

Das Neogen zwischen Sulm und Laßnitz (Südweststeiermark)

Von KARL NEBERT*)

Mit 13 Abbildungen und 8 Tabellen

*Steiermark
Neogen
Stratigraphie
Lithologie
Schwermineraluntersuchungen
Eibiswalder Schichten
Florianer Schichten
Schwanberger Schichten*

Österreichische Karte 1 : 50.000
Blätter 189, 190, 206, 207

Inhalt

Zusammenfassung	727
Abstract	727
1. Einleitung	728
2. Eibiswalder Schichten	730
3. Florianer Schichten	731
3.1. Unteres Sand-Kies-Glied der Florianer Schichten	732
3.2. Tegelglied der Florianer Schichten	732
3.3. Oberes Sand-Kies-Glied der Florianer Schichten	733
3.4. Tuff-Einschaltungen	734
3.5. Lagerungs- und Mächtigkeitsverhältnisse der Florianer Schichten	734
3.6. Alterseinstufung der Florianer Schichten	734
3.7. Kurze Schlußbetrachtung	735
4. Schwanberger Schichten	735
5. Quartäre Ablagerungen	741
Dank	742
Literatur	742

Zusammenfassung

Das rund 150 km² umfassende Neogengebiet zwischen den Flüssen Sulm und Laßnitz (Südweststeiermark) wird im Westen von den Sedimenten des Wieser Sedimentationszyklus der Eibiswalder Schichten sowie von den grobklastischen Schwanberger Schichten aufgebaut. Den Mittel- und Ostabschnitt nehmen die Ablagerungen der Florianer Schichten ein.

Mittel- bis feinklastische Sedimente (Sand und Ton) setzen die Sedimente des Wieser Sedimentationszyklus der Eibiswalder Schichten zusammen. Altersmäßig handelt es sich hierbei um Ablagerungen des mittleren Karpatien.

Die Florianer Schichten ließen sich in folgende lithostratigraphische Glieder unterteilen: Zuunterst erscheint das Untere Sand-Kies-Glied, das aus diagonalgeschichteten Grobsanden und Feinschottern besteht. Darüber folgt das fossilführende Tegelglied. Im Hangenden des Tegelglieds schließt das obere Sand-Kies-Glied die Schichtfolge der Florianer Schichten ab. Mit Hilfe von Mikro- und Makrofossilien konnten die Florianer Schichten ins Obere Badenien eingestuft werden.

Die grobklastischen Sedimente der Schwanberger Schichten stellen einen Wildbachschutt (rollender Schutttransport) oder Murenbildungen (gleitender Schutttransport) dar. Alters-

mäßig werden sie als Korrelat der Florianer Schichten aufgefaßt.

Ein ausgedehntes Hochterrassen-Areal tritt im Westen, Süden und Südosten des Gebiets auf.

Die durchgeführte Schwermineralanalyse an Sedimentproben der Eibiswalder, der Florianer und der Schwanberger Schichten zeigt, daß es möglich ist, die Ablagerungen dieser drei Formationen mit Hilfe ihrer Schwermineralassoziationen zu typisieren und somit voneinander zu unterscheiden.

Die quartären Terrassen führen eine für Terrassenablagerungen charakteristische Schwermineralvergesellschaftung.

Abstract

The studied area, situated between the rivers Sulm and Laßnitz, is part of the Southwestern Styrian Neogene Basin and is built up of clastic sediments belonging to the Eibiswald Formation (Middle Carpatien), to the fossiliferous Florian Formation (Upper Badenien) and to the Schwanberg Formation (Badenien). The western, southern and southeastern part of the region is occupied by Quaternary terraces. The mentioned three Neogene formations can be separated on the basis of their heavy mineral associations.

*) Anschrift des Autors: Prof. Dr. KARL NEBERT, Institut für Geologie und Paläontologie, Universität Graz, Heinrichstraße 26, A-8010 Graz.

1. Einleitung

Die Kartierungsarbeiten nördlich der Sulm wurden vom Verfasser als Auswärtiger Mitarbeiter der Geologischen Bundesanstalt während der Sommermonate 1986 und 1987 ausgeführt (K. NEBERT, 1987, 1988a und 1988b). Das untersuchte Gebiet umfaßt ein Areal von ca. 150 km².

Ziel der Untersuchungen war, die geologischen Verhältnisse der Neogenablagerungen nördlich der Sulm (Südweststeiermark) zu klären. Insbesondere sollte die Fortsetzung der Eibiswalder Schichten verfolgt werden. Südlich der Sulm sind die lithostratigraphischen, faziellen und sedimentologischen Untersuchungen der Eibiswalder Schichten bereits abgeschlossen (K. NEBERT, 1983). In die Untersuchungen miteinbezogen war auch

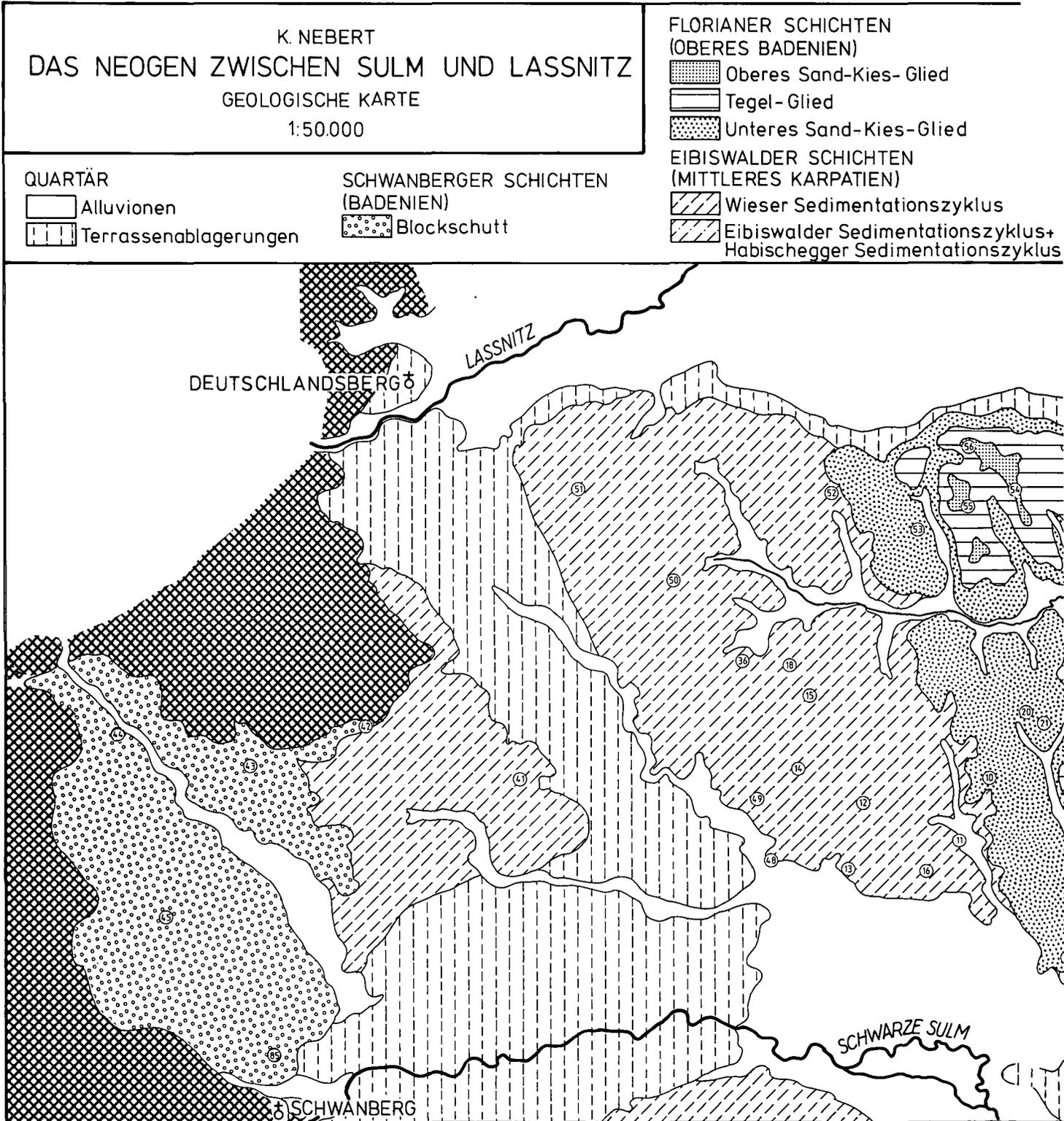


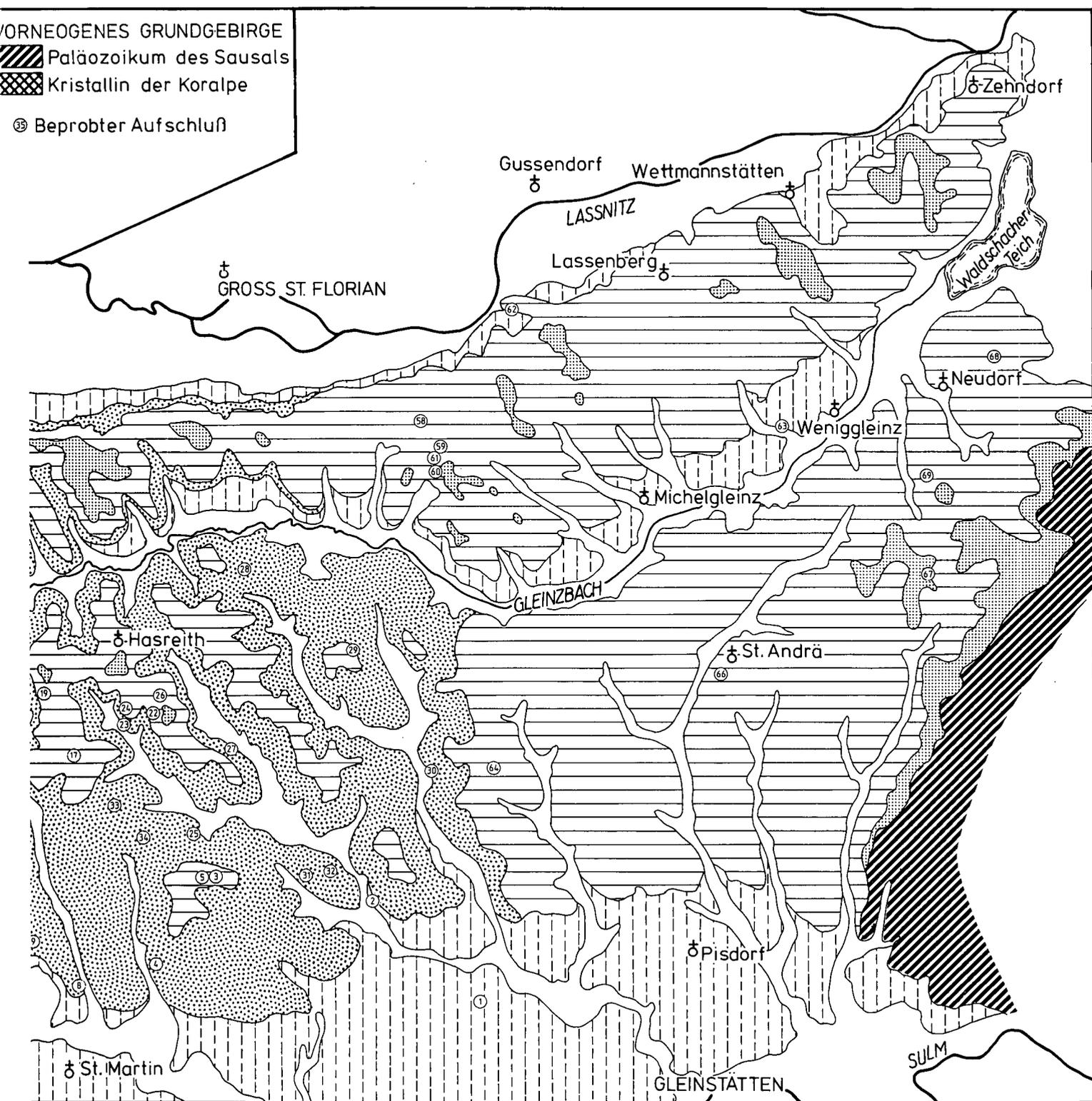
Abb. 1.
 Geologische Karte 1 : 50.000 des Neogengebietes zwischen Sulm und Laßnitz.

der Sedimentationsraum der Florianer Schichten, der sich desgleichen nördlich der Sulm ausdehnt.

Das untersuchte Gebiet liegt auf den Blättern 189 Deutschlandsberg, 190 Leibnitz, 206 Eibiswald und 207 Arnfels der Österreichischen Karte 1 : 50.000. Die Laßnitz bildet die Nordgrenze, die Sulm die Südgrenze des untersuchten Gebiets. Das Sausalgebirge grenzt es im Osten, und die Ausläufer der Koralpe im Westen ab.

Für die spezielle Untersuchung der Schwanberger Schichten wurde auch der nordwestlich von Eibiswald auftretende Einbruchsraben von Wernersdorf (NEBERT, 1984) berücksichtigt.

Zwecks Wahrung der Übersichtlichkeit wurden auf den beiden geologischen Karten (Abb. 1 und Abb. 6) nur die Hauptentwässerungsadern berücksichtigt. Auf die Darstellung der Verkehrsadern (Straßen und Eisen-



bahn) wurde aus dem gleichen Grund verzichtet. Bei Ortschaften mit einer Kirche wurde diese als Bezugspunkt auf den Karten eingetragen, Ortschaften ohne Kirche haben keinen Bezugspunkt. Zur Auffindung geographischer Namen, die in die Karten dieser Arbeit nicht aufgenommen wurden, empfiehlt sich die Verwendung einer topographischen Karte 1 : 50.000.

Der intensiven Agrar- und Forstwirtschaft zufolge ist das Untersuchungsgebiet äußerst arm an künstlichen und natürlichen Aufschlüssen. Die natürlichen Aufschlüsse beschränkten sich auf vereinzelt vorkommende Hangrutsche. Künstliche Aufschlüsse bestanden überwiegend aus Weganrissen und einigen Baggerausgrabungen. Sandgruben und Brunnengrabungen, einst die ergiebigen Fossilienfundstellen früherer Bearbeiter, fehlten zur Gänze.

Für Probeentnahme geeignete Aufschlüsse wurden fortlaufend nummeriert und in die geologischen Karten eingetragen. Proben wurden sowohl für mikropaläontologische Untersuchungen als auch für Schwermineraluntersuchungen genommen. Die Methodik der Schwermineralanalyse und die Interpretation der erzielten Ergebnisse habe ich in zwei Arbeiten (NEBERT, 1983, 1985) ausführlich besprochen, so daß ich an dieser Stelle auf eine Wiederholung verzichten kann.

Zum besseren Verständnis sei hier lediglich der Aufbau der Schwermineralhistogramme kurz besprochen. Im Histogramm sind die Schwerminerale nach ihrer physikalischen und chemischen Resistenz gereiht. Auf diese Art ergibt sich eine Stabilitätsreihe. Im linken Teil des Histogramms erscheinen die chemisch und physikalisch instabilen, demnach leicht verwitterbaren und transportanfälligen Schwerminerale, gereiht nach ihrem Stabilitätsgrad: Apatit (AP), Hornblende (HB) und Granat (GR). Der rechte Teil des Histogramms enthält Minerale mit einer hohen bis extrem hohen chemischen Resistenz, nämlich die verwitterungsstabilen Minerale: Turmalin (TU), Zirkon (ZI), Rutil (RU) und Chromspinell (CR). Dazwischen liegen die Minerale mit einer intermediären physikalisch-chemischen Resistenz: Epidot-Klinozoisit (EP), Chloritoid (CD), Staurolith (ST), Disthen (DI) und Titanit (TI). Das Verhältnis „opake Minerale zu durchsichtige Minerale“ (OPAK : DURCHS.) wird in Form eines Balkens unter dem Histogramm angegeben. Schwarz kennzeichnet den opaken, weiß den durchsichtigen Anteil.

Hinsichtlich der Literatur, die sich auf die Eibiswalder Schichten bezieht, verweise ich auf meine 1983 er-

schienene Arbeit über die zyklische Gliederung der Eibiswalder Schichten. Literaturangaben, die sich auf die Florianer Schichten beziehen, sind im Literaturverzeichnis vorliegender Arbeit enthalten.

Kurz besprechen möchte ich die Dissertation von W. DILLER (1957), weil sie sich auf mein Arbeitsgebiet bezieht. Zwar unterteilte DILLER die Schichtfolge des Torton in lithostratigraphische Glieder und behandelte sie im Text detailliert, doch auf seiner geologischen Karte (1 : 50.000) sind diese Glieder nicht ausgeschieden. Ferner gibt DILLER Fossilpunkte an und bespricht an Hand von gezeichneten Detailprofilen ausführlich die dazugehörenden Aufschlüsse. Leider hat er die Einzeichnung der Punkte auf seiner geologischen Karte unterlassen. Er umschreibt die Lage der Fundpunkte derart vage, daß man sie auf der neuen topographischen Karte nicht lokalisieren kann. Dieser Umstand war von großem Nachteil, denn bei der kurzen Lebensdauer von Neogenaufschlüssen war nach 30 Jahren kein einziger der von ihm angeführten Aufschlüsse wiederzufinden.

In regionalgeologischer Hinsicht ist das Untersuchungsgebiet Teil des Südweststeirischen Neogenbeckens (H. FLÜGEL & H. HERITSCH, 1968; H. W. FLÜGEL & F. NEUBAUER, 1984; K. KOLLMANN, 1965; A. WINKLER, 1927, 1929). Es wird von den Sedimenten der Eibiswalder Schichten, der Florianer Schichten und jenen der Schwanberger Schichten aufgebaut. Ausgedehnte quartäre Ablagerungen erstrecken sich im Süden des Gebiets, entlang der Weißen und der Schwarzen Sulm sowie entlang der vereinigten Sulm. Eine breite Alluvialebene begleitet die Laßnitz im Norden des Gebietes (s. geolog. Karte, Abb. 1).

2. Eibiswalder Schichten

Die Eibiswalder Schichten stellen die ältesten neogenen Ablagerungen im untersuchten Gebiet dar. Als lithostratigraphische Einheit des Weststeirischen Neogenbeckens wurden sie von A. WINKLER (1924, 1927) aufgestellt. Auf Grund von sedimentologischen Untersuchungen, insbesondere von Schwermineraluntersuchungen gliederte ich (NEBERT, 1983) die über 2500 m mächtigen Eibiswalder Schichten zu vier Sedimentationszyklen. Die im Westabschnitt des Untersuchungsgebietes auftretenden Eibiswalder Schichten gehören

Tabelle 1.
Schwermineralliste des Wieser Sedimentationszyklus der Eibiswalder Schichten (Anzahl der gezählten Körner).

PROBENNR.	TOTAL	OPAK	DURCHS.	AP	HB	GR	EP	CD	ST	DI	TI	TU	ZI	RU	CR	GR:EP	HB:DURCHS.
6	349	108	241	11	-	169	51	3	-	1	3	-	1	2	-	3,31	0
11A	295	64	231	10	9	135	67	4	-	-	2	-	-	4	-	2,01	0,04
11B	318	77	241	5	2	115	103	6	-	-	1	2	3	4	-	1,12	0,01
12	321	90	231	6	24	52	129	3	2	-	-	6	1	8	-	0,40	0,10
13	323	98	225	-	42	72	94	1	2	1	-	6	-	7	-	0,77	0,19
14	352	124	228	4	10	15	165	11	-	2	1	9	1	10	-	0,09	0,04
15	1103	931	172	6	4	44	86	4	1	1	-	3	3	20	-	0,51	0,02
16	306	70	236	7	20	153	46	1	2	-	1	6	-	-	-	3,33	0,08
18	331	72	254	2	32	147	58	1	5	1	1	2	2	3	-	2,53	0,13
36	279	37	242	4	2	164	56	-	-	-	2	6	1	7	-	2,03	0,01
41	231	5	226	5	8	136	68	-	-	1	1	2	2	3	-	2,00	0,04
48	268	43	225	7	33	131	45	-	-	-	2	4	1	2	-	2,91	0,15
49	320	95	225	30	18	83	70	4	-	-	2	5	3	10	-	1,19	0,08
50	249	39	210	5	40	106	50	-	-	-	1	4	-	4	-	2,12	0,19
51	296	82	214	13	11	98	74	4	-	1	1	3	3	6	-	1,32	0,05
52	295	76	219	12	-	105	89	1	-	-	3	2	2	5	-	1,18	0
SUMME ARITHM. MITTEL%	5636	2016	3620	127	255	1725	1251	43	12	8	21	60	23	95	-	1,38	0,07
	100	35,8	64,2	3,5	7,0	47,6	34,6	1,2	0,3	0,2	0,6	1,7	0,6	2,6	-		

dem jüngsten und zwar dem Wieser Sedimentationszyklus an.

Die Sedimente des Wieser Zyklus reichen bis zum Kristallin der Koralpe (s. geolog. Karte, Abb. 1). Durch den Bau der Transaustria-Gasleitung wurden sie im Westabschnitt des Untersuchungsgebiets freigelegt, sodaß sie bis an den Kristallinrand zu verfolgen waren. Sie sind durch mittel- bis grobkörnige, mitunter diagonalgeschichtete, graue Sande und graublau Tegel vertreten. In den Grobsanden treten oft dünne Lagen eines Kleinschotters oder diffus verstreute Kleingerölle auf.

Sechzehn Sedimentproben wurden fünfzehn Aufschlüssen (s. Lokation auf der geolog. Karte in Abb. 1) entnommen (Tab. 1). Auf Grund ihrer Schwermineralzusammensetzung ließen sich die Proben überwiegend der fluviatil-limnischen Phase (= GR-EP-Phase) eines Sedimentationszyklus zuordnen. Der Schwermineralgehalt von zwei Proben (Nr. 6 und 16) lag an der Grenze zwischen der fluviatilen Phase (= GR-Phase) und der fluviatil-limnischen Phase (= GR-EP-Phase). Die limnische Phase (= EP-Phase) war durch eine Probe (Nr. 14) vertreten.

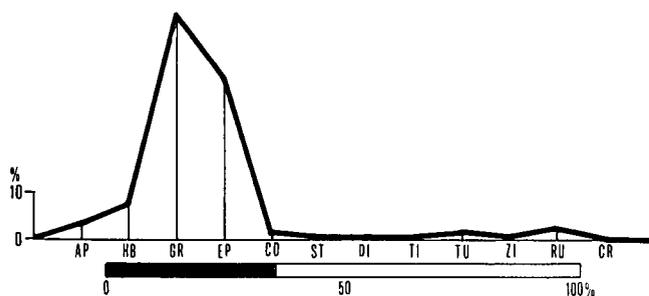


Abb. 2.
Standardzusammensetzung des Schwermineralgehalts der Sedimente des Wieser Zyklus, ermittelt aus 16 Probenanalysen (vgl. Tab. 1).

Das Histogramm der Abb. 2 gibt das arithmetische Mittel der Schwermineralassoziation der sechzehn Sedimentproben wieder. Es ist typisch für die fluviatil-limnische Phase (= GR-EP-Phase): ein dominierendes, gemeinsam aus GR und EP aufgebautes Maximum und ein GR/EP-Verhältnis von 1,39.

Der fluviatile Charakter der Sande läßt sich zumeist aus ihrer Diagonalschichtung folgern.

Das HB/DURCHS.-Verhältnis einiger Proben (z. B. Probe Nr. 11A, 11B, 14, 15 und 36) läßt auf einen langen bis sehr langen Transportweg des Sedimentmaterials schließen. Es handelt sich hierbei meistens um Tegel. Bei Grobsanden (z. B. Probe Nr. 13, 18, 48 und 50) erreicht das HB/DURCHS.-Verhältnis oft Werte, die größer als 0,10 sind, womit ein kurzer bis sehr kurzer Transportweg für die betreffenden Grobsande abgeleitet werden kann.

Der Schwermineralassoziation der Sedimente des Wieser Zyklus fehlt Chromspinell (CR) (s. Tab. 1 und Abb. 2). Neben der Fossiliertheit scheint dieser Umstand im untersuchten Gebiet das Hauptunterscheidungsmerkmal zu den Sedimenten der Florianer Schichten zu sein, denn CR ist nur in den Sedimenten der Florianer Schichten vertreten. Der niedrige Gehalt der verwitterungsstabilen Schwermineralien (TU, ZI und RU) spricht für ein relativ frisches und kaum verwittertes Sedimentmaterial, das in den Ablagerungsraum der

Eibiswalder Schichten gelangte. Er unterscheidet die Proben der Eibiswalder Schichten von jenen der Schwanberger Schichten. Der TU+ZI+RU-Gehalt der Eibiswalder Standardzusammensetzung (s. Tab. 1) liegt etwa bei 5 %, wohingegen er bei den Schwanberger Schichten in der Regel mehr als 10 % beträgt (vgl. Tab. 7). Zudem bestehen die Schwanberger Schichten, wie wir sehen werden, überwiegend aus grobklastischem Sedimentmaterial.

Die Sedimente des Wieser Zyklus wurden altersmäßig ins mittlere Karpatien gestellt (NEBERT, 1983). Im Untersuchungsgebiet sind die Sedimente des Wieser Zyklus fossilleer.

Eine Abgrenzung der Eibiswalder Schichten zu den sie überlagernden Florianer Schichten ist im Gelände nicht durchführbar, da sowohl die Eibiswalder Schichten als auch der untere Abschnitt der Florianer Schichten aus dem gleichen Sedimentmaterial bestehen. Die extreme Aufschlußarmut ist ein zusätzliches Hindernis in der Grenzziehung. Infolgedessen ist die auf der geologischen Karte (Abb. 1) eingezeichnete Grenze als „konventionell“ zu bewerten: Sie gibt den ungefähren Verlauf der Grenze an.

Im Westen des Gebiets (s. geolog. Karte, Abb. 1) überlagert der Blockschutt der Schwanberger Schichten die Sedimente des Wieser Sedimentationszyklus. Der markante Unterschied in der Korngröße der Sedimente erleichtert wesentlich die Grenzziehung zwischen den Eibiswalder und den Schwanberger Schichten.

In den wenigen Aufschlüssen des Untersuchungsgebiets ließ sich bei den Sedimenten des Wieser Zyklus kein Schichteinfallen messen. Südlich der Sulm zeigen die Schichten des Wieser Sedimentationszyklus im allgemeinen ein flaches Einfallen, das 10° kaum überschreitet (NEBERT, 1983). Die Einfallsrichtung pendelt dort zwischen Nord und Nordost.

Mächtigtangaben lassen sich für die Sedimente des Wieser Sedimentationszyklus nördlich der Sulm nicht machen. Südlich der Sulm erreicht die Wieser Schichtfolge eine Mächtigkeit von etwa 540 m (NEBERT, 1983).

3. Florianer Schichten

Die Aufstellung der Florianer Schichten als lithostratigraphische Einheit geht auf die ersten Bearbeiter des Weststeirischen Neogenbeckens zurück (F. ROLLE, 1855, 1856; D. STUR, 1871; V. HILBER, 1878). Nachfolgende Bearbeiter (H. BEER, 1951, 1953; W. DILLER, 1957; K. KOLLMANN, 1965; G. KOPETZKY, 1957; E. WALTER, 1951) befaßten sich überwiegend mit der Verfeinerung der lithostratigraphischen Untergliederung sowie mit Fragen der Alterseinstufung.

Die Florianer Schichten nehmen im Untersuchungsgebiet den mittleren und den östlichen Abschnitt ein. Sie lassen sich dort in drei lithostratigraphische Glieder unterteilen. Diese Unterteilung hatte bereits W. DILLER (1957) erkannt, jedoch auf seiner geologischen Karte nicht durchgeführt. Zuerst erscheint das Untere Sand-Kies-Glied. Darüber folgt das Tegelglied. Das Obere Sand-Kies-Glied schließt die Schichtfolge der Florianer Schichten in zeitlicher Richtung im Untersuchungsgebiet ab.

3.1. Unteres Sand-Kies-Glied der Florianer Schichten

Dieses lithostratigraphische Glied der Florianer Schichten bezeichnet W. DILLER als „Unteren Sand“. Grobkörnige Sande und feinkörnige Schotter (Kiese), die bis haselnußgroße, gut gerundete Klasten führen, überwiegen in der lithologischen Zusammensetzung dieses Gliedes. Sande und Kiese wechsellaagern miteinander. Die Farbe der Sedimente ist grau. Diagonalschichtung ist verbreitet und beweist den fluviatilen Charakter der Sedimente. Im oberen Abschnitt des Unteren Sand-Kies-Gliedes tritt eine Wechsellaagerung von cm- bis dm-starken Sandlagen mit ebenso starken Tegelagern auf, wodurch ein lithologischer Übergang zum darüberfolgenden Tegelglied hergestellt wird.

Der fluviatile Charakter der Sedimente des Unteren Sand-Kies-Gliedes steht jedoch außer Zweifel (Diagonalschichtung und Grobkörnigkeit). Die Zusammensetzung der Schwermineralassoziation läßt sich dadurch erklären, daß neben frischem Sedimentmaterial auch umgelagertes und verwittertes Material in den Ablagerungsraum der Florianer Schichten gelangte. Daher auch der etwas erhöhte Gehalt an extrem resistenten Schwermineralien (TU, ZI und RU) sowie an opaken Körnern.

Das arithmetische Mittel des HB/DURCHS.-Verhältnisses beträgt 0,06, d. h., im Durchschnitt war der Transportweg vom Abtragungsgebiet bis zum Ablagerungsraum mittellang. Doch erscheinen in Tab. 2 auch Proben, deren Sedimente einen sehr langen Transportweg zurückgelegt haben (z. B. in den Proben 6, 25, 31C, 31D, 32 und 33 ist HB/DURCHS. = 0). Anderer-

Tabelle 2.
Schwermineralliste des Unteren Sand-Kies-Gliedes der Florianer Schichten (Anzahl der gezählten Körner).

PROBENNR.	TOTAL	OPAK	DURCHS.	AP	HB	GR	EP	CD	ST	DI	TI	TU	ZI	RU	CR	GR: EP	HB: DURCHS.
3	337	59	278	12	1	228	28	-	-	1	-	6	1	1	-	8,14	0,003
4	468	235	233	10	2	54	120	9	4	1	2	22	3	6	-	0,45	0,01
8	455	217	238	20	-	57	124	5	-	-	2	14	9	7	-	0,46	0
9	445	209	236	12	7	38	149	2	-	1	3	8	7	9	-	0,26	0,03
10	333	83	250	3	29	110	92	3	-	-	-	9	-	3	1	1,20	0,12
20	307	80	227	1	91	27	91	2	1	-	1	6	4	2	1	0,30	0,40
21A	319	93	226	1	66	77	71	1	4	1	1	-	-	4	-	1,08	0,29
21B	459	251	208	2	14	29	128	4	2	3	1	8	5	12	-	0,23	0,07
23	374	144	230	12	6	20	144	13	-	3	2	7	2	19	2	0,14	0,03
25	329	100	229	15	-	128	61	-	-	1	3	10	5	6	-	2,10	0
27	422	185	237	1	8	36	142	5	6	1	-	19	4	12	3	0,25	0,03
28	331	103	228	7	42	78	70	2	5	2	-	10	-	12	-	1,11	0,18
30A	302	75	227	14	15	103	81	1	1	1	1	4	3	3	-	1,27	0,06
30B	310	77	233	6	-	159	46	2	-	-	-	3	6	11	-	3,46	0
31C	289	57	232	7	-	198	18	1	1	-	-	5	2	-	-	11,00	0
31D	555	323	232	1	-	64	87	3	3	3	1	41	8	21	-	0,74	0
32	453	225	228	-	-	42	94	1	4	4	-	48	4	31	-	0,45	0
33	454	223	231	1	-	21	159	3	6	4	-	19	5	13	-	0,13	0
34	474	248	226	-	1	23	150	3	3	1	-	26	6	13	-	0,15	0,003
SUMME	7416	2987	4429	125	282	1492	1855	60	40	27	17	265	74	185	7	0,80	0,06
ARITHM. MITTEL%	100	40,3	59,7	2,8	6,4	33,7	41,9	1,3	0,9	0,6	0,4	6,0	1,7	4,2	0,2		

Dem Unteren Sand-Kies-Glied wurden 19 Proben entnommen und auf Schwermineralien untersucht (Tab. 2). Nur vereinzelte Proben (Nr. 3 und 31C) enthielten eine Schwermineralassoziation, die für die fluviatile Phase (= GR-Phase) eines Sedimentationszyklus charakteristisch ist. Das arithmetische Mittel ergibt eine Standardzusammensetzung (Abb. 3), die eher auf eine fluviatil-limnische Phase (= GR-EP-Phase) zutrifft: GR (33,7 %) und EP (41,9 %) bilden gemeinsam ein Maximum. Das GR/EP-Verhältnis beträgt 0,80. Der Anteil der resistenten Mineralien (TU, ZI und RU) ist leicht erhöht.

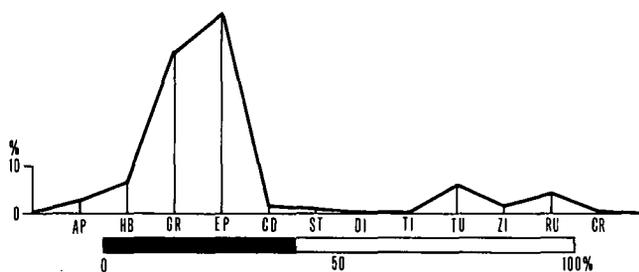


Abb. 3.
Standardzusammensetzung des Schwermineralgehalts der Sedimente des Unteren Sand-Kies-Gliedes der Florianer Schichten, ermittelt aus 19 Probenanalysen (vgl. Tab. 2).

seits hat der Schotter der Probe Nr. 28 einen nur kurzen Transportweg gehabt (HB/DURCHS. = 0,18).

Im Schwermineralspektrum tritt auch CR mit 0,2 % auf, was als Unterscheidungskriterium gegenüber den Sedimenten der Eibiswalder Schichten und jenen der Schwanberger Schichten gelten mag. Bei ihnen fehlt CR.

3.2. Tegelglied der Florianer Schichten

Das Tegelglied ist das nächstfolgende lithostratigraphische Glied der Florianer Schichten. Im Untersuchungsgebiet bauen die Sedimente des Tegelgliedes die Bergrücken ab 370 m SH aufwärts auf. W. DILLER nennt dieses lithostratigraphische Glied „Mergelhorizont“.

In lithologischer Hinsicht handelt es sich in der Hauptsache um sandige Tone, d. h. nach der älteren Bezeichnung um Tegel, und um reine Tone. Örtlich enthalten diese Pelite einen wechselnden Gehalt an Kalziumkarbonat (W. DILLER), wodurch sie dann als Mergel bzw. als sandige Mergel bezeichnet werden können. Im unteren Abschnitt treten zuweilen Sand- oder Kleinschotterlagen bzw. -linsen auf (z. B. die Proben 22B und 62A). Eine Schichtung ist immer vorhanden, Diagonalschichtung tritt jedoch nicht auf.

Eine weitere Unterteilung des Tegelgliedes, wie sie E. WALTER (1951) im Text seiner Dissertation, aber

nicht auf der beigelegten geologischen Karte vorgenommen hat, ist illusorisch und entspricht kaum der Wirklichkeit. Er unterscheidet einen „Unteren“ und einen „Oberen Florianer Tegel“, räumt jedoch ein, daß es sich hierbei möglicherweise nicht um kontinuierliche und zusammenhängende lithostratigraphische Unter-einheiten handelt, sondern wahrscheinli- ch um lokale Einschaltungen oder Linsen. Das Gleiche gilt für die weitere Aufgliederung der Florianer Schichtfolge in „Grobsand-Horizont“ und „Wechselagerung“, die W. DILLER im Text seiner Arbeit, jedoch nicht auf seiner geologischen Karte durchgeführt hat. Diese lithostrati-

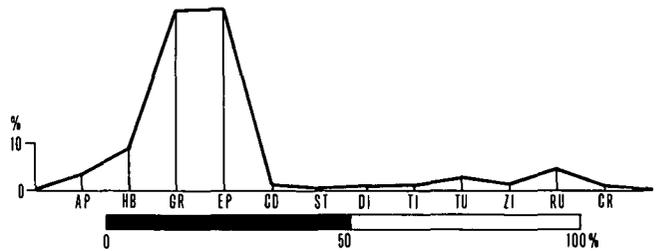


Abb. 4. Standardzusammensetzung des Schwermineralgehalts des Tegelgliedes der Florianer Schichten, ermittelt aus 25 Probenanalysen (vgl. Tab. 3).

Tabelle 3. Schwermineralliste des Tegelgliedes der Florianer Schichten (Anzahl der gezählten Körner).

PROBENN R.	TOTAL	OPAK	DURCHS.	AP	HB	GR	EP	CD	ST	DI	TI	TU	ZI	RU	CR	GR:EP	HB:DURCHS.
5A	379	146	233	2	-	37	165	3	2	3	1	10	2	6	2	0,22	0
5B	344	114	230	4	-	71	121	-	-	1	2	6	7	13	5	0,59	0
17	339	113	226	1	9	94	92	5	2	1	-	8	4	9	1	1,02	0,04
19	341	102	239	3	38	31	132	6	-	3	1	8	3	12	2	0,23	0,16
22A	320	80	240	9	63	50	95	6	1	1	2	4	1	8	-	0,53	0,26
22B	388	145	243	1	33	22	141	7	-	6	1	11	4	14	3	0,16	0,14
22C	352	111	241	11	8	29	158	7	-	1	6	5	3	13	-	0,18	0,03
24A	286	59	227	12	4	134	59	3	-	1	1	6	1	6	-	2,27	0,02
24B	323	78	245	10	2	128	90	3	-	-	1	3	1	7	-	1,42	0,01
26	3091	2914	177	6	1	61	84	2	-	3	-	4	1	15	-	0,73	0,01
29	474	237	237	-	6	30	149	3	-	5	-	8	7	29	-	0,20	0,03
31A	1293	1081	212	1	1	63	66	2	-	-	-	24	17	29	9	0,95	0,003
31B	294	60	234	19	-	162	27	1	-	1	2	4	3	12	3	6,00	0
53	336	114	222	9	4	30	138	5	-	-	4	9	1	22	-	0,22	0,02
58	312	93	219	-	30	20	129	2	1	3	-	13	-	21	-	0,16	0,14
59	346	121	225	1	37	31	117	3	-	2	-	16	1	14	3	0,26	0,16
61	282	52	230	13	35	85	78	1	-	1	1	1	3	2	10	1,09	0,15
62A	247	25	222	1	53	138	24	-	1	-	2	2	1	-	-	5,75	0,24
62B	275	59	216	2	48	125	34	-	-	-	1	2	2	2	-	3,68	0,22
63	275	45	230	12	59	82	64	-	-	-	5	2	-	1	5	1,28	0,26
64	277	55	222	9	35	106	57	3	-	-	4	5	1	-	2	1,86	0,16
66	274	37	237	7	17	156	40	1	-	2	4	4	-	6	-	3,9	0,07
67	309	79	230	17	1	123	73	-	-	-	6	5	3	2	-	1,68	0,003
68	250	26	224	12	16	159	26	1	-	-	1	4	-	5	-	6,12	0,07
69	262	37	225	12	2	161	41	1	-	-	1	2	-	2	3	3,93	0,01
SUMME ARITHM. MITTEL%	11669	5983	5686	174	502	2128	2200	65	7	34	46	166	66	250	48	0,97	0,09

graphischen „Horizonte“ sind mehr oder weniger grobkörnige Einschaltungen von begrenzter lateraler Ausdehnung innerhalb des pelitischen Tegelglieds. Für derartige Unterteilungen des Tegelglieds der Florianer Schichten fehlen auch die erforderlichen Aufschlußbedingungen.

Neunzehn Aufschlüssen wurden 25 Proben für die Schwermineralanalyse entnommen (Tab. 3). Das arithmetische Mittel ergibt eine Schwermineralassoziation, die für den oberen Abschnitt der GR-EP-Phase typisch ist: Das GR/EP-Verhältnis beträgt 0,97. Das Schwermineralhistogramm (Abb. 4) enthält ein Maximum, das annähernd aus gleichen Teilen GR und EP aufgebaut ist. Die extrem resistenten Mineralien zeigen leicht erhöhte Werte. Auch der Gehalt an opaken Mineralien ist mit 51,3 % beachtlich gestiegen. Alle diese Daten weisen auf ein minder frisches Sedimentmaterial hin, das in die Florianer Bucht eingeschwemmt bzw. eingeweht wurde. Der Transportweg war lang bis sehr lang (HB/DURCHS. = 0,09).

Auch im Schwermineralgehalt des Tegelglieds tritt CR in etlichen Proben auf. Er kann bis über 4 % erreichen (siehe Probe Nr. 31A und 61). Im Standardhistogramm (Abb. 4) hat er einen Anteil von 0,8 %.

3.3. Oberes Sand-Kies-Glied der Florianer Schichten

Das Obere Sand-Kies-Glied schließt die Schichtfolge der Florianer Schichten im Untersuchungsgebiet ab.

Wie der Name besagt, besteht dieses lithostratigraphische Glied hauptsächlich aus Kiesen (= Kleinschotter). Daneben sind jedoch auch Grobsande verbreitet, die zuweilen eine Diagonalschichtung aufweisen.

DILLER bezeichnet dieses lithostratigraphische Glied als „Hangendsand“ und WALTER nennt es „Pölsersand“.

In Form eines schmalen Bands begleiten diese klastischen Sedimente den Westrand des Sausals. Darüber hinaus findet man sie als Erosionsinseln auf Kuppen und Höhen der in SW-NE-Richtung sich erstreckenden Rücken (s. geolog. Karte, Abb. 1).

Die Aufschlußbedingungen für die Entnahme von Sedimentproben waren recht ungünstig, so daß auf das Obere Sand-Kies-Glied lediglich vier Proben fallen (Tab. 4).

Das aus den vier Proben ermittelte Standardhistogramm (Abb. 5) zeigt eine Schwermineralassoziation, die sich von jener des unteren Sand-Kies-Gliedes sowie von jenen des Tegelgliedes ganz wesentlich unterscheidet. Hinsichtlich des GR/EP-Verhältnisses würde der unter Abschnitt der GR-EP-Phase eines Sedimentationszyklus vorliegen. Der überaus hohe HB-Anteil (32,2 %) ist auf einen äußerst kurzen Transportweg zurückzuführen. Das Abtragungsgebiet muß in nachbarlicher Nähe zum Ablagerungsraum gewesen sein. Das zur Sedimentation gelangte Material war frisch, denn der leicht verwitterbare AP ist mit 5 % übermäßig ver-

Tabelle 4.
Schwermineralliste des Oberen Sand-Kies-Gliedes der Florianer Schichten (Anzahl der gezählten Körner).

PROBENNR.	TOTAL	OPAK	DURCHS.	AP	HB	GR	EP	CD	ST	DI	TI	TU	ZI	RU	CR	GR:EP	HB:DURCHS.
54	272	52	220	12	85	87	30	1	-	-	-	3	1	1	-	2,90	0,39
55	282	71	211	8	71	102	17	1	-	-	-	7	1	4	-	6,0	0,34
56	320	101	219	19	29	72	82	6	-	-	2	4	1	4	-	0,88	0,13
60	251	41	210	4	92	80	28	-	-	-	-	5	-	1	-	2,86	0,44
SUMME ARITHM. MITTEL%	1125	265	860	43	277	341	157	8	-	-	2	19	3	10	-	2,17	0,32
	100	23,6	76,4	5,0	32,2	39,6	18,3	0,9	-	-	0,2	2,2	0,3	1,2	-		

treten. Für die Frische des Sedimentmaterials spricht auch der niedrige Anteil (23,6 %) der opaken Körner.

Auffallend ist das völlige Fehlen des CR in den vier untersuchten Proben, was desgleichen für die nachbarliche Nähe des Liefergebiets spricht.

Der fluviatile Charakter des Oberen Sand-Kies-Gliedes geht aus der Diagonalschichtung hervor. Sie war in einigen Grobsandaufschlüssen zu beobachten.

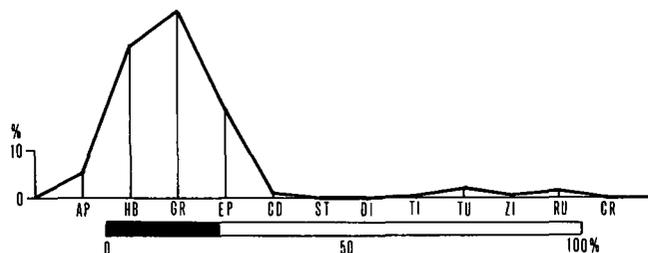


Abb. 5.
Standardzusammensetzung des Schwermineralgehalts der Sedimente des Oberen Sand-Kies-Gliedes der Florianer Schichten, ermittelt aus 4 Probenanalysen (vgl. Tab. 4).

3.4. Tuff-Einschaltungen

W. DILLER erwähnt zwei Vorkommen von Tuff-Einschaltungen, die nach seinen Ortsangaben dem Tegelglied der Florianer Schichten angehören müssen. Das eine Vorkommen soll bei Hölzbaueregg (500 m südöstlich von Hasreith) für technische Zwecke abgebaut worden sein. Es handelte sich hierbei um einen Bentonit. Das zweite Vorkommen lag bei Otternitz und stellte eine linsenförmige Einschaltung dar. Die beiden Vorkommen waren zur Zeit meiner Begehung nicht auffindbar.

3.5. Lagerungs- und Mächtigkeitsverhältnisse der Florianer Schichten

Bei folgenden Aufschlüssen ließ sich das Schichteneinfallen messen:

Tegel-Glied: Aufschluß Nr. 5: 330°/06°
 Aufschluß Nr. 22: 045°/04°
 Aufschluß Nr. 24: 045°/09°
 Aufschluß Nr. 66: 110°/08°

Unteres Sand-Kies-Glied: Aufschluß Nr. 30: 030°/10°

Somit pendelt das flache Einfallen der Florianer Schichten zwischen ESE und NNW. Bedingt durch das Einfallen, tauchen die Sedimente des Unteren Sand-Kies-Gliedes ostwärts, etwa im Gebiet der Straße Gleinstätten – Groß St. Florian, unter die Schichten des Tegelgliedes (s. geolog. Karte).

Die Abgrenzung der Florianer Schichten gegen die Eibiswalder Schichten wurde bereits im vorigen Kapitel (2) besprochen. Die Abgrenzung der einzelnen lithostratigraphischen Glieder der Florianer Schichten untereinander ist auf der geologischen Karte desgleichen

eine „konventionelle“. Einerseits verhindert der lithologische Charakter der Florianer Folge eine klare und exakte Grenzziehung: Wechsellagerungen, abwechslungsreiche Sedimenteinschaltungen, Linsen etc. Zum zweiten fehlen für exakte Grenzziehungen die erforderlichen Aufschlüsse. Und schließlich wirkt sich die intensive Agrar- und Forstwirtschaft für Grenzziehungen nachteilig aus.

Die Mächtigkeit der verschiedenen lithostratigraphischen Glieder variiert stark. Das Untere Sand-Kies-Glied erreicht im Westabschnitt des untersuchten Gebietes 70 bis 80 m, im Ostabschnitt maximal 40 m. Dagegen nimmt die Mächtigkeit des Tegelgliedes ostwärts zu. Während seine Schichten im Westen 20 bis 30 m stark sind, erreichen sie im Ostabschnitt eine Mächtigkeit von 70–80 m. Die Mächtigkeit des oberen Sand-Kies-Gliedes überschreitet kaum 30 m.

3.6. Alterseinstufung der Florianer Schichten

Die Florianer Schichten zeichnen sich durch einen Fossilreichtum aus, so daß sie relativ frühzeitig ins Torton gestellt wurden. Dank der zahlreichen Brunnengrabungen, die nach dem Zweiten Weltkrieg einsetzten, wurden von den nachfolgenden Bearbeitern (H. BEER, 1951, 1953; W. DILLER, 1957; G. KOPETZKY, 1957; E. WALTER, 1951) für die genauere Altersbestimmung der Florianer Schichten auch Mikrofossilien herangezogen.

E. WALTER (1951) parallelisiert das Untere Sand-Kies-Glied mit den Kreuzberger Schottern WINKLER-HERMADEN's und bezeichnet es als „Kreuzbergsande“. W. DILLER (1957) spricht vom „Unteren Sand“ und stellt ihn ins Obere Untertorton. Von zwei Aufschlüssen, die bei Hasreith lagen und heute nicht mehr vorhanden sind, und von einem desgleichen nicht mehr vorhandenen Aufschluß bei Otternitz (Gehöft Gimpel) gibt dieser Autor folgende Mikrofossilien an:

Rotalia beccari (L.)
Nonion boueanum (d'ORB.)
Globigerina bulloides d'ORB.
Ammodiscus incertus (d'ORB.)
Cyclamina acutidorsata (HANTK.)

Bis auf Aufschluß 30 (westlich vom Zelkoberg, s. geolog. Karte, Abb. 1) waren im Untersuchungsgebiet alle beprobten Aufschlüsse des Unteren Sand-Kies-Gliedes fossilfrei. Probe 30 lieferte kleine Exemplare von *Ammonia beccari* (LINNÉ) (Bestimmung M. E. SCHMID), die vermutlich aus einem brackischen Milieu stammen und allgemein auf Neogen hinweisen, jedoch näher nicht einstuftbar sind.

Überlagert wird das Untere Sand-Kies-Glied von den Florianer Tegeln, die auf Grund ihrer fossilen Fauna altersmäßig bisher ins Unterbadeniens eingestuft (H. BEER, 1933; H. FLÜGEL & H. HERITSCH, 1968; H. W. FLÜGEL & F. NEUBAUER, 1984; K. KOLLMANN, 1965; G. KO-

PETZKY, 1957) und mit den Pölser Mergeln parallelisiert wurden.

Die Bestimmungsergebnisse der von mir aufgesammelten Mikrofossilien (Bestimmung E. KRESTA und F. RÖGL) sind in folgender Aufstellung enthalten:

Aufschluß-Nr.	61	63	64	66	67	68
<i>Ammonia beccarii</i> (LINNÉ)	+	+	+	+	+	+
<i>Elphidium flexuosum</i> (d'ORBIGNY)	+	-	-	+	-	-
<i>Elphidium ukrainicum</i> (KRASHENINNIKOV)	+	+	+	-	-	+
<i>Nonion commune</i> (d'ORBIGNY)	+	-	+	-	-	-
<i>Bolivina dilatata</i> (REUSS)	+	-	-	-	-	-
<i>Orbulina universa</i> (d'ORBIGNY)	-	-	-	-	+	-
<i>Valvulina complanata</i> (d'ORBIGNY)	-	-	-	-	+	-
<i>Aubiguyana perlucida</i> (HERON-ALLEN & EARLAND)	-	+	-	-	-	-
<i>Globigerina</i> sp.	-	+	-	-	-	-

Die meisten der angeführten Mikrofossilien sind Durchläufer bzw. sie lassen keine Rückschlüsse auf ein genaueres Alter zu. Lediglich *Elphidium ukrainicum* (KRASHENINNIKOV) tritt im Wiener Becken nur im Oberen Badenien auf (KRESTA und RÖGL) und würde somit als Leitform fungieren. Infolgedessen muß das Florianer Tegelglied ins Obere Badenien eingestuft werden.

Die untersuchten Schlammproben enthielten noch Molluskenbruchstücke, Ostrakoden und Seeigelstacheln. Alles zusammen spricht für eine strandnahe Flachsee mit wechselndem, eher geringem Salzgehalt (KRESTA und RÖGL).

Die folgende Liste enthält die Makrofossilien (Bestimmung O. SCHULZ):

Aufschluß-Nr.	63	64	66	67	68
<i>Pirinella picta florianum</i> (HILBER, 1879)	-	-	-	+	-
<i>Terebralia lignitarum</i> (EICHWALD, 1830)	-	-	+	-	-
<i>Turritella</i> sp.	+	-	-	-	-
<i>Ocenebra</i> (<i>O.</i>) <i>crassilabiata</i> (HILBER, 1879)	-	-	-	+	-
<i>Aporrhais</i> (<i>A.</i>) <i>alata</i> (EICHWALD, 1829)	+	-	-	-	-
<i>Anadara</i> (<i>A.</i>) <i>diluvii</i> (LAMARCK)	+	-	+	+	+
<i>Arcopsis</i> (<i>A.</i>) <i>rollei</i> (HÖRNES, 1865)	-	+	-	-	-
<i>Pecten</i> (<i>Flabellipecten</i>) <i>subarcuatus</i> (TOURNOER, 1874)	+	-	-	-	-
<i>Cubitostrea digitalina</i> (DUBOIS, 1831)	+	-	+	+	-
<i>Linga</i> (<i>L.</i>) <i>columbella</i> (LAMARCK, 1819)	+	-	-	-	-
<i>Gibbolucina</i> (<i>Eomiltha</i>) <i>transversa</i> (BRONN, 1831)	+	-	-	-	-
<i>Divaricella</i> (<i>D.</i>) <i>subornata</i> (HILBER, 1879)	+	-	-	-	-
<i>Cardium</i> (<i>Bucardium</i>) <i>hians danubianum</i> MAYER, 1866	+	-	-	-	-
<i>Acanthocardia</i> (<i>A.</i>) <i>clavata</i> (HILBER, 1879)	+	-	-	+	+
<i>Cardidae</i> ind. gen. et spec.	+	-	-	-	-
<i>Pinna</i> sp.	-	-	+	-	-
<i>Tellina</i> (<i>Peronidia</i>) <i>zonaria</i> BASTEROT, 1819	+	-	-	-	-
<i>Pelecycora</i> (<i>Cordiopsis</i>) <i>islandicoides</i> (LAMARCK, 1818)	+	-	-	-	-
<i>Circomphalus haidingeri</i> (HÖRNES, 1862)	+	-	+	-	-
<i>Panopea</i> (<i>Panopea</i>) <i>menardi</i> (DESHAYES, 1828)	+	-	-	-	-
<i>Thracia</i> (<i>Th.</i>) <i>convexa</i> (SOWERBY, 1831)	+	-	-	+	-
<i>Clavagella</i> (<i>Stirulina</i>) <i>coronata</i> DESHAYES, 1824	-	-	-	-	+
<i>Bivalvia</i> indet.	-	-	+	-	+

Die Fossilien werden im Naturhistorischen Museum Wien aufbewahrt.

Bei den angeführten Makrofossilien handelt es sich um eine sublitoral-benthonische Lebensgemeinschaft, die altersmäßig ins Badenien gestellt werden kann.

Das Obere Sand-Kies-Glied lieferte einige Exemplare der dickschaligen *Crassostrea gryphoides* (SCHLOTHEIM, 1813) (Aufschluß 60, bei Nassau).

3.7. Kurze Schlußbetrachtung

Der Sedimentgehalt der Florianer Schichten ist zwar heterogen, doch führen die Sedimente des Unteren Sand-Kies-Glieds sowie jene des Tegel-Glieds als Indexmineral Chromspinell, wodurch sich die Florianer Schichten allgemein von den Eibiswalder und den Schwanberger Schichten unterscheiden, denn in den Proben der beiden letztgenannten Formationen ließ sich Chromspinell nicht nachweisen. Das Liefergebiet für Chromspinell kann nicht das Kristallin der Koralpe gewesen sein, denn ihm fehlen die betreffenden ultrabasischen Muttergesteine. Viel eher dürfte Chromspinell aus dem Osten, und zwar aus Gebieten mit penninischem Gesteinsmaterial in die Florianer Bucht eingeschwemmt bzw. eingeweht worden sein. Dafür spricht auch der pelitische Charakter sowie der lange Transportweg der Tegel.

Die Florianer Schichten wurden bisher ins Untere Badenien gestellt. Auf Grund der Leitform *Elphidium ukrainicum* (KRASHENINNIKOV) muß zumindest das Tegelglied der Florianer Schichten ins Obere Badenien eingestuft werden.

4. Schwanberger Schichten

Die überwiegend grobklastische Ausbildung der Schwanberger Schichten veranlaßte ihre ersten Bearbeiter, sie unter dem Namen „Schwanberger Schutt“ (A. WINKLER, 1924, 1926, 1927, 1929) bzw. „Hangend-blockschutt“ (G. HIESSLEITNER, 1926) in die geologische Literatur einzuführen. Im Untersuchungsgebiet bildet der Schwanberger Blockschutt eine lithostratigraphisch gut definierbare Einheit, die mit Hilfe von Referenzprofilen bzw. -aufschlüssen (Hypostratotypen) typisiert werden kann. Aus diesem Grund erhielt der Blockschutt in vorliegender Arbeit die Bezeichnung „Schwanberger Schichten“ und somit den Status einer Formation.

Die Schwanberger Schichten treten entlang der Ostabdachung der Koralpe auf. Ihr nördlichstes Vorkommen scheint bei Stainz zu sein (BECK-MANNAGETTA, 1947). Sie lassen sich von dort mit Unterbrechungen bis Schwanberg verfolgen (s. geolog. Karte, Abb. 1), wo sie zu beiden Seiten des Stullnegg-Bachs die Berg Rücken aufbauen und sich in Form einer schmalen, nordwestlich ausgerichteten Neogeneinbuchtung außerhalb des untersuchten Gebiets erstrecken (BECK-MANNAGETTA, 1975).

Kleinere Vorkommen liegen südöstlich von Schwanberg und nördlich von Vordersdorf (s. geolog. Karte,

Abb. 6). Gut erhalten sind die Sedimente der Schwanberger Schichten im Einbruchgraben von Wernersdorf (s. geolog. Karte, Abb. 6). Dort finden wir auch die schönsten und instruktivsten Aufschlüsse. Im Wernersdorfer Graben liegen die Schwanberger Schichten nicht nur über kristallinem Grundgebirge, sondern auch über den Sedimenten des Eibiswalder Sedimentationszyklus der Eibiswalder Schichten.

Das südlichste Vorkommen der Schwanberger Schichten tritt bei Eibiswald auf (s. geolog. Karte, Abb. 6). In Form eines schmalen Einschnitts dringen sie entlang des Hadernigg-Baches in nordwestlicher Richtung 10 km in das Korallen-Kristallin ein (BECK-MANNAGETTA, 1975).

Zur lithostratigraphischen Typisierung der Schwanberger Schichten werden einige Referenzaufschlüsse herangezogen. Sie befinden sich alle im Bereich der geologischen Karte in Abb. 6.

Der instruktivste Referenzaufschluß (Nr. 74) befand sich in der nordwestlichsten Ecke des Wernersdorfer

Einbruchgrabens, und zwar in einem Nebeneinschnitt der Weißen Sulm (s. Abb. 6). Bei meinem ersten Besuch hatte er eine Höhe von über 9 m (Abb. 7 und Abb. 8). Durch den Bau eines Weges wurde er leider völlig zerstört. In der nahegelegenen Talsohle der Weißen Sulm ist das Kristallin der Korralpe freigelegt. Die Sedimente des Aufschlusses zeigten ein deutliches „graded bedding“ und waren rhythmisch gegliedert. Insgesamt fünf Sedimentationsrhythmen waren aufgeschlossen. Der unterste Rhythmus begann mit einem schlecht sortierten Blockschutt, dessen kantige Klaster die Größe eines Kopfes erreichten (Abb. 7, a). In vertikaler Richtung nahm innerhalb des Rhythmus das Korn der Grobklaster rasch ab, es folgte ein mittelkörniger Sand, der in einen graublauen, sandigen Ton (b) überging. Der darüberfolgende Rhythmus setzte mit einem Grobschotter aus eckigen, faustgroßen Komponenten (c) ein. Die graue Sandmatrix führte reichlich Glimmer. Darüber folgte ein grobkörniger Sand mit diffus verstreuten Einzelklaster. Der zweite Rhythmus en-

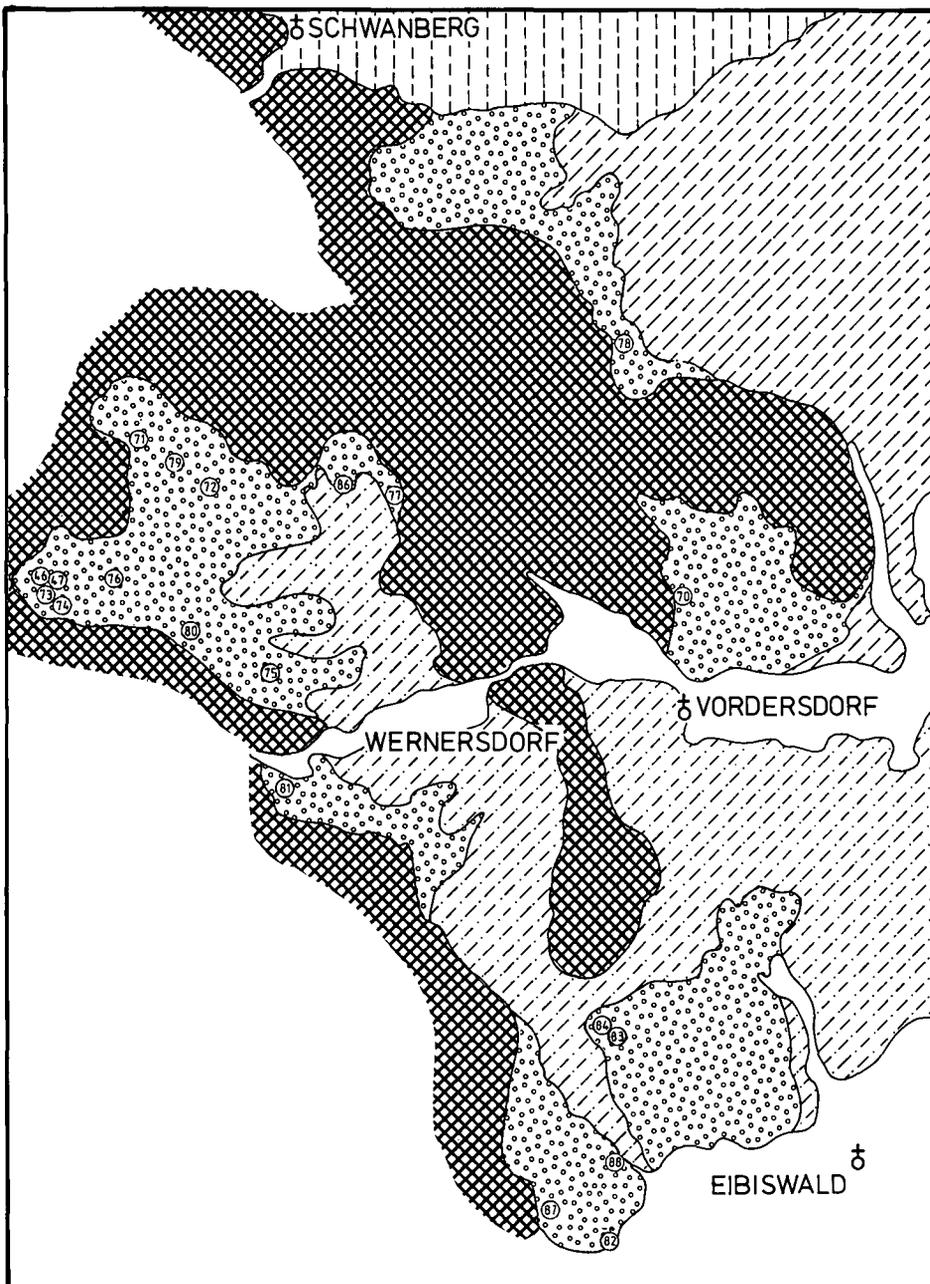


Abb. 6.
Geologische Karte 1:50.000 des Grabeneinbruches von Wernersdorf.
Legende wie Abb. 1.

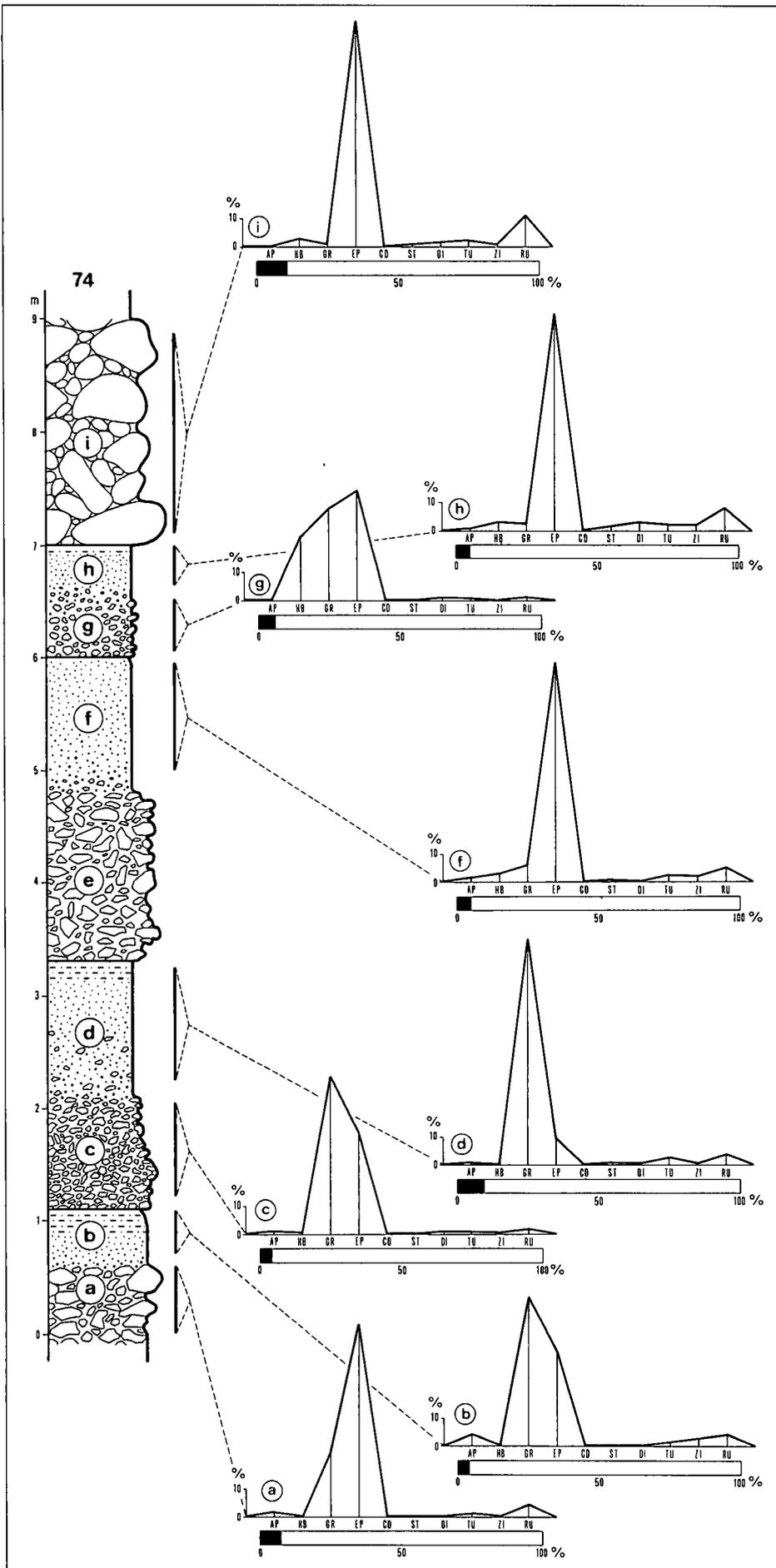


Abb. 7.
 Referenzaufschluß (Hypostratotypus)
 Nr. 74.
 Geographische Lage siehe Abb. 6.
 Erläuterungen des Säulenprofils im Text.

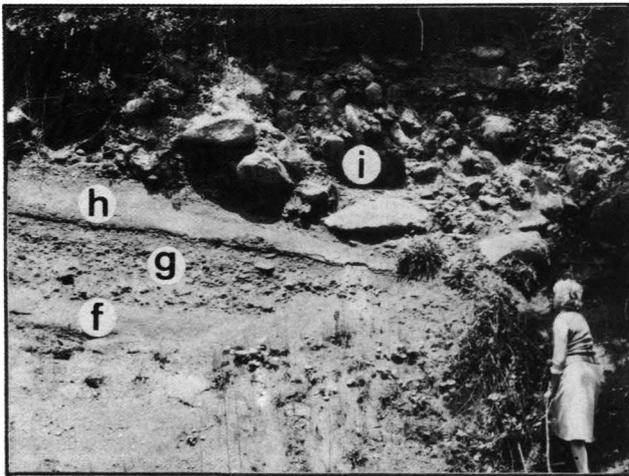


Abb. 8.
Referenzaufschluß Nr. 74.
Oberes Foto: oberer Abschnitt des Aufschlusses.
Unteres Foto: Nahaufnahme von Rhythmus „i“.
Erläuterung im Text.

dete mit einem bunten, sandigen Ton (d). Einen ähnlichen Aufbau hatte der dritte Sedimentationsrhythmus: Zuunterst schlecht sortierte, überkopfgroße, eckige Klaster (e), darüber Grobsand, und schließlich ein mittelkörniger Sand (f, Abb. 7 und Abb. 8). Der vierte Rhythmus begann mit faustgroßen, eckigen Klaster (g, Abb. 7, 8) und endete über Grobsand mit einem sandigen Ton (h). Bestand der Grobschutt der unteren vier Sedimentationsrhythmen aus kantigen oder höchstens kantengerundeten Klaster, so enthielt der fünfte Rhythmus betont gerundete Riesenkompenten, die einen Durchmesser von nahezu einem Meter erreichten (s. unteres Foto der Abb. 8).

Zweifelsohne handelt es sich bei den Sedimenten der vier unteren Rhythmen um murartige Geschiebe, während die gute Rundung der Riesenklasten des fünften Rhythmus auf einen Wassertransport durch Wildbäche hinweist.

Hinsichtlich des Schwermineralgehaltes wäre zu sagen, daß GR im unteren Aufschlußabschnitt gut vertreten ist. Sein Anteil nimmt jedoch in vertikaler Richtung ab, so daß er im oberen Aufschlußabschnitt gänzlich fehlt (Abb. 7, i). An seine Stelle tritt EP. Auch ist der Gehalt an resistenten Mineralien deutlich erhöht.

CR fehlt in der Schwermineralassoziation.

Der folgende Aufschluß 76 (Abb. 9) gehört ins untere stratigraphische Niveau der Schwanberger Schichten. Er liegt in einem tiefen Grabeneinschnitt in der Nähe des Aufschlusses 74. Freigelegt ist eine Wechsellaagerung von Bänken aus einem grauen, glimmerreichen Grobsand (1 in Abb. 9) mit solchen aus einem schlecht sortierten Blockschutt (2), dessen gut gerundete Gneisklasten einen Durchmesser von 40 bis 50 cm erreichen. Der Aufschluß hat insofern eine Bedeutung, weil eine Blockschuttbank neben schlecht sortierten Gneisgeröllen auch doppeltfaustgroße Kohlebruchstücke enthielt. Damit ergibt sich eine relative Altersbeziehung zwischen dem Schwanberger Blockschutt und den Eibiswalder Schichten, aus denen die Kohlenbruchstücke

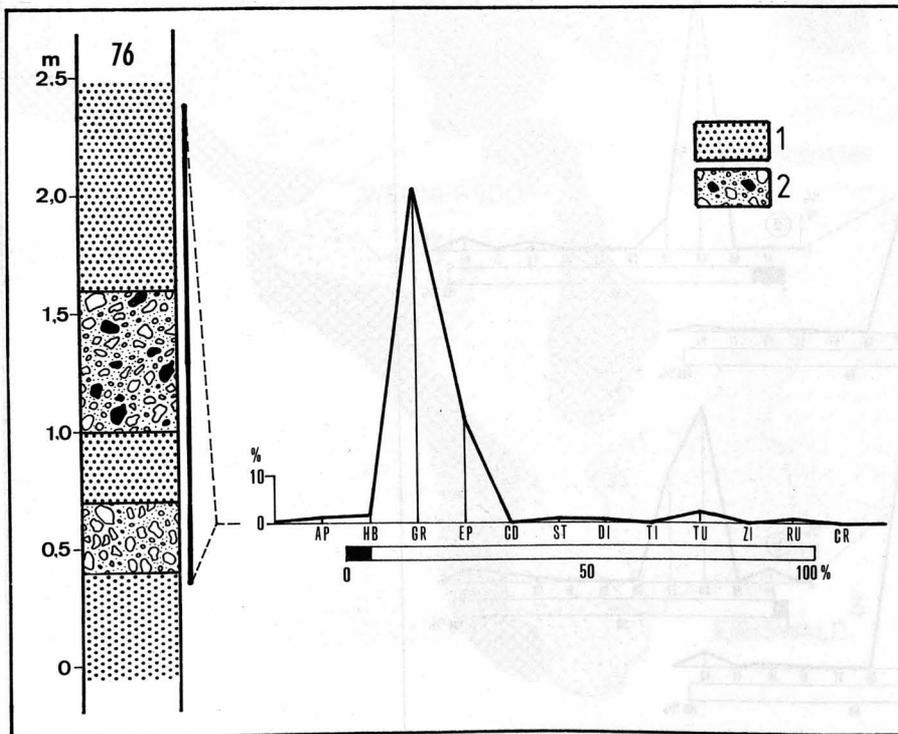


Abb. 9.
Aufschluß Nr. 76.
Wechsellaagerung von Grobsanden (1) mit Blockschutt (2).
Eine Blockschuttbank enthält doppeltfaustgroße Kohlenklasten.

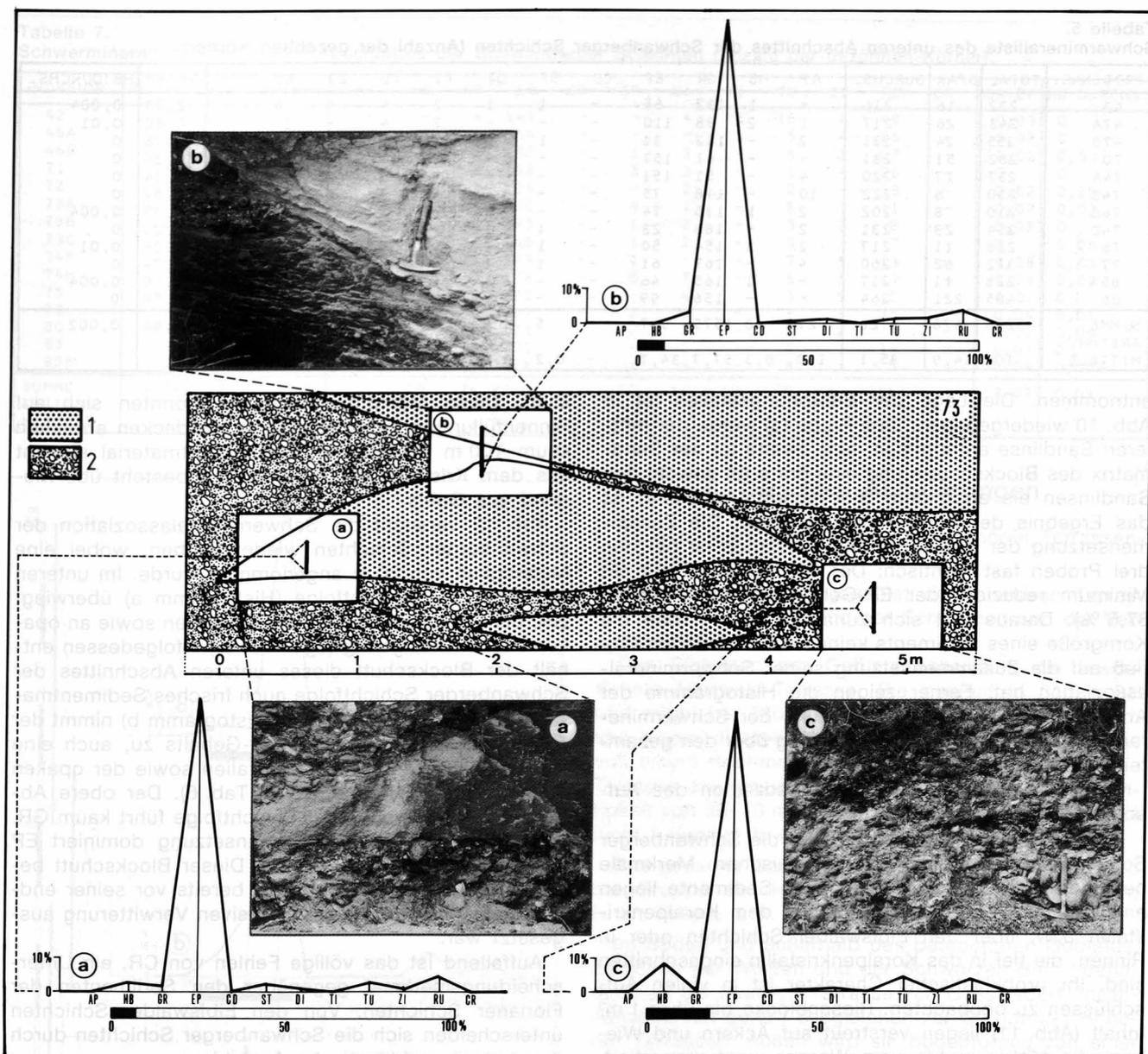


Abb. 10.
 Referenzaufschluß Nr. 73.
 1 = diagonalgeschichteter Grobsand; 2 = gut gerundete, doppelfaustgroße Gneisgerölle.
 Erläuterung im Text. Hammerlänge 32 cm.

stammen. Das betonte Überwiegen von GR sowie der geringe Anteil von resistenten Mineralien (TU, ZI und RU) im Schwermineralhistogramm des Aufschlusses 76 (Abb. 9) ist charakteristisch für den stratigraphisch unteren Abschnitt der Schwanberger Schichten. CR fehlt in der Schwermineralvergesellschaftung.

Der nächste Referenzaufschluß (Nr. 73) befindet sich in der Nähe von Aufschluß 74 (Abb. 6), doch gehört er stratigraphisch in das obere Niveau der Schwanberger Schichten. Der Aufschluß stellt einen Weganriß dar und hat eine Länge von 5 m. Aufgeschlossen ist ein Blockschutt, in welchem Sandlinsen eingeschaltet sind (Abb. 10). Bis doppelfaustgroße, schlecht sortierte, jedoch gut gerundete Gneisklasten setzen den Blockschutt zusammen. Die Linsen bestehen aus einem gelblich-grauen bis rostgelben, diagonalgeschichteten Grobsand, der diffus verstreute Kleingerölle enthält.

An drei verschiedenen Stellen wurden dem Aufschluß Nr. 73 Sedimentproben für die Schwermineralanalyse

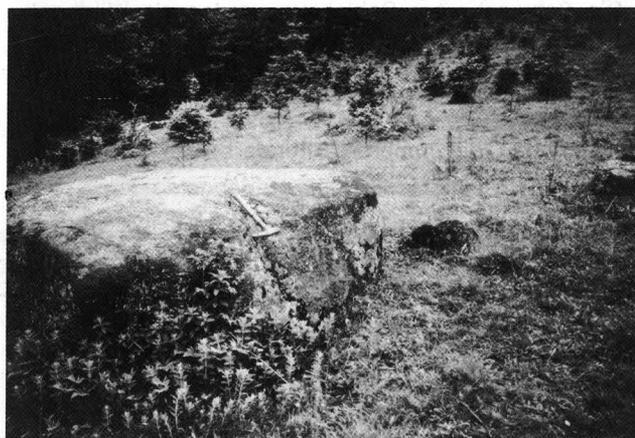


Abb. 11.
 Gneisriesenblock der Schwanberger Schichten.
 Fundstelle Nr. 79 (siehe Abb. 6). Hammerlänge 32 cm.

Tabelle 5.
Schwermineralliste des unteren Abschnittes der Schwanberger Schichten (Anzahl der gezählten Körner).

PROBENNR.	TOTAL	OPAK	DURCHS.	AP	HB	GR	EP	CD	ST	DI	TI	TU	ZI	RU	CR	GR:EP	HB:DURCHS.
43	232	16	216	-	1	132	65	-	1	1	2	4	4	6	-	2,03	0,004
47A	243	26	217	1	2	88	110	-	-	-	2	4	-	10	-	0,80	0,01
47B	255	24	231	2	-	182	36	-	1	1	-	-	2	7	-	5,06	0
70	282	51	231	-	-	61	157	-	-	-	-	13	-	-	-	0,39	0
74A	237	17	220	4	-	51	151	-	-	-	-	3	-	11	-	0,34	0
74B	230	8	222	10	-	118	75	-	-	-	-	3	6	10	-	1,57	0
74C	210	8	202	2	1	115	74	-	-	2	-	2	1	5	-	1,55	0,004
74D	254	23	231	2	-	186	23	-	1	1	-	7	1	10	-	8,09	0
76	228	11	217	2	3	154	50	-	1	1	-	5	-	1	-	3,08	0,01
77	322	62	260	4	-	167	61	-	1	1	-	4	3	19	-	2,74	0
85A	228	11	217	-	1	165	46	-	-	1	-	-	-	4	-	3,59	0,004
86	485	221	264	-	-	156	99	-	-	-	-	2	-	7	-	1,58	0
SUMME	3206	478	2728	27	8	1575	947	-	5	8	4	47	17	90	-	1,66	0,002
ARITHM. MITTEL%	100	14,9	85,1	1,0	0,3	57,7	34,7	-	0,2	0,3	0,1	1,7	0,6	3,3	-		

entnommen. Die Lage der Beprobungsstellen ist in Abb. 10 wiedergegeben: Eine Probe (a) wurde der mittleren Sandlinie entnommen, eine zweite (c) der Sandmatrix des Blockschutts und eine dritte (b) sowohl den Sandlinsen als auch dem Blockschutt. Auffallend ist das Ergebnis der Schwermineralanalyse. Die Zusammensetzung der Schwermineralassoziation ist bei den drei Proben fast identisch: Der GR-Gehalt ist auf ein Minimum reduziert, der EP-Gehalt dominiert (bis zu 87,6 %). Daraus läßt sich zunächst folgern, daß die Korngröße eines Sediments keinen nennenswerten Einfluß auf die Zusammensetzung seiner Schwermineralassoziation hat. Ferner zeigen die Histogramme der Abb. 10, daß die Zusammensetzung der Schwermineralassoziation annähernd gleichmäßig über den gesamten Aufschlußbereich verteilt ist.

CR fehlt in der Schwermineralassoziation des Aufschlusses 73.

Zusammenfassend lassen sich für die Schwanberger Schichten folgende lithostratigraphischen Merkmale herausarbeiten: Ihre grobklastischen Sedimente liegen entweder in Form einer Decke über dem Korallenkristallin bzw. über den Eibiswalder Schichten oder in Rinnen, die tief in das Korallenkristallin eingeschnitten sind. Ihr grobklastischer Charakter ist in vielen Aufschlüssen zu beobachten. Riesenblöcke bis über 1 m³ Inhalt (Abb. 11) liegen verstreut auf Äckern und Wiesen, die Matrix wurde vom Wasser wegtransportiert, die Riesenblöcke blieben dank ihres Gewichtes an Ort und Stelle. Von verschiedenen Autoren (BECK-MANNAGETTA, HIESSLEITNER, WINKLER) wurden vereinzelte, überausgroße Blöcke beobachtet.

Die Schwanberger Schichten werden als Wildbachschuttablagerungen (rollender Transport) oder als Murenbildungen (gleitender Transport) gedeutet (HIESSLEITNER, WINKLER). Ihre Mächtigkeit ist großen Schwankungen unterworfen. A. WINKLER (1926) spricht von einer Mächtigkeit, die mehrere hundert Meter erreichen

kann. Diese Mächtigkeitsangaben könnten sich auf Rinnenfüllungen beziehen. Die Schuttdecken erreichen kaum 100 m Mächtigkeit. Das Schuttmaterial stammt aus dem Kristallin der Koralle und besteht überwiegend aus Gneis.

Abb. 12 versucht die Schwermineralassoziation der Schwanberger Schichten wiederzugeben, wobei eine Mächtigkeit von 20 m angenommen wurde. Im unteren Abschnitt der Schichtfolge (Histogramm a) überwiegt GR, der Gehalt an resistenten Mineralien sowie an opaken Körnern ist gering (vgl. Tab. 5), infolgedessen enthält der Blockschutt dieses unteren Abschnittes der Schwanberger Schichtfolge auch frisches Sedimentmaterial. Im mittleren Abschnitt (Histogramm b) nimmt der EP-Gehalt auf Kosten des GR-Gehalts zu, auch eine Zunahme der resistenten Mineralien sowie der opaken Körner ist zu vermerken (vgl. Tab. 6). Der obere Abschnitt der Schwanberger Schichtfolge führt kaum GR. In der Schwermineralzusammensetzung dominiert EP mit nahezu 80 % (vgl. Tab. 7). Dieser Blockschutt bestand aus einem Material, das bereits vor seiner endgültigen Ablagerung einer intensiven Verwitterung ausgesetzt war.

Auffallend ist das völlige Fehlen von CR, ein Unterscheidungsmerkmal gegenüber den Sedimenten der Florianer Schichten. Von den Eibiswalder Schichten unterscheiden sich die Schwanberger Schichten durch ihre betont grobklastische Ausbildung.

Die Glanzkohlenklasten des Aufschlusses 76 (Abb. 9) liefern uns eine relative Altersbeziehung zu den Eibiswalder Schichten. Im Wernersdorfer Grabeneinbruch bestehen die Eibiswalder Schichten nur aus den Sedimenten des darauffolgenden Wieser Zyklus fehlen, sie wurden abgetragen oder gelangten nicht zur Ablagerung. Die Kohlenklasten stammen somit aus den Flözen der Eibiswalder Schichten, entweder aus dem einstigen Eibiswalder Kohlenflöz oder dem Wieser Kohlenflöz.

Tabelle 6.
Schwermineralliste des mittleren Abschnittes der Schwanberger Schichten (Anzahl der gezählten Körner).

PROBENNR.	TOTAL	OPAK	DURCHS.	AP	HB	GR	EP	CD	ST	DI	TI	TU	ZI	RU	CR	GR:EP	HB:DURCHS.
44	257	44	213	1	21	32	128	-	-	3	3	6	5	14	-	0,25	0,10
45	237	28	209	-	12	32	140	-	-	1	1	12	1	10	-	0,23	0,06
74G	237	11	226	-	53	75	89	-	-	3	-	2	-	4	-	0,84	0,23
81	233	28	205	3	32	33	126	-	1	2	-	1	1	6	-	0,26	0,16
82	249	12	237	3	-	100	106	-	1	-	-	4	3	20	-	0,94	0
84	231	4	227	-	-	20	200	-	2	-	-	-	-	5	-	0,10	0
87	343	137	206	1	-	33	74	-	-	-	-	73	17	8	-	0,45	0
88	530	310	220	-	15	41	112	-	-	-	-	48	-	4	-	0,37	0,07
SUMME	2317	574	1743	8	133	366	975	-	4	9	4	146	27	71	-	0,38	0,08
ARITHM. MITTEL%	100	24,8	75,2	0,5	7,6	21,0	55,9	-	0,2	0,5	0,2	8,4	1,5	4,1	-		

Tabelle 7.
Schwermineralliste des oberen Abschnittes der Schwanberger Schichten (Anzahl der gezählten Körner).

PROBENNR.	TOTAL	OPAK	DURCHS.	AP	HB	GR	EP	CD	ST	DI	TI	TU	ZI	RU	CR	GR:EP	HB:DURCHS.
42	289	67	272	-	-	4	141	-	-	4	1	16	8	48	-	0,03	0
46A	246	42	204	-	-	4	154	-	-	1	5	4	36	-	0,03	0	
46B	253	26	227	-	7	2	180	-	1	3	-	6	1	27	-	0,01	0,03
71	256	29	277	-	-	-	188	-	5	3	-	1	4	26	-	0	0
72	245	29	216	1	62	2	129	-	-	2	-	2	-	18	-	0,02	0,29
73A	257	18	239	-	7	4	205	-	4	1	-	6	1	11	-	0,02	0,03
73B	226	17	209	-	-	9	183	-	1	2	-	3	3	8	-	0,05	0
73C	248	43	205	1	17	-	168	-	1	2	-	9	-	7	-	0	0,08
74F	254	12	242	4	8	15	189	-	1	-	-	7	5	13	-	0,08	0,03
74H	235	11	224	1	7	5	172	-	3	7	-	5	5	19	-	0,03	0,03
75	338	94	244	-	-	2	220	-	-	4	-	3	5	10	-	0,01	0
78	579	469	119	1	1	3	67	-	2	1	-	-	-	35	-	0,04	0,01
80	280	79	201	-	9	2	171	-	2	1	-	5	2	9	-	0,01	0,04
83	290	55	235	-	-	14	201	-	-	1	-	4	1	14	-	0,07	0
85B	208	6	202	2	1	8	178	-	-	-	-	8	-	5	-	0,04	0,004
SUMME	4204	997	3207	10	119	74	2546	-	20	31	2	80	39	286	-	0,03	0,04
ARITHM. MITTEL%	100	23,7	76,3	0,3	3,7	2,3	79,4	-	0,6	1,0	0,1	2,5	1,2	8,9	-		

5. Quartäre Ablagerungen

Zu den quartären Ablagerungen gehören Terrassenbildungen und Alluvionen.

Das Hauptverbreitungsgebiet der quartären Terrassen befindet sich entlang der Schwarzen und der Vereinigten Sulm.

Den Südosten des Gebiets beherrscht die ausgedehnte Hartwald-Terrasse. Sie beginnt in 310 m SH und reicht bis 340 m (örtlich bis 350 m) SH. Sie wird von einem dichten Wald bedeckt, der abschnittsweise von einem Hochmoor begleitet wird. Aufgebaut ist die Terrasse aus grauem Lehm bzw. Ton, der eine Mächtigkeit von 30–40 m erreicht. Eine Schotterunterlage ist nicht freigelegt bzw. nicht vorhanden.

Das gesamte Gebiet der Hartwald-Terrasse gehört in die Gruppe der Höheren Terrassen (Präwürm, nach H. W. FLÜGEL & F. NEUBAUER, 1984).

Im Süden und außerhalb des bearbeiteten Gebietes, zwischen der Weißen und der Schwarzen Sulm, befindet sich die quartäre Terrasse von Gasselsdorf. Ihr Innenabschnitt gehört desgleichen zur Gruppe der Höheren Terrassen. Außen wird sie bogenförmig von einer Niederterrasse (Würm [FLÜGEL & NEUBAUER]) umgeben (s. geolog. Karte bzw. Abb. 2 der Arbeit K. NEBERT, 1983). Die Höhere Terrasse erstreckt sich zwischen 330 und 360 m SH. Sie besteht aus Lehm. Die Schotterunterlage fehlt bzw. ist nicht aufgeschlossen. Der Lehm bildet die Rohstoffgrundlage für das Ziegelwerk Gasselsdorf. Im Ziegelwerk ist die Terrasse in einer Höhe von 4 m aufgeschlossen. Im frischen Zustand hat der Lehm eine bläulich-graue, verwittert eine ockergelbe Farbe.

Im Westabschnitt des Untersuchungsgebietes, zwischen Deutschlandsberg und Schwanberg, tritt eine breite Zone von Terrassenablagerungen auf (s. geolog. Karte, Abb. 1). Es handelt sich hierbei um ein Areal von Hochterrassen, in die sich die Schwarze Sulm, der Stullneggbach, der Laganzbach und der Leibenbach ihr Bett eingeschnitten haben. Ostwärts gehen diese Hochterrassen in die Niederterrassen der Sulm (NEBERT, 1987) über. Im wesentlichen werden diese quartären Terrassen aus Sanden und Tonen aufgebaut. Schotter treten stark zurück.

Schließlich treten schmale Terrassensäume entlang der nördlichen Talflanke des Gleinzbaches sowie entlang der südlichen Talflanke der Laßnitz auf.

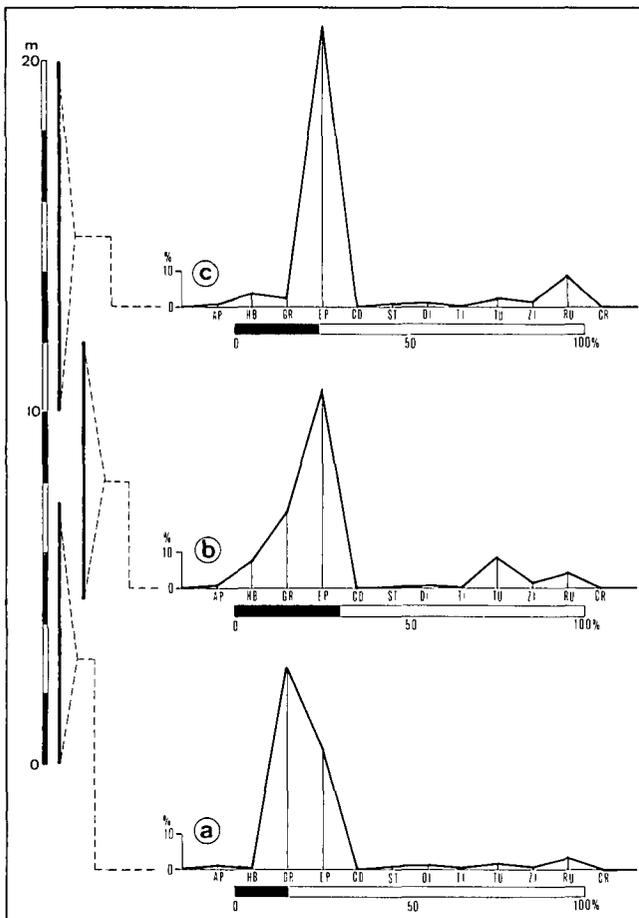


Abb. 12.
Standardzusammensetzung des Schwermineralegehalts der Sedimente der Schwanberger Schichten.
Histogramm a = unterer Abschnitt der Schwanberger Schichten, ermittelt aus 12 Probenanalysen (vgl. Tab. 5).
Histogramm b = mittlerer Abschnitt, ermittelt aus 8 Probenanalysen (vgl. Tab. 6).
Histogramm c = oberer Abschnitt, ermittelt aus 15 Probenanalysen (vgl. Tab. 7).

Auf jeden Fall ist der Schwanberger Blockschutt jünger als die Eibiswalder Schichten womit die Alterseinstufung der Schwanberger Schichten ins Badenien durch frühere Bearbeiter (HIESSLEITNER, WINKLER) eine Stütze erhält.

Tabelle 8.

Schwermineralliste der quartären Terrassenablagerungen (Anzahl der gezählten Körner).

PROBENNR.	TOTAL	OPAK	DURCHS.	AP	HB	GR	EP	CO	ST	DI	TI	TU	ZI	RU	CR	GR:EP	HB:DURCHS.
1A	295	49	245	2	2	24	171	1	-	17	2	12	1	14	-	0,14	0,01
1B	290	48	242	-	3	16	168	-	-	17	1	13	-	21	2	0,09	0,01
2	925	699	226	2	2	13	114	3	1	5	2	11	17	52	4	0,11	0,01
7A	524	286	238	3	3	8	137	-	2	7	-	30	3	45	-	0,06	0,01
7B	922	734	188	1	2	9	121	-	5	3	-	15	9	23	-	0,07	0,01
7C	620	390	230	2	1	29	132	2	1	-	-	20	17	26	-	0,22	0,01
SUMME	3576	2206	1370	10	13	99	844	6	9	49	5	101	47	181	6	0,12	0,01
ARITHM. MITTEL%	100	61,7	38,3	0,7	0,9	7,2	61,6	0,4	0,7	3,6	0,4	7,4	3,4	13,2	0,4		

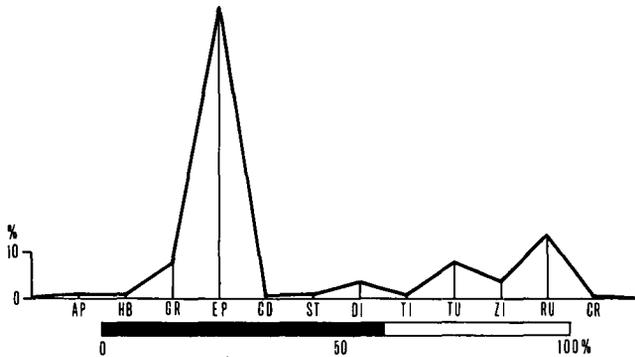


Abb. 13.

Standardzusammensetzung des Schwermineralgehalts der quartären Terrassenablagerungen, ermittelt aus 6 Probenanalysen (vgl. Tab. 8).

Das Histogramm der Abb. 13 stellt die Standard-schwermineralassoziation der quartären Terrassenablagerungen dar. Drei Proben (1A, 1B und 2) stammen aus der Hartwald-Terrasse (Ziegelwerk Gleinstätten, s. geolog. Karte, Abb. 1). Die drei anderen Proben (7A, 7B und 7C) wurden der Terrasse von Gasselsdorf (Ziegelwerk) entnommen. Die Schwermineralzusammensetzung dieser quartären Lehmproben ist charakteristisch für Terrassenablagerungen (Abb. 13): GR ist minimal vertreten (7,2 %), EP dominiert mit 61,6 % (s. Tab. 8), die resistenten Mineralien (TU, ZI und RU) bilden zusammen ein Nebenmaximum. Die opaken Körner erreichen 61,7 %. Demnach gelangte ein stark verwittertes Material zur Ablagerung. CR stammt aus umgelagertem Material der Florianer Schichten.

Alluvionen erstrecken sich entlang der Hauptentwässerungsadern (Sulm, Gleinzbach und Laßnitz) sowie entlang von Nebenbächen. Sie bestehen aus umgelagerten Sedimenten der Eibiswalder und der Florianer Schichten.

Dank

Für die finanzielle Unterstützung meiner Arbeiten bin ich der Direktion der Geologischen Bundesanstalt Wien zu Dank verpflichtet. Dank schulde ich ferner den Herren Dr. ERHARD KRESTA, Dr. FRED RÖGL (Naturhistorisches Museum Wien) und Dr. MANFRED E. SCHMID (Geologische Bundesanstalt Wien) für mikropaläontologische Bestimmungen, Herrn Dr. ORTWIN SCHULTZ (Naturhistorisches Museum Wien) für makropaläontologische Bestimmungen und Herrn Univ.-Doz. Dr. KARL STATTEGGER (Univ. Graz) für durchgeführte Schwermineralanalysen.

Literatur

- BEER, H.: Zur Frage der Abgrenzung von Helvet und Torton im südweststeirischen Becken. – Sitzber. Akad. Wiss. Wien, 362–365, Wien 1951.
 BEER, H.: Das Miozän zwischen Sulm, Saggau, Pöbnitz und Gamlitzbach. – Unveröff. Diss., Univ. Graz; Graz 1953.

BECK-MANNAGETTA, P.: Die Tertiärgrenze von Stainz bis Wildbach in Weststeiermark. – Verh. Geol. B.-A., 1945/4–6, 105–116, Wien 1947.

BECK-MANNAGETTA, P.: Geologische Karte des steirischen Anteils der Koralpe für die wasserwirtschaftliche Rahmenplanung 1: 50.000. – Bundesanstalt für Eich- und Vermessungswesen Wien, Wien 1975.

DILLER, W.: Der miozäne Sedimentationsraum zwischen Gleinzbach und Schwarzer Sulm in Südweststeiermark. – Unveröff. Diss. Universität Graz, Graz 1957.

FLÜGEL, H. & HERITSCH, H.: Das Steirische Tertiär-Becken. – Sammlung Geol. Führer, Hrsg. F. LOTZE, Bd. 47, 196 S., Berlin – Stuttgart (Bornträger) 1968.

FLÜGEL, H. W. & NEUBAUER, F.: Steiermark, Erläuterung zur geologischen Karte der Steiermark. – Geologie der österreichischen Bundesländer in kurzgefaßten Einzeldarstellungen, 127 S., Wien (Geol. B.-A.) 1984.

HIESSLEITNER, G.: Das Wieser Revier. – B. H. Jb., 74/2, 65–81 und 74/3, 83–103, Wien 1926.

HILBER, V.: Die Miozänablagerungen um das Schiefergebirge zwischen den Flüssen Kainach und Sulm in Steiermark. – Jb. Geol. R.-A., 28, Jg. 1878, 505–580, Wien 1878.

KOLLMANN, K.: Jungtertiär im Steirischen Becken. – Mitt. Geol. Ges. Wien, 57/2, 479–632, Wien 1965.

KOPETZKY, G.: Das Miozän zwischen Kainach und Laßnitz in Südweststeiermark. – Mitt. Mus. f. Bergb., Geol. u. Tschn. am Landesmus. Joanneum, H. 18, 1–112, Graz 1957.

KÜCHMEISTER, W.: Die jungtertiäre Umrahmung des Sausaler Paläozoikum in der Südwest-Steiermark (Bezirk Leibnitz). – Anz. Österr. Akad. Wiss., math.-naturw. Kl., 1965, 234–240, Wien 1965.

NEBERT, K.: Zyklische Gliederung der Eibiswalder Schichten (Südweststeiermark). – Jb. Geol. B.-A., 126/2, 259–285, Wien 1983.

NEBERT, K.: Bericht 1980 über Revisionsbegehungen auf Blatt 206 Eibiswald. – Verh. Geol. B.-A., 1981, A126–132, Wien 1984.

NEBERT, K.: Kohlengeologische Erkundung des Neogens entlang des Ostrand der Zentralalpen. – Arch. f. Lagerst. Forsch. Geol. B.-A., 6, 23–77, Wien 1985.

NEBERT, K.: Kartierungsbericht über das Neogengebiet zwischen Sulm und Gleinzbach (Südweststeiermark). – Unveröff. Ber. Geol. B.-A., 20 S., Wien 1987.

NEBERT, K.: Das Neogen zwischen Sulm und Laßnitz (Südweststeiermark). – Unveröff. Ber. Geol. B.-A., Wien 1988a.

NEBERT, K.: Ergänzungsbericht zu den Kartierungsarbeiten auf den Kartenblättern 189 Deutschlandsberg und 190 Leibnitz. – Unveröff. Ber. Geol. B.-A. Wien 1988b.

ROLLE, F.: Über einige neue Vorkommen von Foraminiferen, Bryozoen und Ostracoden in den tertiären Ablagerungen Steiermarks. – Jb. Geol. R.-A., 6. Jg., 351–354, Wien 1855.

ROLLE, F.: Die tertiären und diluvialen Ablagerungen in der Gegend zwischen Gratz, Köflach, Schwanberg und Ehrenhausen in Steiermark. – Jb. Geol. R.-A., Jg. 7, 535–602, Wien 1856.

- STUR, D.: Geologie der Steiermark. – Geognostisch-mont. Ver. Steiermark, 654 S., Graz 1871.
- WALTER, E.: Das Miozän zwischen Stainz- und Gleinzbach. – Unveröff. Diss., Univ. Graz, Graz 1951.
- WINKLER, A.: Untersuchung zur Geologie und Paläontologie des steirischen Tertiärs. – Jb. Geol. R.-A., **63**, 503–620, Wien 1913.
- WINKLER, A.: Studienergebnisse im Tertiärgebiet von Südweststeiermark. – Verh. Geol. B.-A., Jg. **1924/5**, 93–101, Wien 1924.
- WINKLER, A.: Zur geomorphologischen und geologischen Entwicklungsgeschichte der Ostabdachung der Zentralalpen in der Miozänzeit. – Z. Deutsch. Geol. Ges., **17/1**, 3, 4, 36–68, 196–217, 291–310, Berlin 1926.
- WINKLER, A.: Das südweststeirische Tertiärbecken im älteren Miozän. – Denkschr. Akad. Wiss. Wien, math.-naturw. Kl., Abt. 1, **101**, 89–130, Wien 1927.
- WINKLER, A.: Die jüngeren miozänen Ablagerungen im südweststeirischen Becken und dessen Tektonik. – Jb. Geol. B.-A., **79**, 1–32, Wien 1929.
- WINKLER, A.: Geologischer Führer durch das Tertiär und Vulkanland des steirischen Beckens. – Sammlung Geol. Führer, Berlin (Bornträger) 1939.
- WINKLER-HERMADEN, A.: Die jungtertiären Ablagerungen an der Ostabdachung der Zentralalpen und das inneralpine Tertiär. – In: F. X. SCHAFFER (Hrsg.): Geologie von Österreich, 414–522, Wien (Deuticke) 1951.

Manuskript bei der Schriftleitung eingelangt am 11. April 1989.