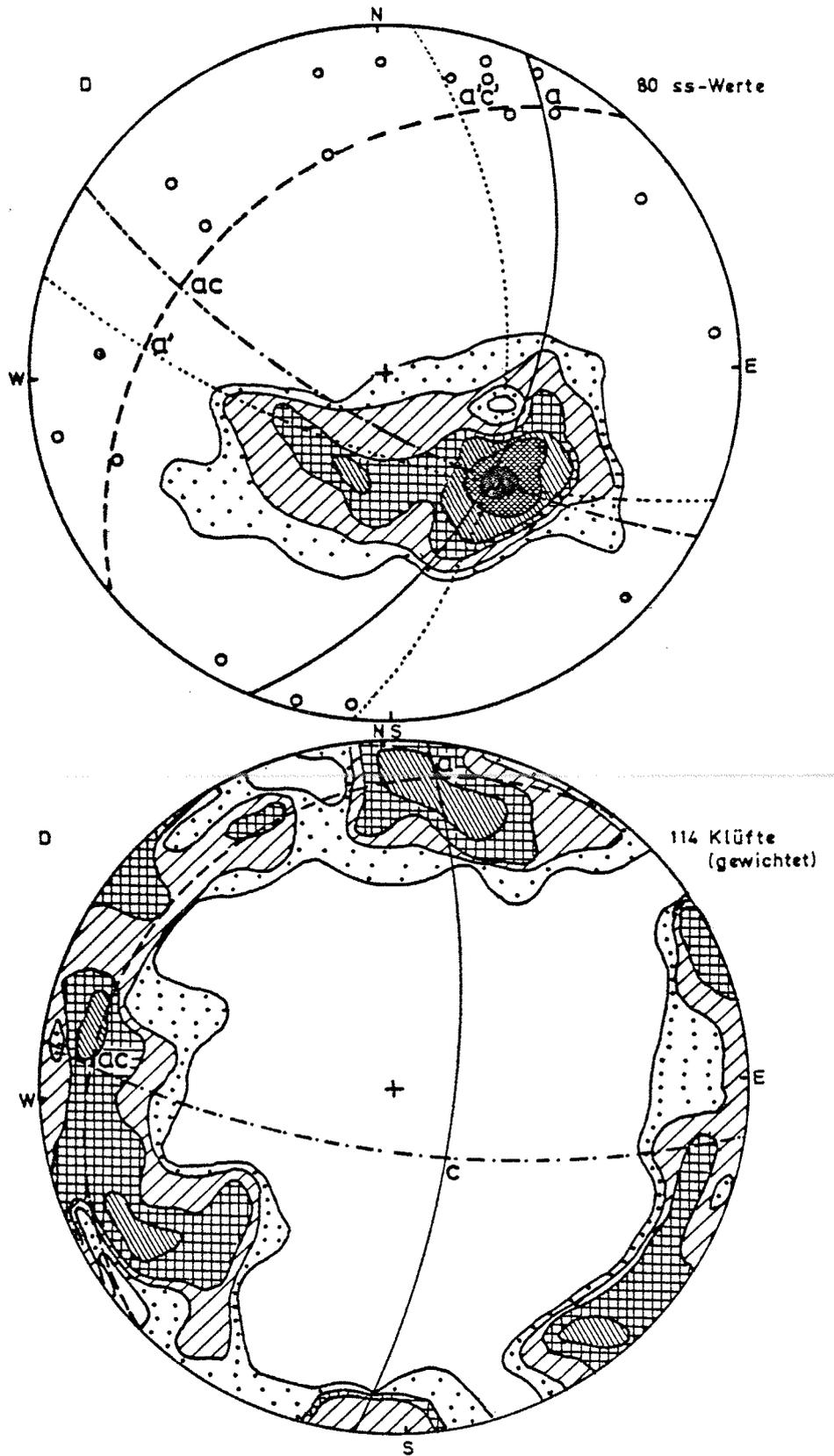


Abb. 8a:

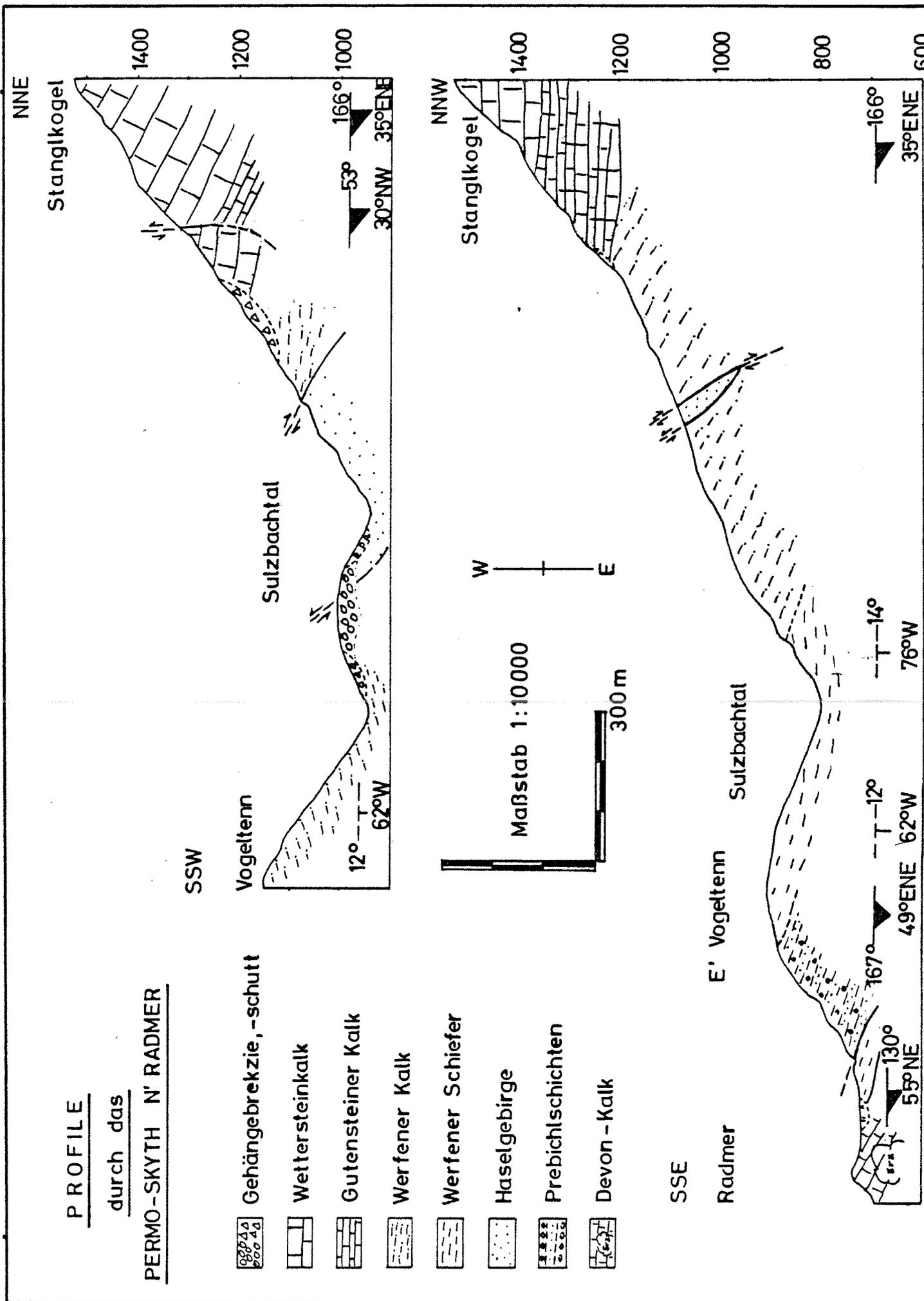
Poldiagramme aus dem Gutensteinkalk an der Seemauer

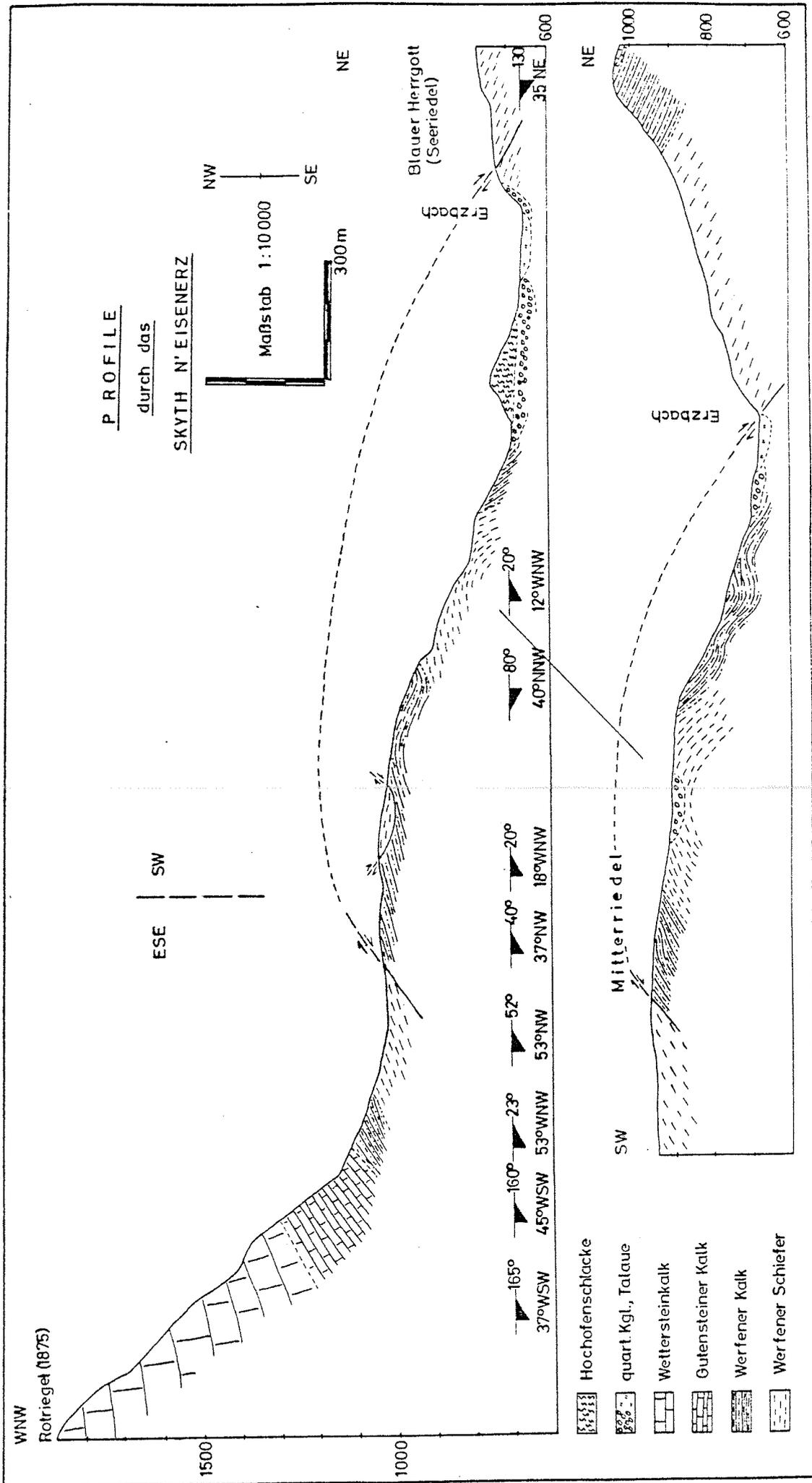


Deckeneinheit bildete, wurde dabei unter dem tektonischen Druck auf Fugen und Spalten in die Werfener Kalke injiziert. Das Sulzbachtal mit seinen Seitentälern und der Spitalgraben zeichnen hier vermutlich derartige generell NW-SE-gerichtete Schwächezonen der Werfener Kalke nach, entlang derer das Haselgebirge eindringen konnte (siehe Profile, ABB. 9).

Im Hienhart, also etwa zwischen Senkkogel und Halskogel, fehlt zumindest teilweise das normal einige 100 m mächtige Permoskyth (zum Teil auch das Anis). Dabei verschwinden im Kartenblatt allmählich zunächst die dem Altpaläozoikum unmittelbar auflagernden Prebichlschichten, dann Werfener Schiefer, Werfener Kalk und zuletzt der Gutensteiner Kalk; in umgekehrter Reihenfolge erscheinen diese Schichtglieder östlich des Hienhart zur Ramsau hin wieder. Im Hienhart liegen ordovizische Grauwackenschiefer nur knapp 100 m neben ladinischen Kalken.

Diese Symmetrie im basalen Zuschnitt der hochalpinen Decke und ihres permoskythischen Unterlagers kann wahrscheinlich durch die Annahme eines morphologischen Hochgebietes des Variszikums erklärt werden, auf dem schon primär weniger Permoskyth zur Ablagerung kam als in Radmer und Eisenerz. Dazu kam dann noch eine tektonische Ausquetschung während der alpidischen Überschiebung des Kalkalpins. Die Ansicht HIESSLEITNER's (1931: 70) von einer Vertikalstörung unter dem Hienhart, an der die Werfener Schichten ausgequetscht wurden, kann ich nicht teilen. Für eine solche Störung müßte innerhalb dieses kurzen Abschnittes am Kalkalpen-Südrand von nur 2 - 3 km Länge ein Versatz von \pm 500 m angenommen werden. Das Ausquetschen von ca. 300 - 400 m





mächtigen Werfener Schichten entlang einer einfachen Vertikalstörung scheint mir sehr unwahrscheinlich.

In der Umgebung der Ortschaft Münichtal konnten innerhalb des bisher (SPENGLER 1926, HIESSLEITNER 1929) einheitlich kartierten Skyth sowohl Werfener Kalke im Liegenden der Gutensteiner Kalke, als auch vier voneinander getrennt liegende Komplexe von Werfener Kalk innerhalb der Werfener Schiefer an den SW-Talhängen des Erzbaches ausgeschieden werden (siehe Karte). Die erstgenannten bilden, ähnlich wie in der Radmer, sedimentäre Übergänge zum Gutensteiner Kalk; gelegentlich ist die Schichtgrenze jedoch lokal gestört (zum Beispiel Seemauer).

Die plausibelste Deutungsmöglichkeit der tektonischen Stellung der vier Werfener Kalkvorkommen zwischen Kleiner Fölz und Mitterriedel scheint mir die Vorstellung eines tirolischen Rumpfes mit leichter NW-SE-gerichteter Aufsattelung, über dem das Skyth (und die jüngeren Schichten) der juvavischen Masse mit ihrer NNE-SSW gerichteten Antiklinalstruktur (s.o.) überschoben wurde. Die vier fraglichen Werfener Kalk-Komplexe stellen dabei das obere Skyth der tirolischen Einheit dar und liegen auf den Sattelflanken beiderseits eines ca. 400 m breiten Ausbisses von Werfener Schiefern. Durch die Erosionsanschnitte der Kleinen und Großen Fölz wird tieferer Untergrund freigelegt und der Werfener Kalk in einzelne begrenzte Areale zerlegt. Nördlich der Kleinen Fölz verschwindet diese Antiklinale völlig, die Überschiebungsbahn der Mürz- alpendecke dürfte hier entlangführen.

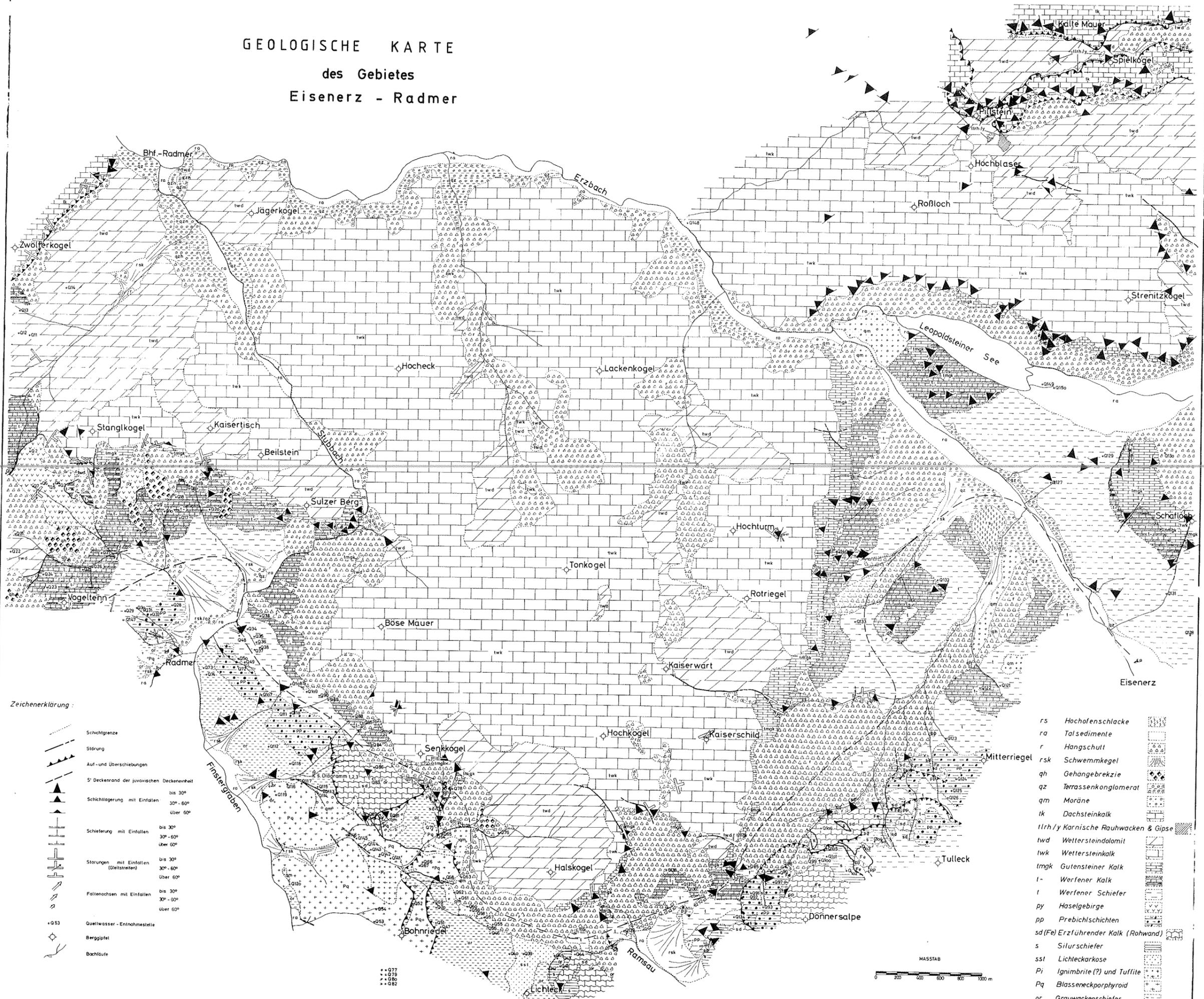
Einen weiteren Hinweis auf den Verlauf der Südrandüberschiebung der Kalkhochalpen geben die Aufschlußverhältnisse am Prallhang in Höhe 870 im Unwirtsgraben, durch den der größte linke Nebenbach der Großen Fölz fließt. Die hier im E-W-Profil frisch aufgeschlossenen Werfener Schiefer sind unterhalb einer bzw. mehrerer Störungslinien, die sich aufschlußbedingt nicht messen ließen, im Bereich mehrerer Meter völlig zerrüttet und aufgearbeitet. Aufgrund der topographischen Lage und der enorm starken Mylonitisierung erachte ich es für sehr wahrscheinlich, daß hier ein Teil des Überschiebungsbereiches der hochalpinen Decke aufgeschlossen ist.

Gleittektonik im Raum Kalte Mauer. Im nordöstlichen Gebietsteil liegt ein Dolomit vor, der bisher nur aufgrund seiner stratigraphischen Lage zwischen zwei Dachsteinkalkmassiven als norischer Hauptdolomit bzw. Dachsteindolomit eingestuft wurde. Da nun bei der vorliegenden Kartierung zu beiden Seiten des Dolomits karnische Schichten zwischen dem Dachsteinkalk und dem Dolomit festgestellt wurden, läßt sich eine Einstufung als „Verzahnung innerhalb des Dachsteinkalkes“ (SPENGLER 1926:56) nicht mehr aufrechterhalten. Vielmehr ist er als Wettersteindolomit anzusehen, zumal eingehende makro- und mikroskopische Untersuchungen, sowie chemische Analysen keine Unterscheidungskriterien erbrachten.

Die geologischen Verhältnisse können meiner Ansicht nach so erklärt werden, daß - mit dem fraglichen Dolomit im Liegenden der karnischen Schichten - die beiden Dachsteinkalkmassive der Kalten Mauer einerseits und des Pillstein-Spielkogels andererseits, die früher zu-

sammengehangen haben mögen, auf den inkompententen gleitfähigen karnischen Schichten um einen kurzen Betrag auseinandergeslitten sind. Dieser Vorstellung entspricht auch die Natur der im Liegenden der beiden Kalkkomplexe auftretenden Störungsflächen und Gleitstreifen: Südlich von Pillstein und Spielkogel fallen die Gleitflächen flach bis mittelsteil nach Norden ein, an der Nordseite des Massives mittelsteil bis steil nach Süden und an der Südgrenze des Dachsteinkalkes der Kalten Mauer wiederum flach bis mittelsteil nach Norden. Gebogene Gleitstreifen, sowie der unterschiedliche Abstand der beiden Dachsteinkalk-Schollen deuten auf leichte Rotationen bei der Auseinanderbewegung hin. Es dürfte sich also bei diesen Bewegungen um ein gravitatives Gleiten am Nordflügel der großen Erzberg-Seeberg-Antiklinale handeln, das sich möglicherweise spät- bis postorogen vollzogen hat.

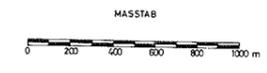
GEOLOGISCHE KARTE
des Gebietes
Eisenerz - Radmer



Zeichenerklärung:

- Schichtgrenze
- Störung
- Auf- und Überschiebungen
- S' Deckenrand der juvovischen Deckenerheit
- Schichtlagerung mit Einfallen
bis 30°
30° - 60°
über 60°
- Schieferung mit Einfallen
bis 30°
30° - 60°
über 60°
- Störungen mit Einfallen (Geiststreifen)
bis 30°
30° - 60°
über 60°
- Faltenachsen mit Einfallen
bis 30°
30° - 60°
über 60°
- +Q53
- Berggipfel
- Bachläufe

- rs Hochfenschlacke
- ra Talsedimente
- r Hangschutt
- rsk Schwemmkegel
- qh Gehängebrekzie
- qz Terrassenkonglomerat
- qm Moräne
- lk Dachsteinkalk
- tlrh/y Karnische Rauwacken & Gipse
- twd Wettersteindolomit
- twk Wettersteinkalk
- tmgk Gutensteiner Kalk
- l- Werfener Kalk
- l Werfener Schiefer
- py Haselgebirge
- pp Prebichschichten
- sd(Fe) Erzführender Kalk (Rohwand)
- s Silurschiefer
- sst Lichteckarkose
- Pi Ignimbrite (?) und Tuffite
- Pq Blässeneckporphyroid
- or Grauwackenschiefer



+Q77
+Q79
+Q80
+Q82

4. Hydrochemie der Grundwässer im Untersuchungsgebiet

4.1 Probennahme

Die 150 Quellwasserproben aus dem Arbeitsgebiet wurden alle einmalig in dem Zeitraum vom 13. August bis zum 22. September 1977 entnommen. Dadurch können zwar keine Aussagen über die Veränderungen des Grundwasserchemismus innerhalb eines hydrologischen Jahres gemacht werden, wohl aber Daten geliefert werden, die Aufschluß über die Abhängigkeit des Wasserchemismus vom durchflossenen Gestein geben. Während der sommerlich-herbstlichen Niedrigwasserperiode ist eher als im Frühjahr und Spätherbst gewährleistet, daß die Grundwässer relativ wenig vom Regenwasser, Schmelzwasser sowie vom schnell zirkulierenden Wasser beeinflusst werden; es bleibt den Grundwässern während der trockeneren Jahreszeit in der Regel mehr Zeit, sich dem Chemismus des Gesteins anzupassen.

Für die Untersuchung wurden im Raum zwischen dem Radmerhals und dem Krautgarten sämtliche im angegebenen Zeitraum schüttenden Quellen beprobt, wobei jedoch Wasseraustritte, die < 20 m voneinander entfernt lagen, nur einmal angezapft und Quellen, die nur den Boden des Quelltrichters durchfeuchteten, vernachlässigt wurden. Auf der Eisenerzer Seite des Arbeitsgebietes wurden von den meisten Quellen Proben entnommen. Sie sind schwerer zugänglich und nicht selten ausgetrocknet; die Bachläufe beginnen dort auch häufig an einem sonnengeschützten kleinen Firnfeld und scheiden dadurch für die Wasseruntersuchung aus.

Die Entnahmestellen sind in der tektonischen Karte (Taf. 2) eingezeichnet.

Jeweils 3 l Probenwasser wurden unmittelbar am Quellort in Polyäthylenflaschen mit Drehverschlüssen aus demselben Material eingeleitet. Vor Gebrauch wurden die Behälter mit dem zu beprobenden Wasser mehrmals kräftig ausgespült. Beim Transport vom Entnahmeort zum Fahrzeug und zum Labor konnte ein Durchschütteln des Probenwassers nicht vermieden werden.

4.2 Chemische und physikalische Untersuchungen

Am Quellort selbst wurde die Temperatur gemessen und mit physikalischen Meßgeräten der pH-Wert und die elektrische Leitfähigkeit bestimmt. Auf die Ermittlung der freien Kohlensäure und des freien Sauerstoffes an Ort und Stelle mußte aus technischen Gründen verzichtet werden. Die halbquantitativen Bestimmungen von Eisen-, Nitrit- und Phosphatgehalten verliefen stets negativ. Vermutlich liegen die Gehalte unterhalb der unteren Meßgrenze der verschiedenen Verfahren ($\text{Fe}_{\text{ges}} < 0,1 \text{ ppm}$, $\text{NO}_2^- < 0,025 \text{ ppm}$, $\text{P}_2\text{O}_5 < 2,5 \text{ ppm}$). Die SiO_2 -Gehalte wurden lediglich von den Proben 1 - 27 bestimmt.

Wenige Stunden nach der Entnahme wurden am Fahrzeug titrimetrisch der KMnO_4 -Verbrauch als Maßzahl für die Oxydierbarkeit bzw. den Sauerstoffverbrauch des Wassers durch organische Substanzen, sowie die vorhandenen Mengen an freier und gebundener Kohlensäure gemessen. (Hierbei dürften die Absolutwerte für die freie Kohlensäure durch den Transport durch das meist weglose, steile Gelände stark verfälscht sein.)

Die Laboranalyse erfolgte 2 - 10 Tage danach im Geologischen Institut der Universität Erlangen. Sie umfaßte die Kationen Ca^{2+} und Mg^{2+} , und die Anionen Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} , sowie die Gesamthärte und die Karbonathärte. Na^+ und K^+ konnten aus technischen Gründen nicht bestimmt werden; da die Gehalte an Fe^{2+} , Fe^{3+} und Mn^{2+} zusammen jedoch nicht mehr als ca. 1 mg/l (stichprobenartige Bestimmungen) ausmachen dürften, wurde das mengenmäßige Auftreten der beiden Alkalimetalle zusammen aus der prozentualen Verteilung der Ionen errechnet ($\text{Na}^+ + \text{K}^+ = 100\% - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$). Auf die NO_3^- -Bestimmung wurde in der vorliegenden Arbeit verzichtet, da der NO_3^- -Gehalt in erster Linie einen Kontaminierungsindikator darstellt und hier der Verschmutzungsgrad vernachlässigbar klein ist. Nach HÖLL (1968:39) betragen die Werte allgemein in reinem Wasser 1 - 5 mg NO_3^- /l.

Die Ausführung der Analysen richtete sich in erster Linie nach den in den „Deutschen Einheitsverfahren zur Wasseruntersuchung (DEV)“ beschriebenen Methoden, wobei im hydrogeologischen Seminar des Geologischen Institutes Erlangen (POLL 1976/77) gegebene Empfehlungen berücksichtigt wurden. Für die photometrische Sulfatbestimmung wurde das Dr. Lange-Laborphotometer W verwendet.

4.3 Einzugsgebiete der Grundwasseraustritte

Das von den Wässern der jeweiligen Quellen durchflossene Gestein wurde anhand der geologischen Karte und der Morphologie im Gelände ermittelt. Die Einzugsgebiete der einzelnen Quellen werden dabei durch das kräftige Relief in relativ kleine Areale zerlegt, was eine Bestimmung der Herkunft der Wasser vereinfacht.

Die Grundwasseraustritte wurden hier aufgrund ihres Vorkommens innerhalb einer stratigraphischen Einheit, deren Überlagerung, sowie der Beurteilung dieser Gesteine als Grundwasserleiter oder -stauer bestimmten Schichtgliedern zugeordnet. Hierbei wird im folgenden, soweit dies möglich war, unterschieden zwischen Quellen, deren Chemismus ausschließlich durch ein Schichtglied geprägt wurde (A), und Quellen mit einer chemischen Zusammensetzung, die zwar hauptsächlich von einem Schichtglied beeinflusst wurde, jedoch noch von anderen meist darüberlagernden Gesteinsarten mit bestimmt wird (B) (= Mischwässer). *)

4.4 Grundwasserleiterunabhängige Einflüsse

Nach RIEM (1961) kann das Niederschlagswasser von Mitteleuropa bereits ca. 6 mg gelöste Ionen pro Liter enthalten, nach WEDEPOHL (1967) sogar über 9 mg/l. Nach den Arbeiten von SCHULZ (1970) bringen die mitteleuropäischen Niederschlagswässer bereits einen erheblichen Anteil an Na^+ und Cl^- mit; diese stehen im

*) Dabei wurden zu den unter „B“ ausgewerteten Quellen einer Gesteinseinheit die „A-Quellen“ hinzugerechnet - Ausnahme: Haselgebirge.

stöchiometrischen Verhältnis des Kocnsalzes. Derartige bereits vor dem Durchfließen des Grundwasserleiters vorhandene Inhaltsstoffe des Wassers jedoch wurden hier aber nicht eingehend berücksichtigt. Da jedoch die vorhandenen Quellwasser 200 mg/l oder mehr gelöste Stoffe aufgenommen haben, fällt dieser Fehler nicht so stark ins Gewicht.

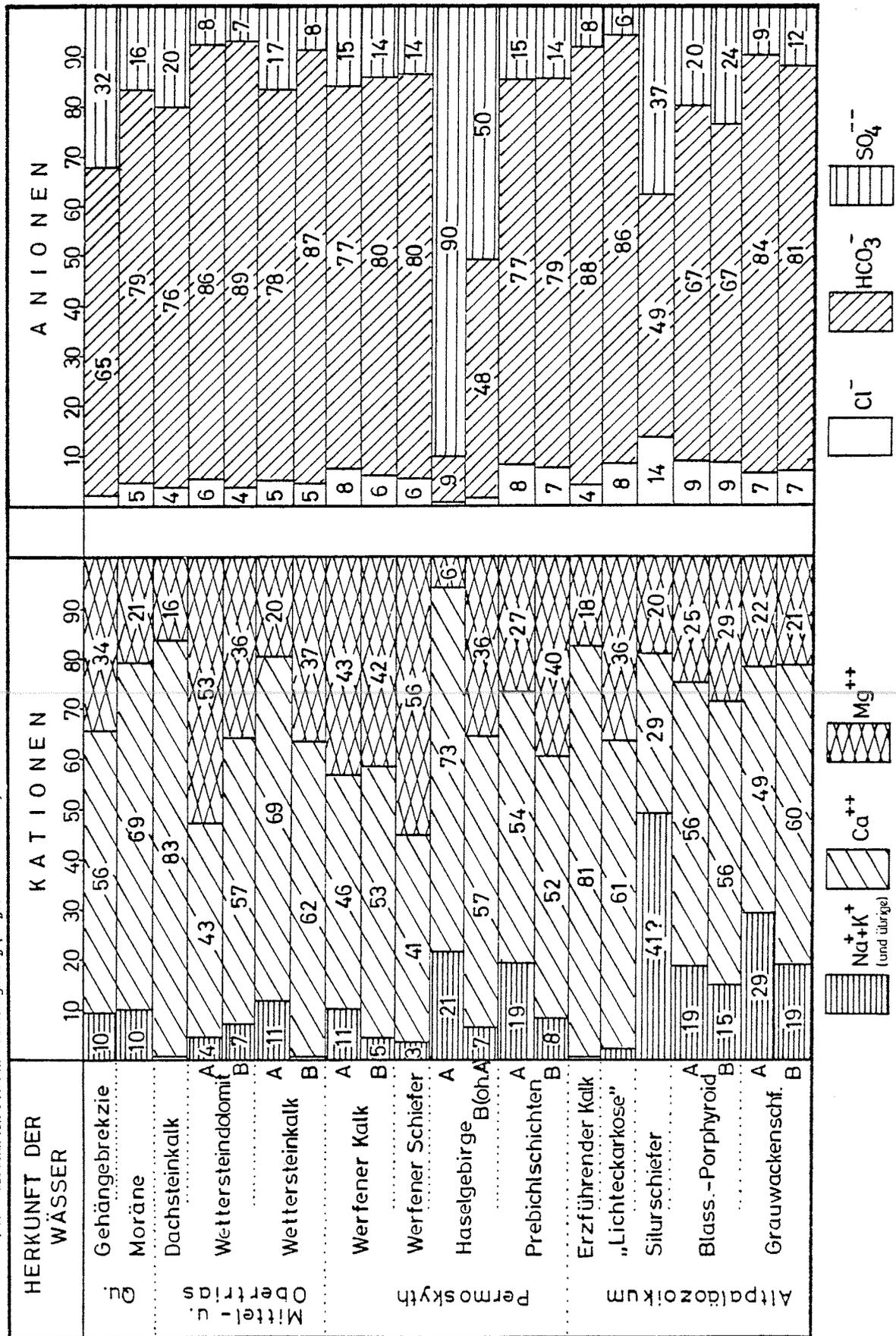
Außerdem wurden die Reaktionen mit der Bodenzone nicht speziell geprüft, weil derartige Unternehmungen in einen anderen Rahmen gestellt werden müssen. Der Einfluß des Bodens zeigt sich in der Regel in erhöhten NO_3 -gehalten, infolge intensiver biochemischer Nitrifikation, Freisetzung besonders von Ca^{2+} , Mg^{2+} und Na^+ durch eben diese Salpetersäure, und Anreicherung von Sulfaten aus biochemischen Vorgängen im Boden, sowie erhöhte SiO_2 -Gehalte als Folge von Verwitterungsvorgängen an den Silikaten (MATTHESS 1973:149). Im Gegensatz zum Flach- bzw. Hügelland dürften sich aber die Auswirkungen des Bodens auf den Chemismus im Hochgebirge mit seiner dünnen bis fehlenden Bodenkrume als relativ gering erweisen.

4.5 Die chemische Beschaffenheit der Grundwässer

Die in den vorliegenden Abhandlungen bearbeitete Schichtfolge liefert ein breites Spektrum der verschiedenen Gesteinsarten: saure Vulkanite, Sandsteine, Tonschiefer, Kieselschiefer, Kalksandsteine, Kalke, Dolomite und Evaporite. Die daraus resultierenden Unterschiede im Chemismus des Grundwassers werden im folgenden dargestellt. Hierbei sollen die einzelnen stratigraphischen Einheiten als faziell + homogen angenommen werden.

Abb. 11: Durchschnittliche Ionenverteilung in mval-% der Quellwässer im Gebiet Eisener - Radmer / Steiermark

(A = ausschl. von e i n e m Schichtglied geprägter Chemismus , B = M i s c h w ä s s e r)



4.5.1 Grundwässer aus den Grauwackenschiefern

Es handelt sich bei diesem Schichtglied um eine Schieferfolge, die teilweise sandig-quarzitische Lagen enthält. Die aus ihm kommenden Wässer sind weich mit Gesamthärten von ca. 3,3 bis 4,4^od und einer Gesamtmineralisation von 3,3 mval/l. Die in Abb. 12 eingezeichnete elektrische Leitfähigkeit des Wassers gibt dabei einen Vergleichswert für die Menge der im Wasser gelösten Salze an. Die Ionenverteilung (Abb. 13) zeigt eine Vormacht an Ca^{2+} -Ionen bei den Kationen von 50 - 60 mval% und der HCO_3^- -Ionen bei den Anionen von über 80 mval%. Das Mg/Ca - Verhältnis beträgt dabei 0,4. Hier sind die $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ - Werte erhöht gegenüber den jüngeren Schichten, weil Reaktionen mit den Na-belegten Tonmineralien, die im Grauwackenschiefer häufig sind, eingetreten sind.

Der KMnO_4 - Verbrauch liegt mit 7,5 mg KMnO_4 /l (entsprechend 1,9 mg O_2 - Verbrauch/l, vgl. HÖLL 1968/47) im Rahmen der gewöhnlich bei reinen normalen Grundwässern vorkommenden Werte. Die Wässer reagieren praktisch neutral bei einem durchschnittlichen pH-Wert von 6,9. Der mittlere Säureverbrauch bzw. die Gesamtalkalität (m-Wert) (vgl. HÖLL 1968/100) kann mit 1,5 mval/l angegeben werden.

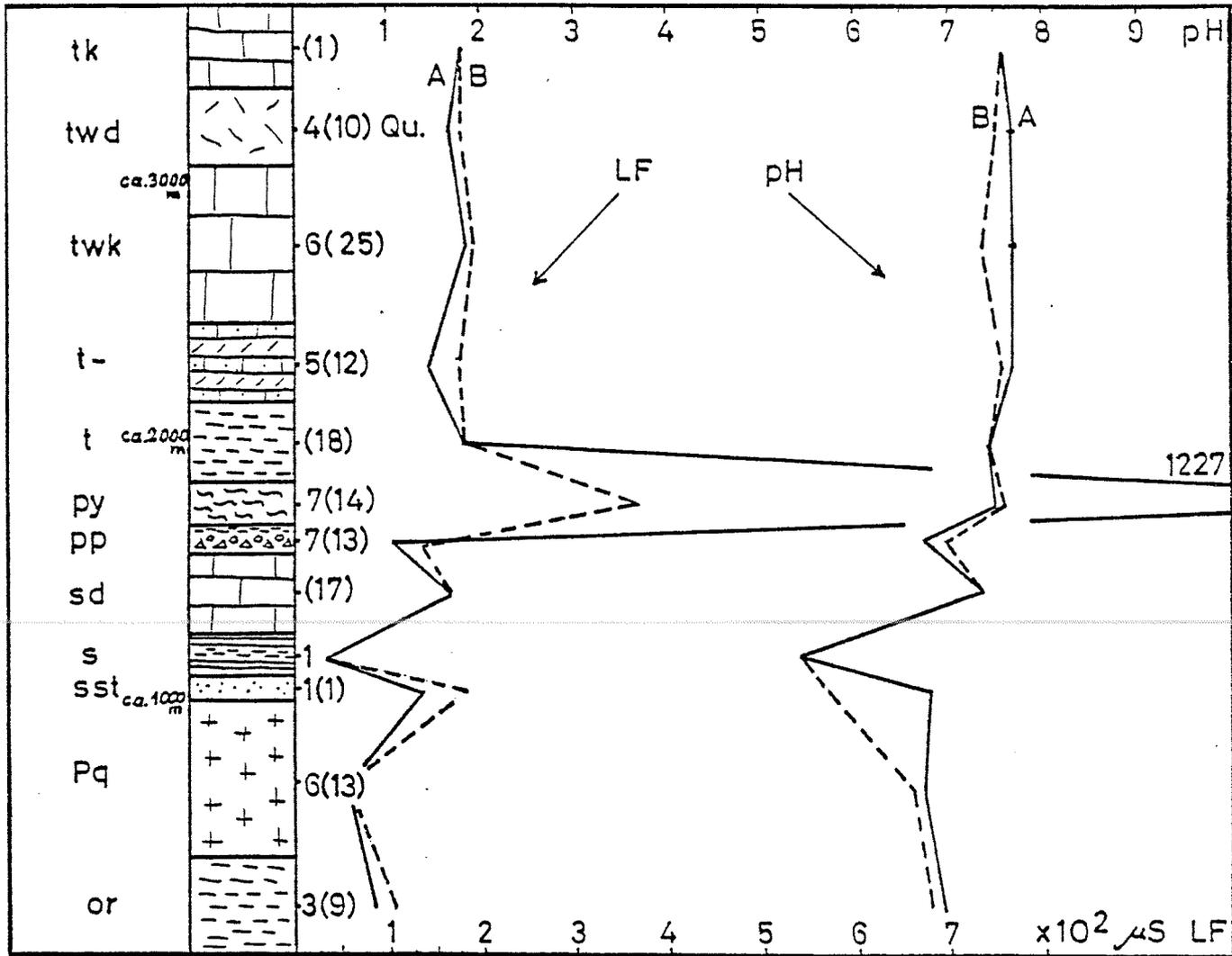


Abb.12: Elektrische Leitfähigkeit (LF) in Mikrosiemens und pH-Wert der Quellwässer in Abhängigkeit von der Schichtfolge.

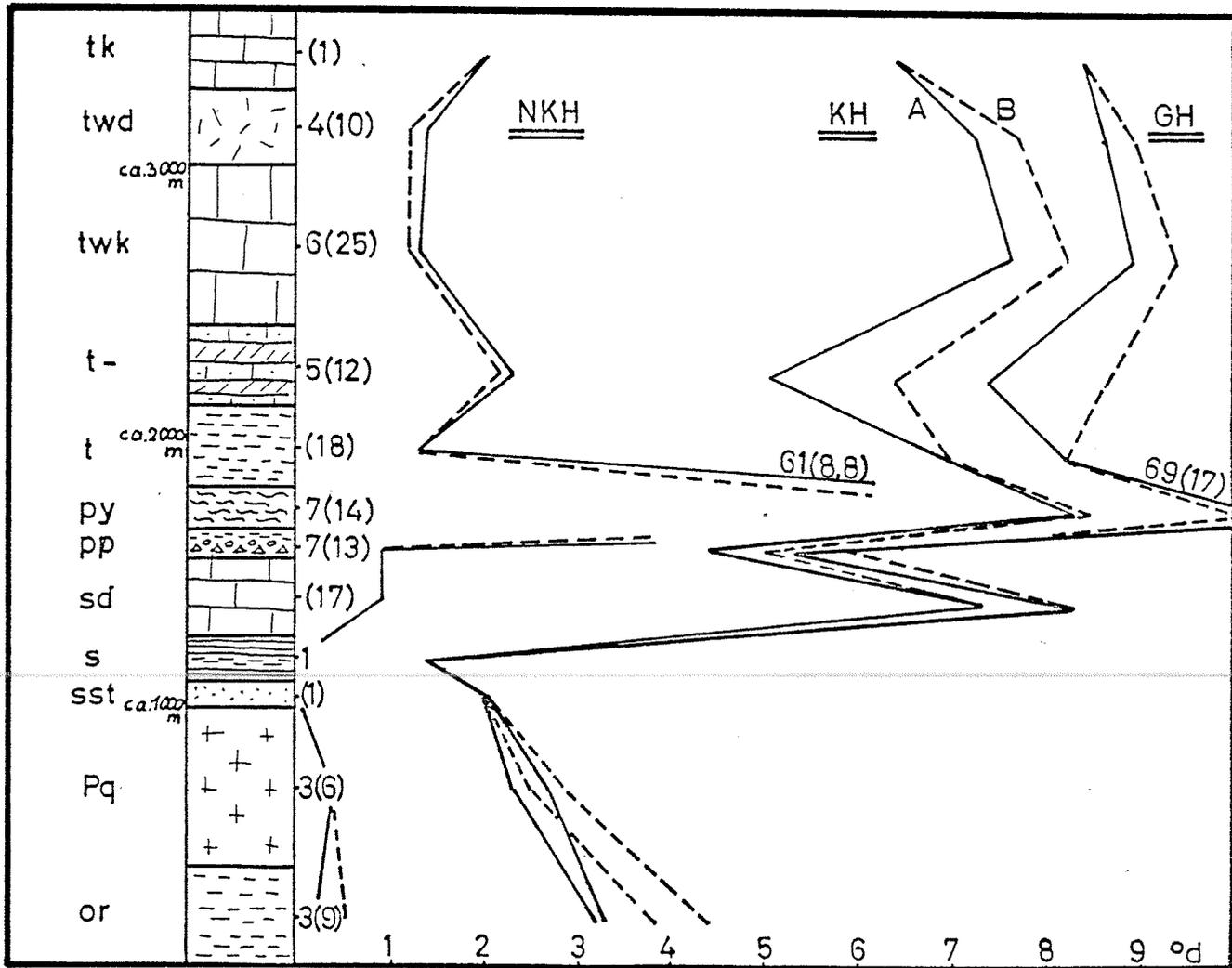


Abb.13: Die Härte der Quellwässer in Abhängigkeit von der Schichtfolge. NKH - Nichtkarbonathärte
 KH - Karbonathärte
 GH - Gesamthärte

4.5.2 Grundwässer aus dem Blasseneckporphyroid

Bei einer Gesamtmineralisation von nur 2,5 mval/l und Gesamthärten um 2,8⁰d handelt es sich um sehr weiche Wässer. Die elektrische Leitfähigkeit erreicht einen Wert von 62,8 μ S. Die Wässer reagieren zumeist sauer, der pH-Wert schwankt zwischen 5,7 und 7,0.

Die Konzentrationen der einzelnen Ionen halten sich ziemlich konstant an die in Abb. 13 angegebenen Werte. Gegenüber den Grauwackenschiefern nehmen Sulfat- und Chloridgehalt auf Kosten der Karbonationen etwas zu. Das Mg/Ca-Verhältnis beträgt 0,5.

Ein Verbrauch von 4 - 5 mg KMnO_4 /l bei der Titration zeigt, daß die Porphyroidwässer von der gesamten Schichtfolge (Abb. 19) am wenigsten oxydierbar sind, bzw. am wenigsten organische Substanzen enthalten (nur ca. 20 bis 30 mg/l). Die geringe Permanganatzahl ist typisch für die Wässer der Alpenländer; die Wässer aus Kristallin und Kalkgesteinen der Schweiz haben z.B. Permanganatzahlen von 1 bis 5 mg/l (vgl. HÖLL 1968/81).

Die Gesamtalkalität der Porphyroidwässer liegt bei ca. 0,3 mval/l und damit deutlich unter dem Wert bei den Grauwackenschiefern.

4.5.3 Grundwässer aus Lichteckarkose und Silurschiefern

Aufgrund der Verhältnisse im Gelände kamen für die beiden Schichtglieder nur drei Quellen für eine Beprobung in Frage. Es handelt sich daher im folgenden nicht um gemittelte Durchschnittswerte, sondern um die tatsächlichen Analysenergebnisse.

Das Quellwasser aus den Silurschiefern (Grundwasserleiter ist die Kieselschieferfazies) reagiert ausgesprochen sauer mit einem pH-Wert von 5,4. Es ist sehr gering mineralisiert mit nur 2,0 mval/l und einer elektrischen Leitfähigkeit von 33,5 μ S. Die Ca^{2+} -Ionen und die HCO_3^- -Ionen treten zugunsten von Alkalien und Cl^- -Ionen etwas zurück. Der erhöhte prozentuelle Anteil an Sulfationen - die Absolutwerte sind normal - im Vergleich zu Wässern der anderen Gesteine ist auf die in den Kieselschiefern häufig anzutreffenden Pyritnester nach biochemischer Umsetzung zurückzuführen. Der Wert 41 mval% für Alkaliionen ist fragwürdig. Er enthält wahrscheinlich einen hohen Anteil an Fe-Ionen aus dem benachbarten Rohwandvorkommen. Außerdem können Fremdkationen aus den verrottenden ehemaligen Bergwerksanlagen oberhalb des Quellortes am Paß eine gewisse Rolle bei der chemischen Zusammensetzung des Wassers spielen.

Die relativ hohe Permanganatzahl von 11,1 mg/l ist wie z.T. auch der niedrige pH-Wert auf den etwas moorigen Boden am Paß zurückzuführen. Der Einfluß von Fäkalverunreinigungen, die den KMnO_4 -Verbrauch erhöhen, ist nicht auszuschließen, da auf dem über dem Quellort zum Paß hinführenden Pfad häufig Weidetiere ab- bzw. aufgetrieben werden. Der Säureverbrauch ist mit 0,5 mval/l sehr gering.

Die beiden von ihrer topographisch-geologischen Lage her der Lichteckarkose zugerechneten Quellen sind verschieden stark mineralisiert (s. Abb. 22) und zeigen daher in ihren Absolutwerten sehr unterschiedliche Werte (vgl. Abb. 14 bis 13). In ihrem Kationen- bzw. Anionenverhältnis sind sie sich jedoch sehr ähnlich, was im Schaubild der Abb. 20 gut zum Ausdruck kommt.

4.5.4 Grundwässer aus dem Erzführenden Kalk

Die aus dem Erzführenden Kalk fließenden Quellen führen Calcium-Hydrogenkarbonat-Wässer mit einer durchschnittlichen Mineralisierung von 5,9 mval/l. Die 2,5 mvalCa²⁺/l machen hiervon 81 mval%, 2,6 mvalHCO₃/l ca. 88 mval% aus. Auf den Rest entfallen Mg²⁺ mit 18, Cl⁻ mit 4 und Sulfat mit 8 mval%; die Alkalien treten kaum in Erscheinung. Das Mg/Ca-Verhältnis beträgt nur 0,24 und spiegelt so die nahezu rein calzische Ausbildung der Kalke wider.

Die Quellwässer verhalten sich chemisch ziemlich neutral mit einem durchschnittlichen pH-Wert von 7,3. Die Gesamthärte von 8,2^od setzt sich aus 7,3^od Karbonathärte und 0,9^od Nichtkarbonathärte zusammen.

Die Oxydierbarkeit der Wässer ist mit 5,9 mg verbrauchter KMnO₄/l deutlich geringer als die der stratigraphisch benachbarten Gesteine. Der gemittelte Säureverbrauch kann mit 2,6 mval/l beziffert werden.

4.5.5 Grundwässer aus den Prebichlschichten

Im Vergleich zu den benachbarten Schichtgliedern gehen die elektrische Leitfähigkeit, der pH-Wert und die Härte der Wässer aus den Prebichlschichten sprunghaft zurück. Bei einem pH-Wert von 6,7 und einer Leitfähigkeit von 102,7 μ S hat das Grundwasser eine Gesamtmineralisation von 3,2 (4,7) mval/l. Die Nichtkarbonathärte bleibt gegenüber dem Erzführenden Kalk gleich, die Gesamthärte verringert sich jedoch auf 5,3 (5,7)^od; damit sind die Wässer weich gegenüber den mittelharten Quellwässern des unterlagernden Kalles.

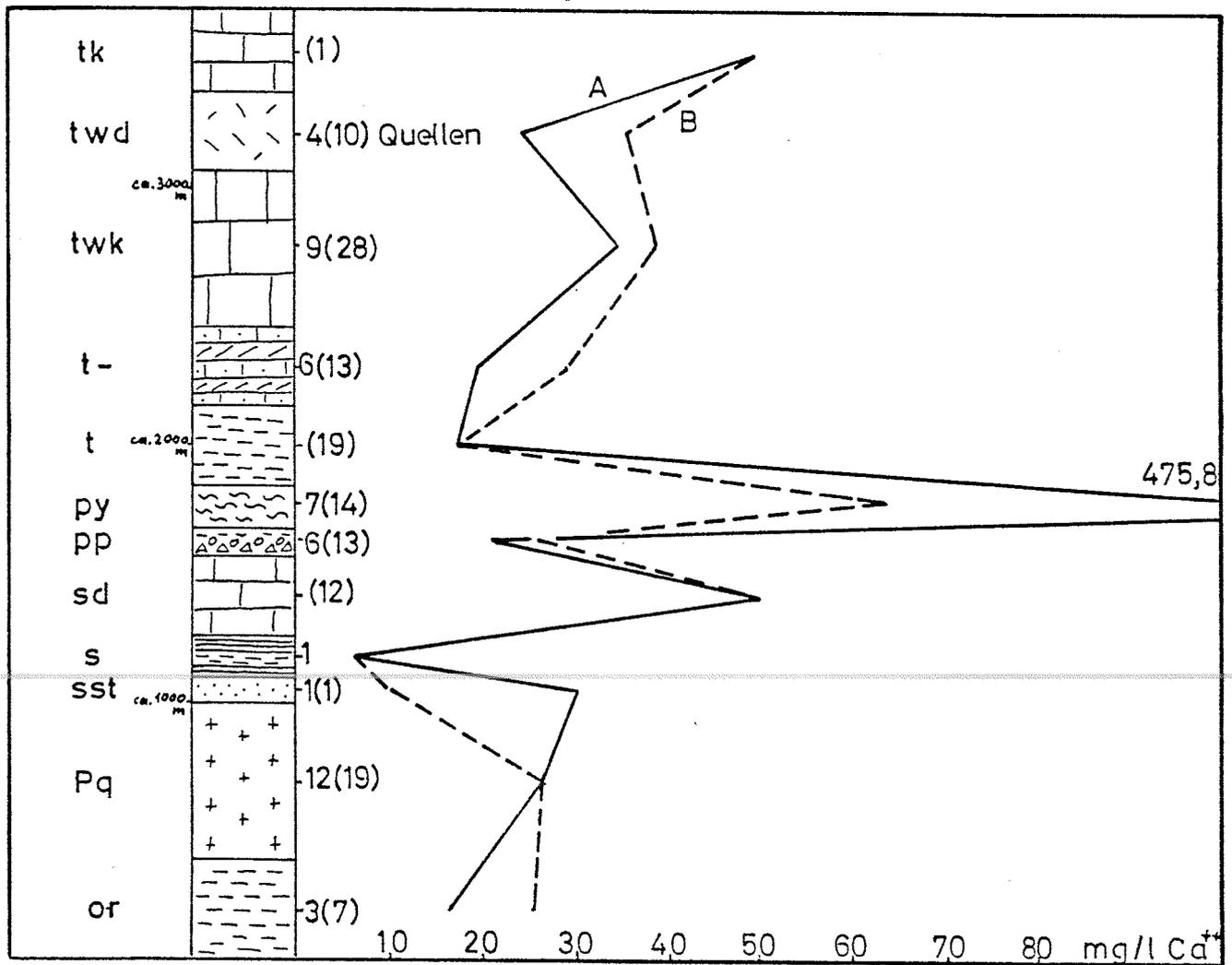


Abb.14: Gehalte an Calcium-Ionen in mg/l in Abhängigkeit von der Schichtfolge.

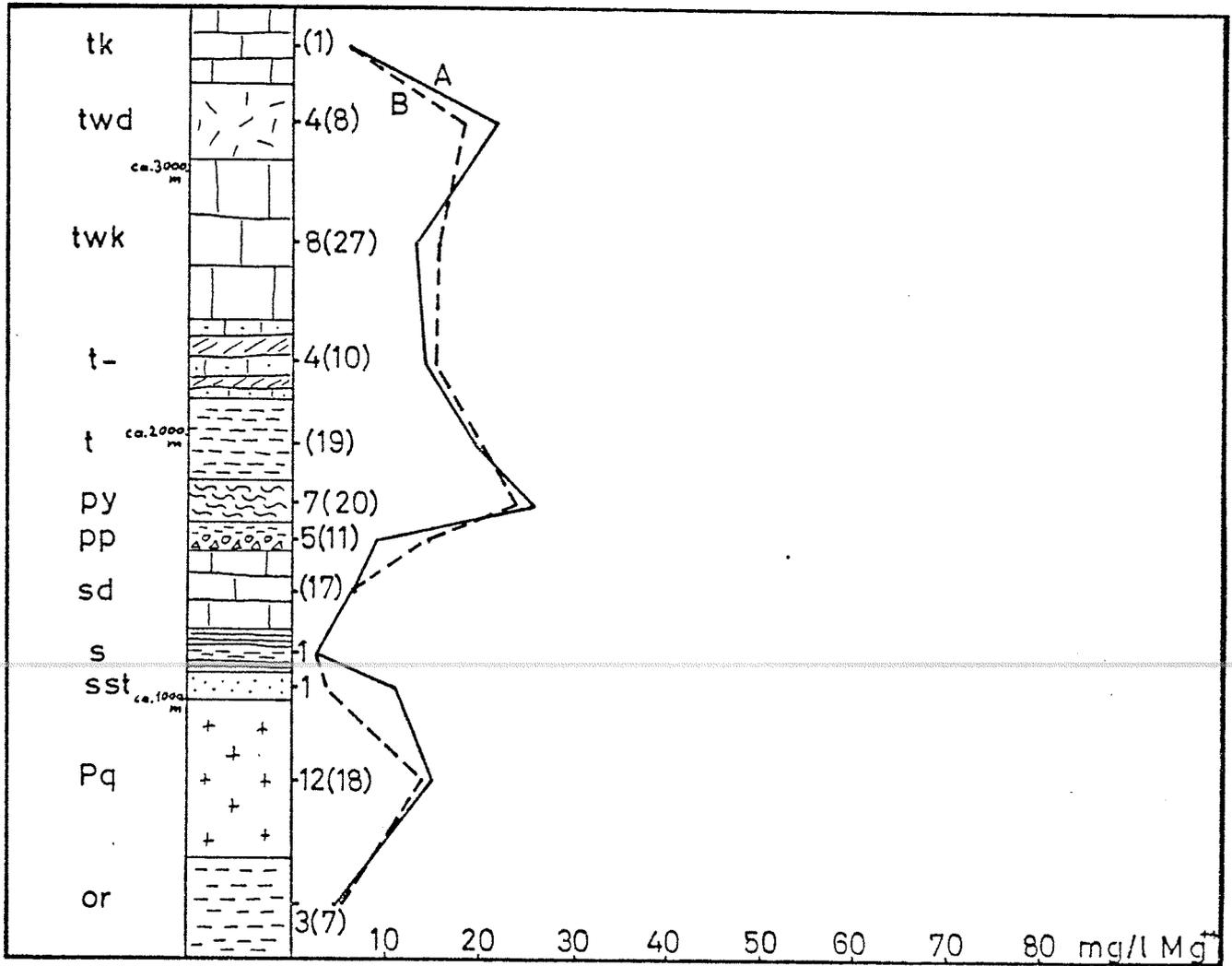


Abb.15: Gehalte an Magnesium-Ionen in mg/l in Abhängigkeit von der Schichtfolge.

Bei der Ionenverteilung (Abb. 11) fällt ein hoher Anteil an Mg-Ionen (Mg/Ca-Verhältnis: 0,5 (0,77)) auf. Die prozentuale Verteilung der Anionen stimmt mit der der Werfener Schichten ziemlich genau überein: 14 mval% SO_4 -Ionen, 6-8 mval% Cl^- -Ionen und 77-80 mval% HCO_3^- -Ionen. Nur bei den Kationen unterscheiden sich diese beiden Schichtglieder in ihrem Verhältnis Alkalien zu Magnesium. Verglichen mit den Kalken nehmen die Ca^{2+} und HCO_3^- -Anteile an der Mineralisation des Wassers in der sandig-schiefrigen Ausbildung der Prebichlschichten (wie auch der Werfener Schiefer) naturgemäß deutlich ab: 53 mval% Ca^{2+} und 78 mval% HCO_3^- . Der Sauerstoffverbrauch durch organische Substanzen erreicht in den Prebichlschichten mit etwa 3 mg/l den höchsten Wert innerhalb der Schichtfolge. Damit liegt er über dem in den meisten Vorschriften angegebenen Grenzwert für die Verwendbarkeit der Wässer als Trinkwasser. Die Proben für die A-Werte (Permanganatzahl hier 12,9) wurden fast alle in der Nähe des Grates NE' der Donnersalpe genommen. Die Verwendung dieses Geländes als Almweiden und vor allem der moorige Boden mit typischen Sumpfpflanzen im weiteren Umkreis um die Quellen sind die Ursache für den erhöhten KMnO_4 -Verbrauch. Die B-Werte (KMnO_4 -Zahl: 11,7) entstammen in erster Linie Quellen im Raum W' Radmer mit stets mehr oder weniger moorigen Quelltrichtern in dicht bewaldeten Laubwäldern.

Die Gesamtalkalität beträgt etwa 1,8 mval/l.

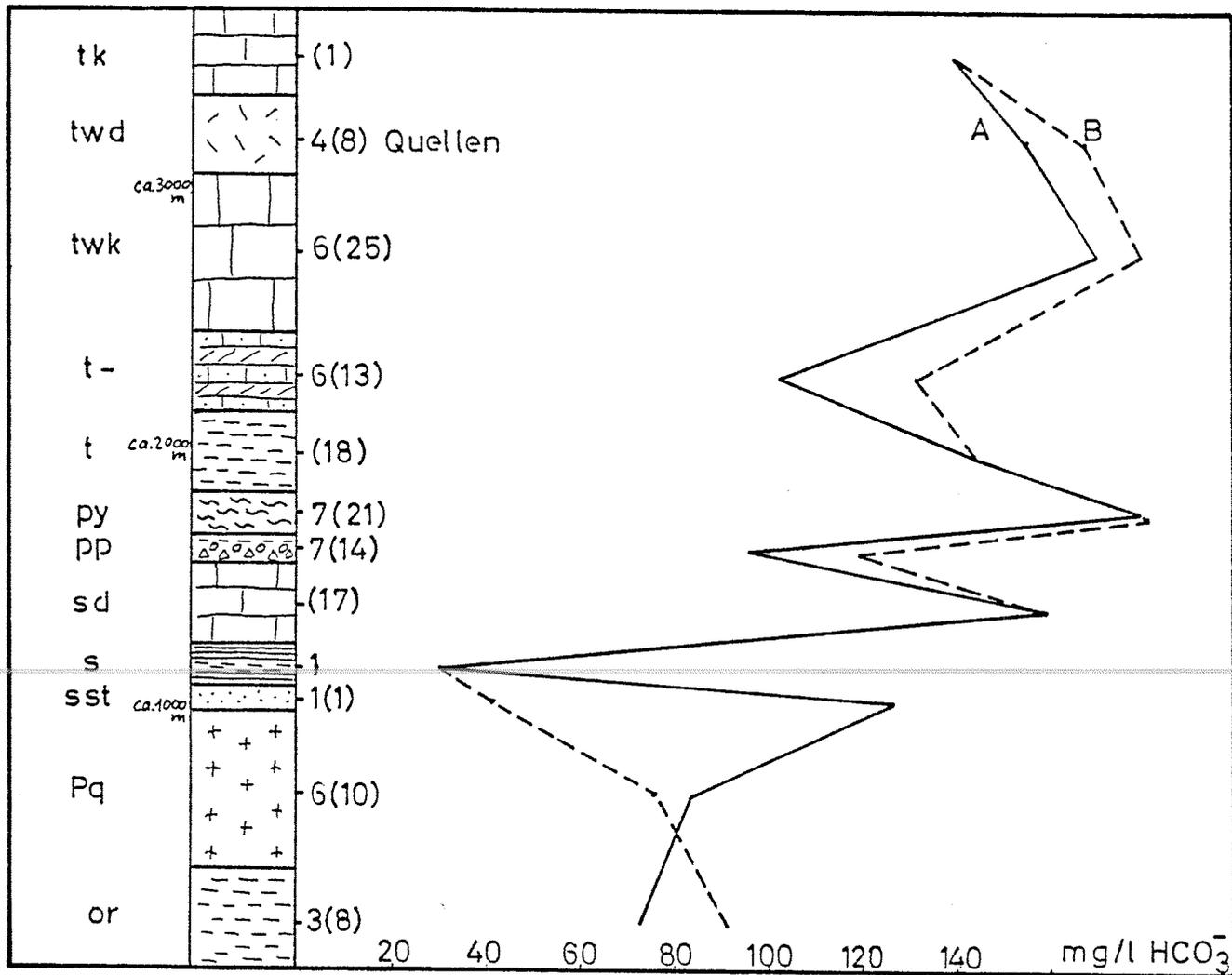


Abb.16: Gehalte an Hydrogenkarbonat-Ionen in mg/l in Abhängigkeit von der Schichtfolge.

4.5.6 Grundwässer aus dem Haselgebirge

Eine Sonderstellung im Chemismus der Grundwässer des Arbeitsgebietes nehmen die durch Gipsauslaugung gekennzeichneten Quellwässer des Haselgebirges ein. Sie kommen fast ausschließlich S' des Stanglkogels vor.

Die zum Teil kräftig schüttenden Quellen treten direkt aus der Gips-Dolomit-Rauhacken-Formation heraus. Die Wässer können zeitweise etwas trüb sein (nicht während der Probennahme). Die Sulfatgehalte erreichen zum Teil über 2000 mg/l (entsprechend 42,5 mval/l), liegen im Durchschnitt jedoch (A-Werte) bei 1469 mg/l. Zum Vergleich: Gipswässer aus Niedersachsen enthalten 200 bis 1000 mg/l, Wässer aus den Münder Mergeln oder dem Gipskeuper bis zu 1000 mg/l. Die ausgesprochen hohen Werte im Untersuchungsgebiet hängen damit zusammen, daß die Gipsvorkommen hier noch vergleichsweise wenig ausgelaugt sind. Sulfatgehalte von Quellen, die sich lediglich indirekt an der Gipsauslaugung beteiligen (B-Werte), liegen im Durchschnitt bei 200 mg/l.

Von den 7 Quellen im Kälberwaldgraben S' des Stanglkogels (A-Werte) läßt sich nach einer Schätzung der Gesamtschüttungsmenge von ca. 70 l/sec. und bei der durchschnittlichen Gesamtmineralisation der Wässer von 2,2 g/l ein Stoffaustrag von 13,3 Tonnen gelöstem Gestein berechnen, das täglich weggeführt wird. Davon ist allein der Gips mit ca. 88 % beteiligt (vgl. EMMERT 1969/116). Die in diesem Raum häufig auftretenden Dolinen sind auf diese starke Auslaugung des Gesteines zurückzuführen. Für genauere Zahlenangaben müßten Schüttungsmenge und Mineralisation der

Wässer über den Zeitraum eines hydrologischen Jahres verfolgt werden.

Für die Verwendung als Trinkwasser ist von der Weltgesundheitsorganisation der Grenzwert $250 \text{ mgSO}_4^{2-}/\text{l}$ festgelegt worden. Höhere Werte können Störungen der Verdauung und später des Nervensystems hervorrufen. Die Betonzerstörung beginnt bereits bei etwa $200 \text{ mgSO}_4^{2-}/\text{l}$, besonders wenn Mg-Sulfat beteiligt ist (HÖLL 1968:85).

Den $30,6 \text{ mval SO}_4^{2-}/\text{l}$ stehen $23,7 \text{ mval Ca}^{2+}/\text{l}$ (A-Werte) zur Verfügung, der Rest wird vor allem mit Alkalien abgesättigt; bei den B-Werten treten die Mg-Ionen gegenüber den Alkaliionen in den Vordergrund.

Die Quelle Nr. 3 weist mit 13 mg/l einen aus allen übrigen Analysenergebnissen herausfallenden, hohen Chloridgehalt auf. Da eine Verschmutzung in dem unwegsamen, bewaldeten Gelände (auch niedrige Permanganatzahl) ausgeschlossen ist, handelt es sich hierbei möglicherweise um das Ergebnis einer Auslaugung von Salzvorkommen im Untergrund (vgl. HÖLL 1968:81/82). NaCl-Vorkommen im Haselgebirge der Nachbarschaft sind sehr selten, meist fehlen sie völlig.

Die Quelle Nr. 13 (auch Nr. 11) aus dem NE-Hang des Krautgartens zeigt durch ihren relativ hohen Sulfatgehalt an, daß ihr Chemismus nicht nur vom Wettersteindolomit und Dachsteinkalk geprägt wurde (s. Abb. 10). Ob der Sulfatgehalt jedoch aus dem von mir S' des Zwölferkogels kartierten Werfener Kalk mit eventuell eingedrungenem Haselgebirge^{*)} oder aus dem tektonisch ausgequetschten und im Gelände teilweise nicht zutage tretenden Gipsen des Karn (s.S.19) zu erklä-

*) Bei AMPFERER (1935:geol.Karte) nicht kartiert, vielmehr durchgehend Ramsaudolomit.

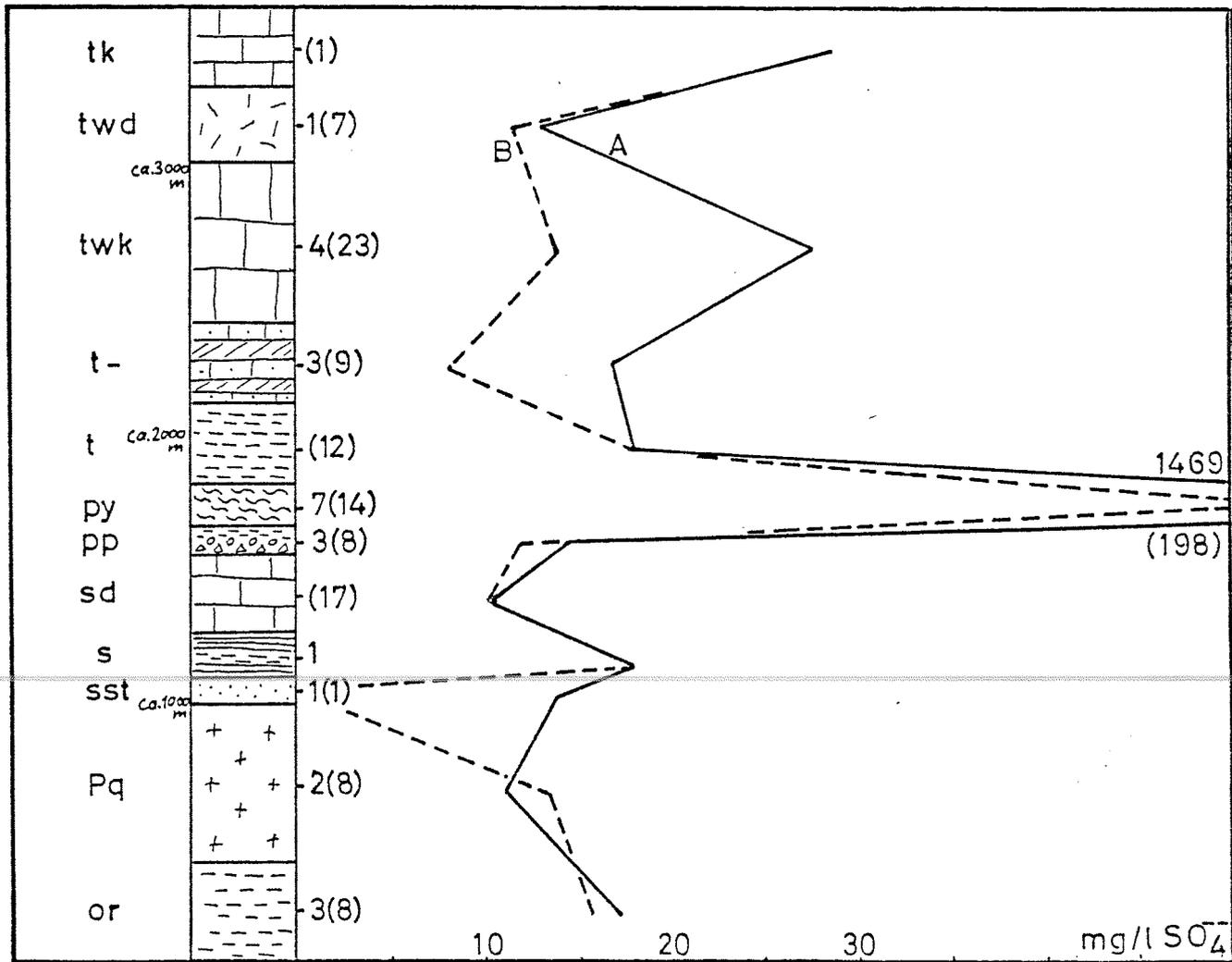


Abb.17: Gehalte an Sulfat-Ionen in mg/l in Abhängigkeit von der Schichtfolge.

ren sind, kann nicht mit Sicherheit entschieden werden.

Die Gipswässer reagieren leicht basisch, der pH-Wert hält sich ziemlich konstant bei 7,5. Die extrem hohe Gesamtmineralisation von 67,5 mval/l spiegelt sich in der elektrischen Leitfähigkeit von 1227 μ S wider (A-Werte). Bei einer Gesamthärte der Wässer von durchschnittlich 69^od macht die Nichtkarbonathärte (Sulfathärte) etwa 61^od aus (A-Werte). Die Gesamtalkalität liegt etwa bei 3,0 mval 0,1 n Salzsäure/l.

4.5.7 Grundwässer aus den Werfener Schichten

Die Ionenverteilung der Quellwässer aus den Werfener Schichten entspricht ziemlich genau der der Prebichl-Schichten (s.S. 53); lediglich das Mg/Ca-Verhältnis weicht davon ab: Es beträgt 1,5 in den Werfener Schiefern und 1,0 (0,85) in den Werfener Kalken.

Die Werfener Schiefer (eine sandige Tonschieferfolge) haben eine Gesamtmineralisation von ca. 5,4 mval/l gelöste Stoffe, die damit über dem Wert der Prebichlschichten und unter der Mineralisation des Erzführenden Kalkes liegt. In den Werfener Kalken ist sie recht ähnlich mit ca. 5,8 mval/l. Die pH-Werte liegen in beiden Schichtgliedern bei etwa 7,5.

Einzelne Quellen haben etwas erhöhte Permanganatzahlen: die Situation bei Quelle Nr. 94 mit 18,0 mg/l entspricht den in Abschnitt e) genannten Verhältnissen, die Quelle Nr. 121 mit 18,7 mg/l war dicht neben der Entnahmestelle künstlich gefaßt und Quelle Nr. 131 mit einer Permanganatzahl von 20,1 entstammt

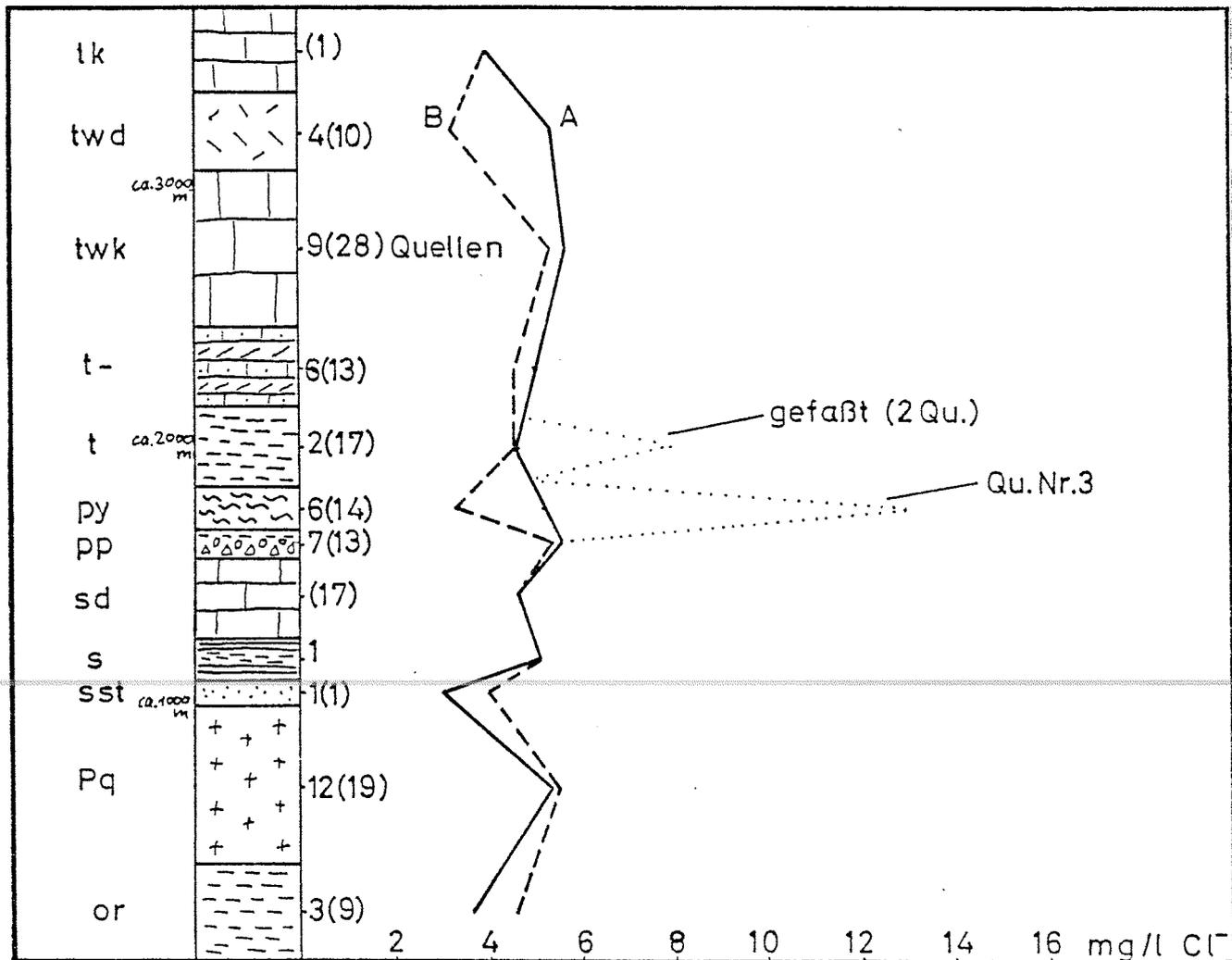


Abb.18: Gehalte an Chlorid-Ionen in mg/l in Abhängigkeit von der Schichtfolge.

einem sehr moorigen Quellort mit starkem Pflanzenbewuchs. Die übrigen Werte liegen meist zwischen 8 und 10 mg/l und deuten damit einen normalen, nur leicht erhöhten Gehalt an organischen Substanzen an.

Der Säureverbrauch liegt bei den Werfener Schiefern um 2,2 mval/l, bei den Werfener Kalken etwa bei 1,4 (1,9) mval/l. Die durchschnittlichen Gesamthärten betragen bei beiden Schichtgliedern etwa 8⁰d; die etwas erhöhten Nichtkarbonathärten in den Werfener Kalken (2,3⁰d) hängen mit noch nicht vollständig ausgelaugten Gipsresten des tektonisch in sie eingedrungenen Haselgebirges zusammen.

4.5.8 Grundwässer des Wettersteinkalkes und Wettersteindolomits

Die klüftigen Kalkfelsen und die verkarsteten Hochflächen, die vom Wettersteinkalk, Gutensteiner Kalk und Wettersteindolomit gebildet werden, vermögen große Mengen an Wasser zu speichern. Ihre Quellen liegen gewöhnlich in der Nähe der Grenze zu den wasserstauenden Werfener Schichten.

Wie zu erwarten, handelt es sich um Calcium-Magnesium-Hydrogenkarbonatwässer mit einer durchschnittlichen Mineralisierung von 6,8 mval/l des Wettersteinkalkes und von 6,5 mval/l beim Wettersteindolomit. Gegenüber den Gehalten von ca. 0,5 mval Mg²⁺/l der Wässer des Erzführenden Kalkes treten aus dem stets etwas dolomitischen Wettersteinkalk Grundwässer mit 1,1 bis 1,3 mval Mg²⁺/l und aus dem Wettersteindolomit Wässer mit 1,5 bis 1,8 mval/l aus.

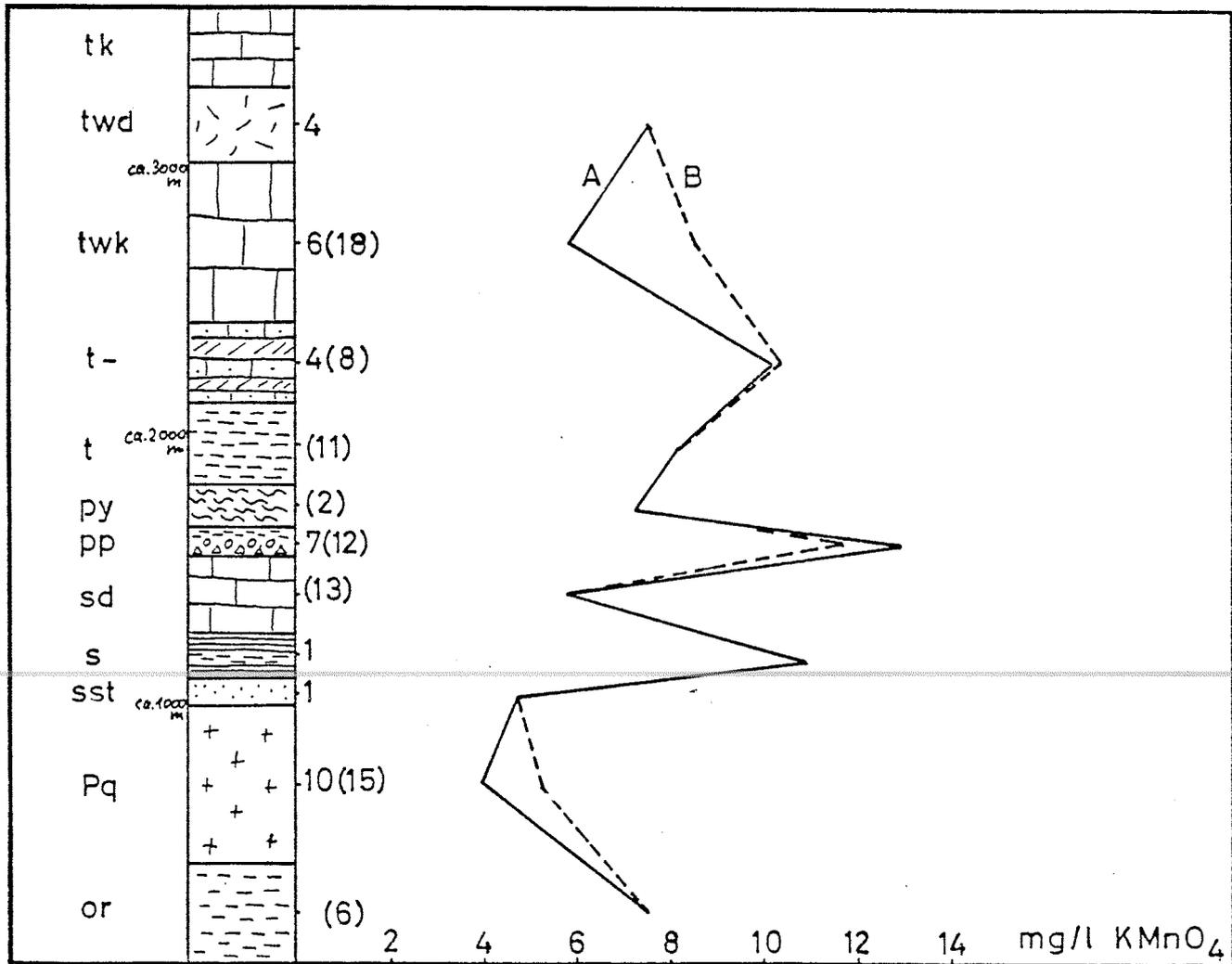


Abb.19: Der KMnO_4 -Verbrauch als Meßzahl für die Oxydierbarkeit der Quellwässer in Abhängigkeit von der Schichtfolge.

Das Mg/Ca-Verhältnis beträgt im Wettersteinkalk 0,3 (0,6), im Wettersteindolomit 1,2 (/6).

Die Wässer sind bei beiden Schichtgliedern leicht basisch (pH 7,5). Die Gesamthärten sämtlicher Quellen aus der Karbonatfolge schwanken zwischen 8 und 12⁰d und sind somit als mittelhart zu bezeichnen. Die Mittelwerte für den Wettersteindolomit liegen geringfügig tiefer als die des Wettersteinkalkes.

Aus dem Dachsteinkalk konnte nur eine Quelle am Kartenrand beprobt werden, die außerdem von anderen Grundwasserleitern beeinflusst sein dürfte. Ihre Analysenergebnisse mögen in den Schaubildern als Anhalt dienen, sollen hier jedoch nicht weiter besprochen werden.

4.5.9 Grundwässer aus den Quartärablagerungen

Die beiden Quellen am Fuße der Gehängebrekzie S' des Stanglkogels zeigen unterschiedliche chemische Beschaffenheiten. Sie sind mit Sicherheit auch von dem in der Nachbarschaft der Brekzie liegenden, bzw. diese evtl. unterlagernden Haselgebirge geprägt; von daher dürften die relativ hohen Sulfatgehalte von 53 und 93 mg/l zu erklären sein. Eine Beteiligung der Gipse am Aufbau der Grundmasse der Brekzie konnte im Gelände gelegentlich nachgewiesen werden. Bei ähnlich hoher Gesamtmineralisation von 8,5 und 10,0 mval/l weisen sie große Unterschiede im Mg/Ca-Verhältnis auf. Die pH-Werte liegen bei 7,3 und 7,8.

Für repräsentative Aussagen wären jedoch mehr Quellproben erforderlich. Das Untersuchungsgebiet müßte dafür weiter ausgedehnt werden.

Dasselbe gilt für die Wässer aus den Moränenablagerungen. Ihre Quellen am Osthang des Finstergrabens würden bei einem Gehalt von 6 - 7 mval gelöste Stoffe/l und Mg-Werten von 0,9 mval/l etwa z.B. den Grundwässern aus Würm-Moränen im Gebiet der obersten Donau entsprechen (vgl. HÖTZL 1973:75).

4.6 Klassifizierung der Grundwässer

Aufgrund ihrer verschiedenen chemischen Beschaffenheit lassen sich die Grundwässer des Untersuchungsgebietes in einzelne Typen einteilen. Hierbei bietet sich zunächst eine Zuordnung aufgrund der Ionenverteilung an. Daneben wird in der Literatur oft die Gesamtmineralisation für eine Einteilung herangezogen.

Abb. 11 und Abb. 20, sowie Abb. 21 zeigen die prozentuale Zusammensetzung des Lösungsinhaltes der Wässer. Dabei fällt ein klares Vorherrschen an Erdalkalitionen und Hydrogenkarbonationen bei den meisten Quellwässern auf. Die Wässer des Haselgebirges haben, wie oben bereits erwähnt, eine Sonderstellung. In Anlehnung an einen Vorschlag von LANGGUTH (1966) lassen sich die Grundwässer im Arbeitsgebiet wie folgt typisieren (Abb. 20 und Abb. 21):

- | | |
|---------------------------|--|
| Aus Grauwackenschiefern: | normal erdalkalische, überwiegend hydrogenkarbonatische Wässer, stark streuend; z.T. mit höherem Alkaligehalt. |
| Aus Blasseneckporphyroid: | erdalkalische, überwiegend hydrogenkarbonatische Wässer mit höherem Alkaligehalt. |
| Aus Lichteckarkose: | fast rein erdalkalisch-hydrogenkarbonatische Wässer. |

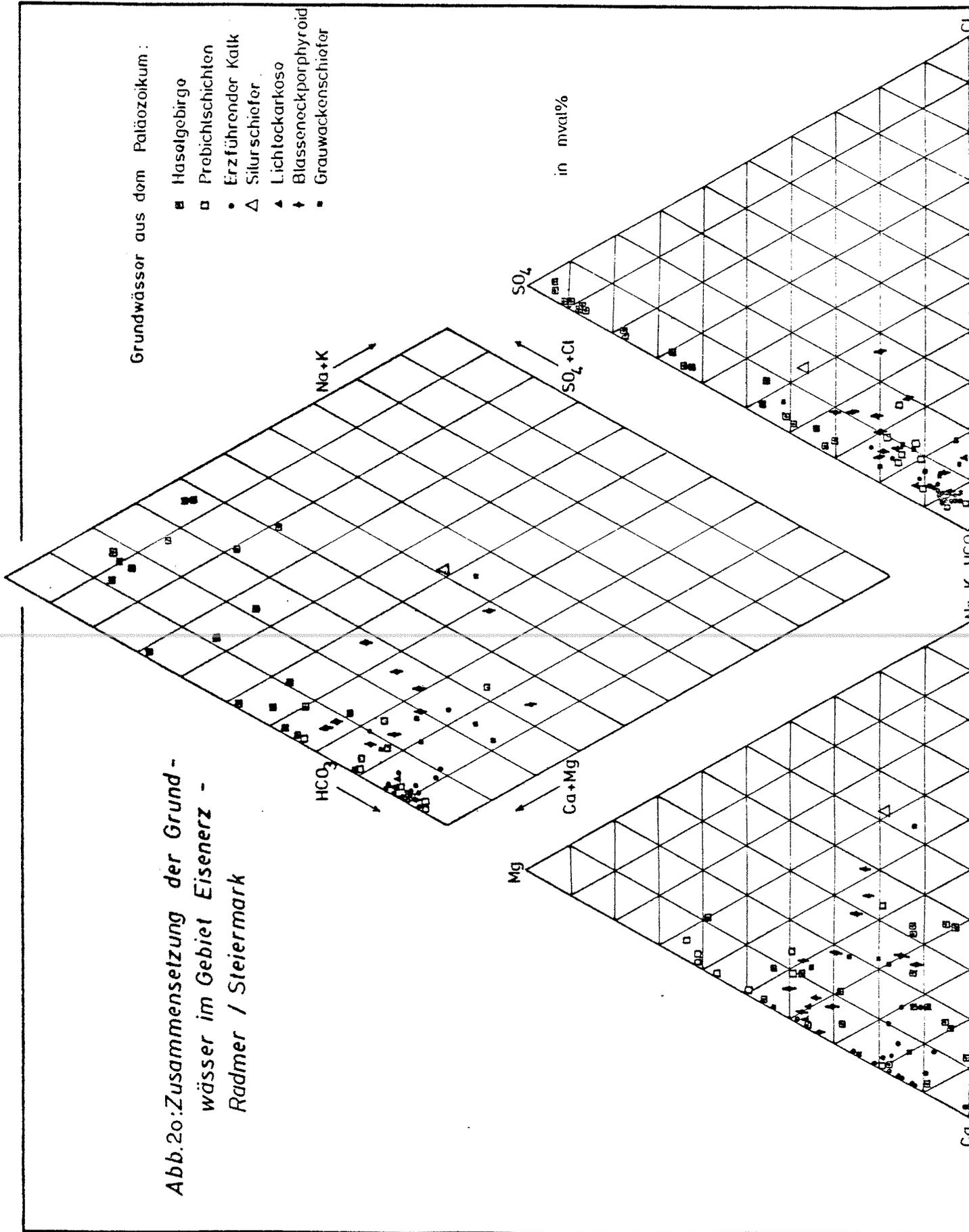


Abb. 20: Zusammensetzung der Grundwasser im Gebiet Eisenerz - Radmer / Steiermark

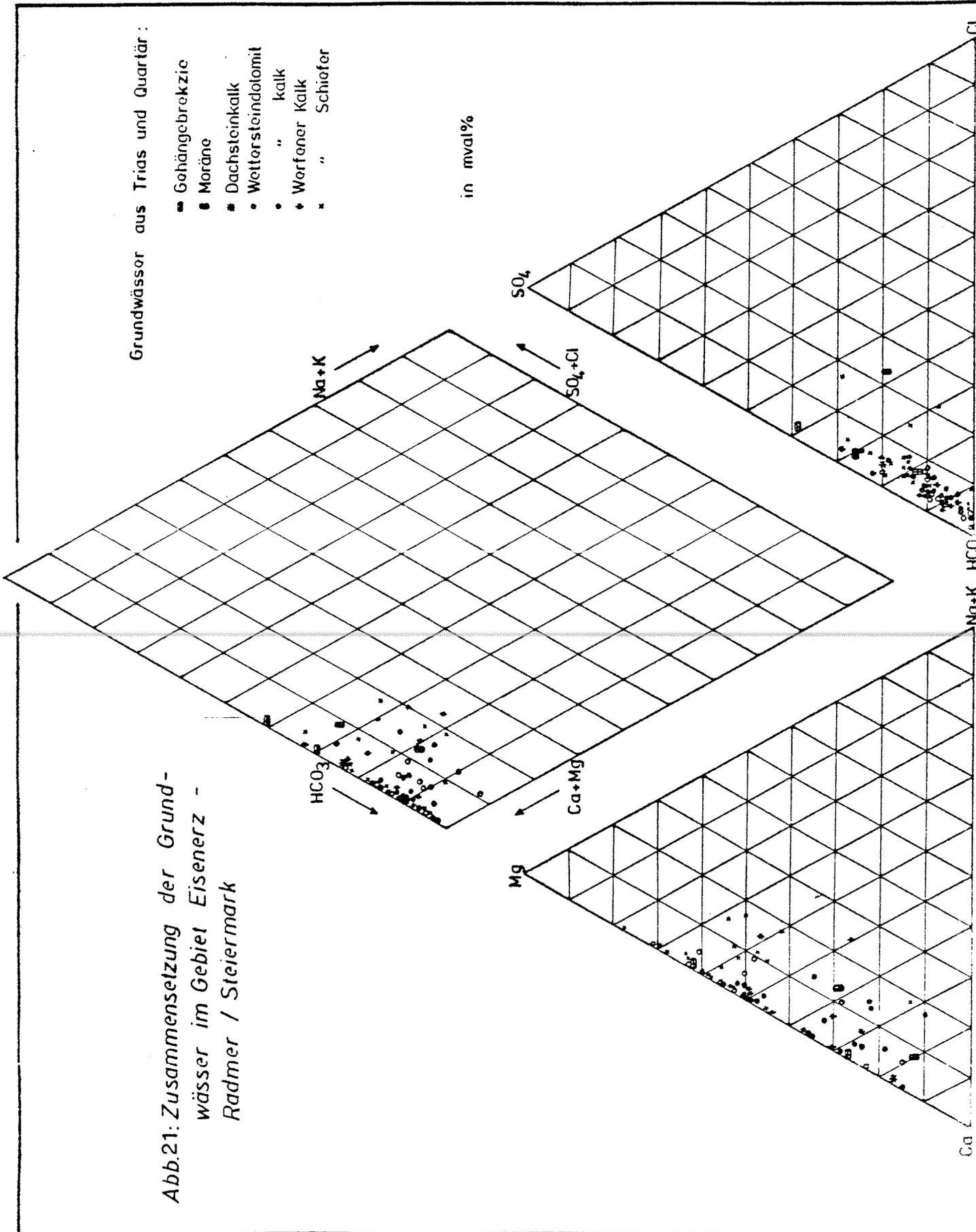


Abb.21: Zusammensetzung der Grundwässer im Gebiet Eisenerz - Radmer / Steiermark

- Aus Silurschiefern: Calzitisch-alkalisch, hydrogenkarbonatisch-sulfatische Wässer (Störfaktoren s.Text).
- Aus Erzführendem Kalk: fast rein calzitisch-erdalkalisch, hydrogenkarbonatische Wässer (geringe Streuung).
- Aus Prebichlschichten: normal erdalkalisch (Mg-betont), überwiegend hydrogenkarbonatische Wässer.
- Aus Haselgebirge: normal erdalkalische, überwiegend sulfatische Wässer (A-Werte: Ca+Alkali-betont).
- Aus Werfener Schiefer: normal erdalkalische (Mg-betont) überwiegend hydrogenkarbonatische Wässer.
- Aus Werfener Kalk:
Wettersteinkalk: normal erdalkalisch, überwiegend
Wettersteindolomit: hydrogenkarbonatische Wässer.
Dachsteindolomit:
Moräne:
- Aus Gehängebrekzie: normal erdalkalisch, hydrogenkarbonatisch-sulfatische Wässer.

In Abb. 22 sind die Durchschnittswerte für die Gesamtmineralisierung getrennt nach A- und B-Werten (s.S. 45) für die einzelnen hydrogeologischen Linheiten in Abhängigkeit von den Erdalkali- bzw. Hydrogenkarbonatgehalten dargestellt. Hier wird die schwache Mineralisierung der Wässer aus dem Porphyroid, den Silurschiefern und z.T. auch der Lichteckarkose deutlich. Ebenfalls relativ gering mineralisiert sind die Wässer aus den Grauwackenschiefern und den Prebichlschichten. Die Mehrzahl der Grundwässer haben 4 bis 7,5 mval gelöste Stoffe/l. Darüber liegen lediglich die Werte der Gipswässer aus dem Haselgebirge und der Gehängebrekzie südlich des Stanglkogels. Wie das Beispiel der Lichteckarkose zeigt, ist jedoch für die Gesamtmineralisierung nicht nur die

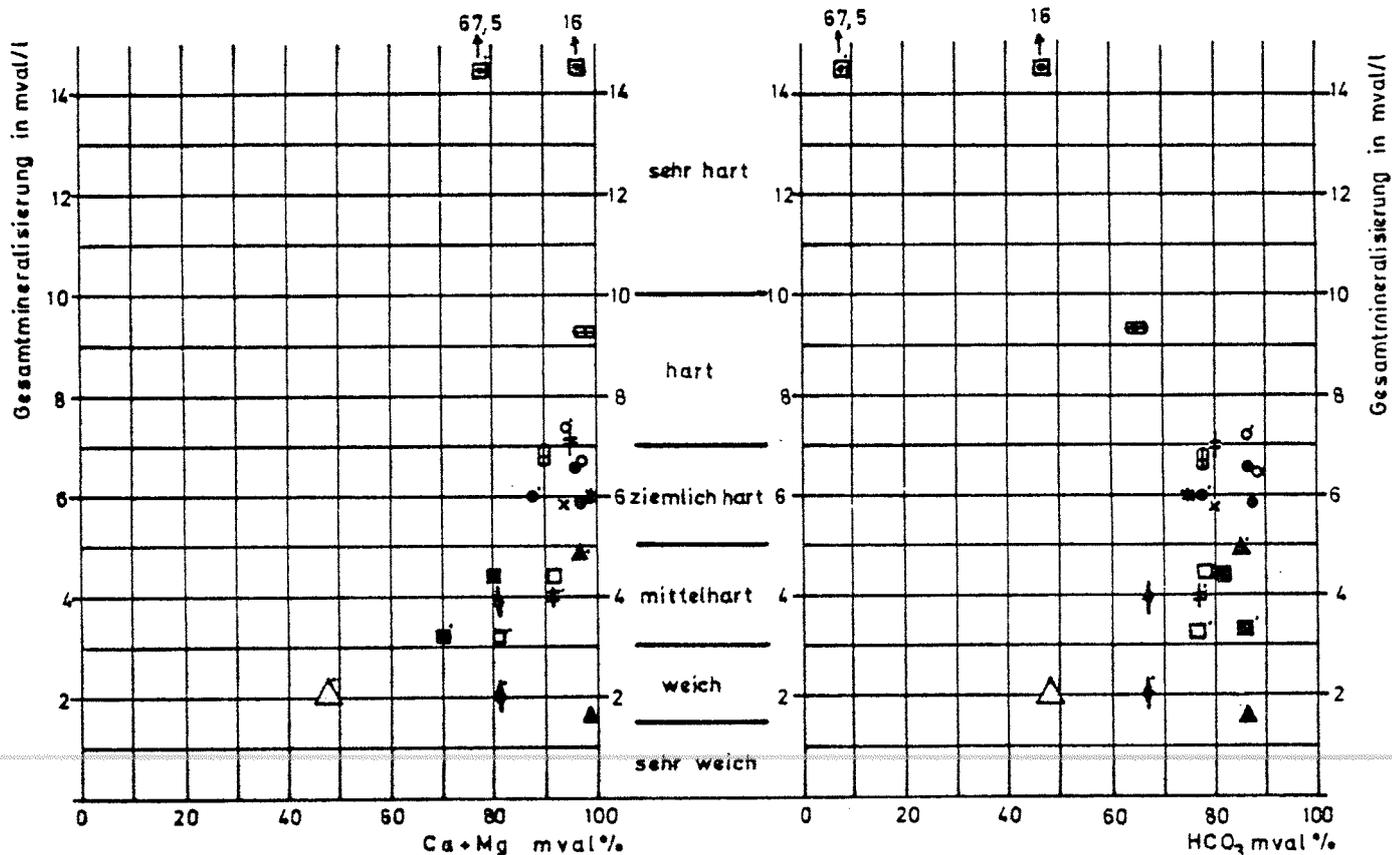


Abb.22: Gesamtmineralisierung der verschiedenen Quellwässer des Arbeitsgebietes in Abhängigkeit von den Erdkali- (links) und den Hydrogenkarbonationen (rechts), (vgl. HÖTZL 1973:79). Die einzelnen Markierungspunkte bezeichnen jeweils Mittelwerte von allen Quellen aus gleichen statistographischen Niveaus. Letztere sind durch verschiedene Signaturen kenntlich gemacht, die denen von Abb.20 und Abb.21 entsprechen. Die A-Werte werden durch zusätzliche Pünktchen von den B-Werten unterschieden.

petrologische Zusammensetzung des Grundwasserleiters maßgebend, sondern auch die bekannten hydrogeologischen Kennwerte, wie Verweildauer des Wassers im Gestein, Klüftigkeit, Schüttung der Quellen, etc. Im Gegensatz zu den Karbonatgesteinswässern mit Lösungsinhalten von 6 - 7 mval/l streuen die Werte der Nichtkarbonatgesteinswässer in sich zum Teil sehr stark.

Gesamtmineralisierung und Ionenverteilung der Grundwässer im Arbeitsgebiet machen die Unterschiede zwischen Wässern verschiedener Herkunft deutlich. Die Festlegung der zu bestimmten Quellen gehörigen Grundwasserleiter nach hydrogeologischen Gesichtspunkten wurde durch den für jeweils einen Grundwasserleiter relativ konstant bleibenden Chemismus sowie durch eine für ihn adäquate chemische Zusammensetzung seiner Wässer bestätigt.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Ulrich Mager
Umgelterweg 12c, 7 Stuttgart-1

5. L i t e r a t u r v e r z e i c h n i s :

(Weiterführende Literatur siehe TOLLMANN 1976 und 1977)

- AL-AZAWI, A.: Grundwasserverhältnisse im Raum Lober a.M. (Ostspessart) unter besonderer Berücksichtigung der Hydrochemie. - Unveröff. Diss. Fachber. Erdwiss. Univ. Tübingen, 140 S, Tübingen 1976.
- AMPFERER, O. und HAMMER, W.: Geologische Spezialkarte der Republik Österreich 1:75.000, Blatt Admont und Hieflau. - Geol. B.-A. Wien, Wien 1933.
- Ausgewählte Methoden der Wasseruntersuchung: Band I, Chemische, physikalisch-chemische, physikalische und elektrochemische Methoden. - Fischer: Ringhefter; Jena 1973.
- BARTH, W.: Die Geologie der Hochkalter-Gruppe in den Berchtesgadener Alpen (Nord-Kalkalpen). - N. Jb. Geol. Paläont. Abh., 131, S 119 - 177, Stuttgart 1968.
- BAUMGARTNER, W.: Zur Genese der Erzlagerstätten in der Grauwackenzone und Transgressionsserie (Präbichl-Schichten) zwischen Hirschwang/Rax (NÖ.) und Neuberg/Mürz (Stmk.). - Unveröff. Diss. Phil. Fak. Univ. Wien, 124 S, Wien 1974.
- BECKSMANN, E.: Grundwasserchemismus und Speichergestein. - Z. dt. Geol. Ges., 106, S 23 - 35, Hannover 1955.
- BÜCHNER, K.: Geologie der nördlichen und südwestlichen Gesäuseberge etc. - Diss. natw. Fak. Univ. Marburg/Lahn, 118 S, Marburg 1970.
- BÜCHNER, K.: Ergebnisse einer geologischen Neuaufnahme der nördlichen und südwestlichen Gesäuseberge (O-Stmk., Österreich). - Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud., 22, S 71 - 94, Wien 1974.
- CLAR, E.: Zum Bewegungsbild des Gebirgsbaues der Ostalpen. - Verh. Geol. B.-A., Sdh. G, S 11 - 35, Wien 1965.
- CLAR, E.: Anmerkungen über weiteres Vorkommen von Prebichlschichten. - Verh. Geol. B.-A., S 123 - 125, Wien 1972.
- COOK, E.F. (Hrsg.): Tufflavas and Ignimbrites, a survey of soviet Studies. - American Elsevier Publishing Company, inc., 212 S, New York 1966.
- CORNELIUS, H.P.: Zur Deutung der Konglomerate des Salberges bei Liezen und der Flaserkalkbrekzien am Dürrenschöberl (Ennstal, Stmk.). - Ber. Reichsst. Bodenforsch., S 111 - 114, Wien 1941.

- CORNELIUS, H.P.: Gesteine und Tektonik im Ostabschnitt der nordalpinen Grauwackenzone etc. - Mitt. Geol. Ges. Wien, 42 - 43 (1949-1950): S 1 - 234, Wien 1952.
- DAURER und SCHÖNLAUB, H.P.: Mitt. Geol. Ges. Wien 1977.
- Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung. - 3. Auflage (Ringordner), Weinheim 1960 - 1968.
- EIGENFELD, F.: Zur Methodik der Untersuchungen in permosilesischen Ingnimbritalagerungen. - Hallesches Jb., 1, S 88 - 99, Leipzig 1977.
- EFMERT, U.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1 : 25.000 Blatt Nr. 6428 Bad Windsheim. - Bay. Geol. Landesamt, 172 S, München 1969.
- FLAJS, G.: Conodontenstratigraphische Untersuchungen im Raum von Eisenerz nördliche Grauwackenzone. - Mitt. Geol. Ges. Wien, 59, S 157 - 212, Wien 1967.
- FLAJS, G.: Ergänzende Bemerkungen zur Alterseinstufung des Blaseneck-Porphyroids bei Eisenerz. - Anz. Österr. Akad. Wiss., math.-natw. Kl., 104, S 127 - 132, Wien 1967.
- FLAJS, G.: Aufnahmebericht 1973 auf den Blättern 100 (Hieflau) und 101 (Eisenerz). - Verh. Geol. B.-A., A 35 - 37, Wien 1974.
- FLAJS, G. und SCHÖNLAUB, H.P.: Bemerkungen zur Geologie um Radmer (nördliche Grauwackenzone, Stmk.). - Verh. Geol. B.-A., S 245 - 254, Wien 1973.
- FLAJS, G. und SCHÖNLAUB, H.P.: Die Biostratigraphische Gliederung des Altpaläozoikums am Polster bei Eisenerz (nördliche Grauwackenzone, Österreich). - Verh. Geol. B.-A., S 257-303, Wien 1976.
- FLÜGEL, E.: Mikrofazielle Untersuchungsmethoden von Kalken. - 454 S, Berlin (Springer) 1978.
- FLÜGEL, E. und TIETZ, G.: Über die Ursachen der Buntfärbung in Oberrät-Riffkalken (Adnet, Salzburg). - N. Jb. Geol. Paläont. Abh., 139, S 29 - 42, Stuttgart 1971.
- FLÜGEL, H.: Fortschritte in der Stratigraphie des ostalpinen Paläozoikums (1964 - 1969). - Zbl. Geol. Paläont., Tl. 1, S 661 - 687, Stuttgart 1970.
- FLÜGEL, H.: Einige Probleme des Variszikums von Neo-Europa. - Geol. Rdsch., 64, S 1 - 62, Stuttgart 1975.
- FLÜGEL, H.: Fortschritte in der Stratigraphie des alpinen Paläozoikums (1970 - 1975). - Zbl. Geol. Paläont., Tl. 1, 1975; Stuttgart 1976.

- Geologische Bundesanstalt Wien (Hrsg.): Exkursionsführer: Nördliche Grauwackenzone (Eisenerzer Alpen). - Geol. B.-A., 45 S, Wien 1977.
- HABERFELLNER, E.: Die Geologie des Eisenerzer Reichensteins und des Polsters. - Mitt. Abt. Bergb. Landesmus. Joanneum, H 2, 32 S, Graz 1935.
- HAMMER, W.: Die Grauwackenzone zwischen Enns- und Paltental (Steiermark). - Jb. Geol. B.-A., 82, S 127 - 162, Wien 1932.
- HERITSCH, F.: Zur Tektonik des Gebietes von Eisenerz. - Verh. Geol. B.-A., S 103 - 108, Wien 1932.
- HIESSLEITNER, G.: Zur Geologie der Umgebung des Steirischen Erzberges. - Jb. Geol. B.-A., 79, S 203 - 240, Wien 1929.
- HIESSLEITNER, G.: Zur Geologie der Erzführenden Grauwackenzone von Radmer bei Hiefbau. - Jb. Geol. B.-A., 81, S 49 - 80, Wien 1931.
- HÖLL, K.: Wasser. - 4. Auflage, 393 S, Berlin (de Gruyter) 1968.
- HÖTZL, H.: Die Hydrogeologie und Hydrochemie des Einzugsgebietes der obersten Donau. - Steir. Beitr. z. Hydrogeologie, 25, S 5 - 102, Graz 1973.
- KELLER, G.: Angewandte Hydrogeologie. - 1. Aufl., 412 S, Hamburg (Wasser und Boden) 1969.
- LANGGUTH, R.: Die Grundwasserverhältnisse im Bereich des Velberter Sattels (Rheinisches Schiefergebirge). - 127 S, (der Minister für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Nordrhein-Westfalen), Düsseldorf 1966.
- LEINE, L.: Rauhacken und ihre Entstehung. - Geol. Rdsch., 60, S 488 - 524, Stuttgart 1971.
- MATTHESS, G.: Die Beschaffenheit des Grundwassers. - B 2 des Lehrb. d. Hydrogeolog., Hrsg. W. Richter, 320 S, Stuttgart (Bornträger) 1973.
- MAURACHER, J.: Die Fortsetzung der Überschiebung der Mürzalpendecke im Bereich des unteren Schwabeltales nordöstlich Hiefbau. - Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Wien, 23, S 153 - 162, Wien 1976.
- METZ, K.: Die stratigraphische und tektonische Baugeschichte der steirischen Grauwackenzone. - Mitt. Geol. Ges. Wien, 44 (1951): S 1 - 84; Wien 1953.
- MOSTLER, H.: Conodonten aus den Werfener Schichten (Skythium) der nördlichen Kalkalpen (Salzburg). - Anz. Österr. Akad. Wiss., math.-natw. Kl., 105, S 62 - 64, Wien 1968.

- MOSTLER, H.: Struktureller Wandel und Ursachen der Faziesdifferenzierung an der Ordoviz/Silur-Grenze in der nördlichen Grauwackenzone (Österreich). - Festbd. Geol. Inst. 300-J. Feier Univ. Innsbruck, S 507 - 522; Innsbruck 1970.
- OTT, E.: Dasycladaceen (Kalkalpen) aus der nordalpinen Obertrias. - Mitt. Bayer. Staatssamml. Paläont. Hist. Geol. 7, S 205 - 226; München 1967.
- OTT, E.: Algae (Dasycladaceae). - Catalogus fossilium Austriae, 17 b, 64 S; Wien (Springer) 1974.
- PANTZ, V.v. und ATZL, A.: Versuch einer Beschreibung der vorzüglichsten Berg- und Hüttenwerke des Herzogthumes Steyermark. - 347 S; Wien 1814.
- PLÖCHINGER, B.: Gravitativ transportiertes permisches Haselgebirge in den Oberalmer Schichten (Tithonium, Salzburg). - Verh. Geol. B.-A., S 71 - 88; Wien 1974.
- POLL, K.G.: Die Diskussion des Deckenbaues in den nördlichen Kalkalpen. - Zbl. Geol. Paläont., I, S 889 - 916; Stuttgart 1967.
- POLL, K.G.: Zur Geologie der Weyerer Bögen (Nördliche Kalkalpen). - Erlanger Geol. Abh., 88, 72 S; Erlangen 1972.
- RIEHM, H.: Die Bestimmung der Pflanzennährstoffe im Regenwasser und in der Luft unter besonderer Berücksichtigung der Stickstoffverbindungen. - Agrochemica, 5, S 174 - 188; Pisa 1961.
- SCHAUBERGER, O.: Zur Genese des alpinen Haselgebirges. - Z. dt. Geol. Ges., 105, S 736 - 751; Hannover 1955.
- SCHÖNLAUB, H.P.: In: Geol. B.-A. Wien (Hrsg.), Exkursionsführer: Nördliche Grauwackenzone (Eisenerzer Alpen). - 45 S, Wien (Geol. B.-A.) 1977.
- SCHÖNLAUB, H.P. und FLAJS, G.: Geologische Aufnahme Blatt 101, Eisenerz. - Verh. Geol. B.-A., A 75 - A 77, Wien 1975.
- SCHÖNLAUB, H.P. und FLAJS, G.: Geologische Aufnahme Blatt 100, Hieflau. - Verh. Geol. B.-A., A 75, Wien 1975.
- SCHULZ, H.D.: Chemische Vorgänge beim Übergang von Sickerwasser zum Grundwasser. - Diss. T.H. Aachen, Fak. Bergbau und Hüttenw., 114 S; Aachen 1970.
- SOMMER, D.: Die Prebichl-Schichten etc.- Unveröff. Diss. Phil. Fak. Univ. Wien, 1047 S; Wien 1969.
- SOMMER, D.: Die Prebichlschichten als permotriadische Basis der Nördlichen Kalkalpen in der östlichen Grauwackenzone (Stmk., Österreich). - Verh. Geol. B.-A., S 119 - 122, Wien 1972.

- 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., 73, S 273 - 299, Wien 1925.
- SPENGLER, E.: Über die Tektonik der Grauwackenzone südlich der Hochschwabgruppe. - Verh. Geol. B.-A., S 127 - 141, Wien 1926.
- SPENGLER, E. und STINY, J.: Erläuterungen zur Geologischen Spezialkarte ... Blatt Eisenerz, Wildalpe und Aflenz. - 100 S; Wien (Geol. B.-A.) 1926.
- SUMMERSBERGER, H. und WAGNER, L.: Der Lithostratotypus des Gutensteiner Kalkes (Gutenstein, N.-Ö.; Mitteltrias). - Annalen Naturhist. Mus. Wien, 75, S 343 - 356; Wien 1971.
- THALMANN, F.: Probleme der Abbauplanung und Qualitätssteuerung am steirischen Erzberg in Abhängigkeit von den geologisch-mineralogischen Verhältnissen. - Mitt. Geol. Ges. Wien, 66 - 67 (1973/74), S 245 - 263; Wien 1974.
- THURNER, A.: Kritische Betrachtungen zur „Mürzalpendecke“ E. und A. TOLLMANN's. - Verh. Geol. B.-A., S 69 - 79, Wien 1963.
- TOLLMANN, A.: Das Permoskyth in den Ostalpen sowie Alter und Stellung des „Haselgebirges“ - N. Jb. Geol. Paläont. Mh., S 270 - 299; Stuttgart 1964.
- TOLLMANN, A.: Tektonische Karte der nördlichen Kalkalpen 1. Teil: Der Ostabschnitt. - Mitt. Geol. Ges. Wien, 59(1966) H 2, S 231 - 253, Wien 1967.
- TOLLMANN, A.: Analyse des klassischen nordalpinen Mesozoikums. - XV, 580 S; Wien (Deuticke) 1976.
- TOLLMANN, A.: Der Bau der nördlichen Kalkalpen. - IX, 449 S; Wien (Deuticke) 1976.
- TOLLMANN, A.: Geologie von Österreich, Bd. I: Die Zentralalpen. - 766 S; Wien (Deuticke) 1977.
- WEDEPOHL, K.H.: Geochemie. - Samml. Göschen, 1224/1224a/1224b, 220 S; Berlin (de Gruyter) 1967.
- ZANKL, H.: Der Hohe Göll. Aufbau und Lebensbild eines Dachsteinkalk-Riffes in der Obertrias der nördlichen Kalkalpen. - Abh. Senckenberg, naturf. Ges., 519, S 1 - 123; Frankfurt/W. 1969.

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 Grundwas- serfeld Friesach nördlich von Graz von H. Zetinigg, Th. Puschnik und H. Novak, F. Weber, 1966	S	140.--
Band 8	Der Mürzverband von E. Fabiani, P. Bilek, 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 Ablageverwertungsanlagen 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, H. Ertl, P. Hacker, H. Janschek, H. Krainer, J. Novak, D. Rank, F. Weber, H. Zetinigg, 1976 S 200.--
- Band 35 Wasserversorgung 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 und 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 H. Ertl, E. Fabiani, H. Krainer und 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.--

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.