Zeitschrift: Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes Rübel in Zürich

Herausgeber: Geobotanisches Institut Rübel (Zürich)

Band: 27 (1953)

Artikel: Die Pflanzenwelt des Eiszeitalters im nördlichen Vorland der Schweizer Alpen

Autor: Lüdi, Werner

Kapitel: Spezieller Teil

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-307807

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 12.10.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Spezieller Teil:

Die einzelnen Fundstellen

1. Die Umgebung von Genf

Die Untergrundverhältnisse der Ebene unterhalb Genf sind verhältnismäßig gut bekannt (vgl. Ed. Paréjas, 1938; E. Joukowsky, 1941; E. Jayet, 1947). Die oberen Bodenschichten werden von quartären Ablagerungen gebildet. Nach den Angaben der Geologen sind 4 flächenhaft ausgebreitete Hauptablagerungen zu unterscheiden: unten die Rißmoräne, darüber ein Komplex von Sanden, Mergeln, Kiesen, der als Interglazial Riß-Würm betrachtet wird. Er enthält an manchen Stellen Lignite. Auf ihm sitzen mächtige Lagen von Kiesen und Sanden, die vermutliche Moräneneinschlüsse enthalten (Alluvion ancienne). Sie werden von den meisten Geologen der Würmzeit zugerechnet und sollen ein größeres Interstadial repräsentieren, wahrscheinlich die Laufenschwankung, was wir wohl mit dem Interstadial Würm I-Würm II parallelisieren können. Nach oben gehen sie mehr oder weniger unmerklich in die Würmmoräne über. Diese Diluvialablagerungen entsprechen also 2 Vergletscherungen und einer Interglazialzeit.

Eine abweichende Ansicht vertritt Ad. Jayet (1945, 1946, 1947). Er glaubt, die Würmvergletscherung sei die Hauptvergletscherung gewesen, die räumlich weit über die Rißvergletscherung hinaus ging, und er betrachtet die Alluvion ancienne als eine Ablagerung, die unter dem Eise des vorrückenden Würmgletschers gebildet wurde.

Dank der freundlichen Mithilfe der Herren E. Joukowsky, Jules Favre und Ad. Jayet konnte ich verschiedene als interglazial betrachtete Probeserien untersuchen.

a) Gebänderte Mergel an der Rhone bei Cartigny. Sie liegen in ca. 355 m Meereshöhe, wenig über dem Spiegel der Rhone und werden von Kies unterlagert und überlagert. Über dem oberen Kies liegt Würmmoräne. Dr. Joukowsky übergab mir eine Serie von Proben aus dem 173 cm mächtigen Mergelkomplex, die ich auf ihren Pollengehalt untersuchte. Die Ergebnisse wurden im Jahre 1941 veröffentlicht. Der Pollengehalt des Mergels war klein. Das Pollenspektrum (vgl. das hier nochmals wiedergegebene

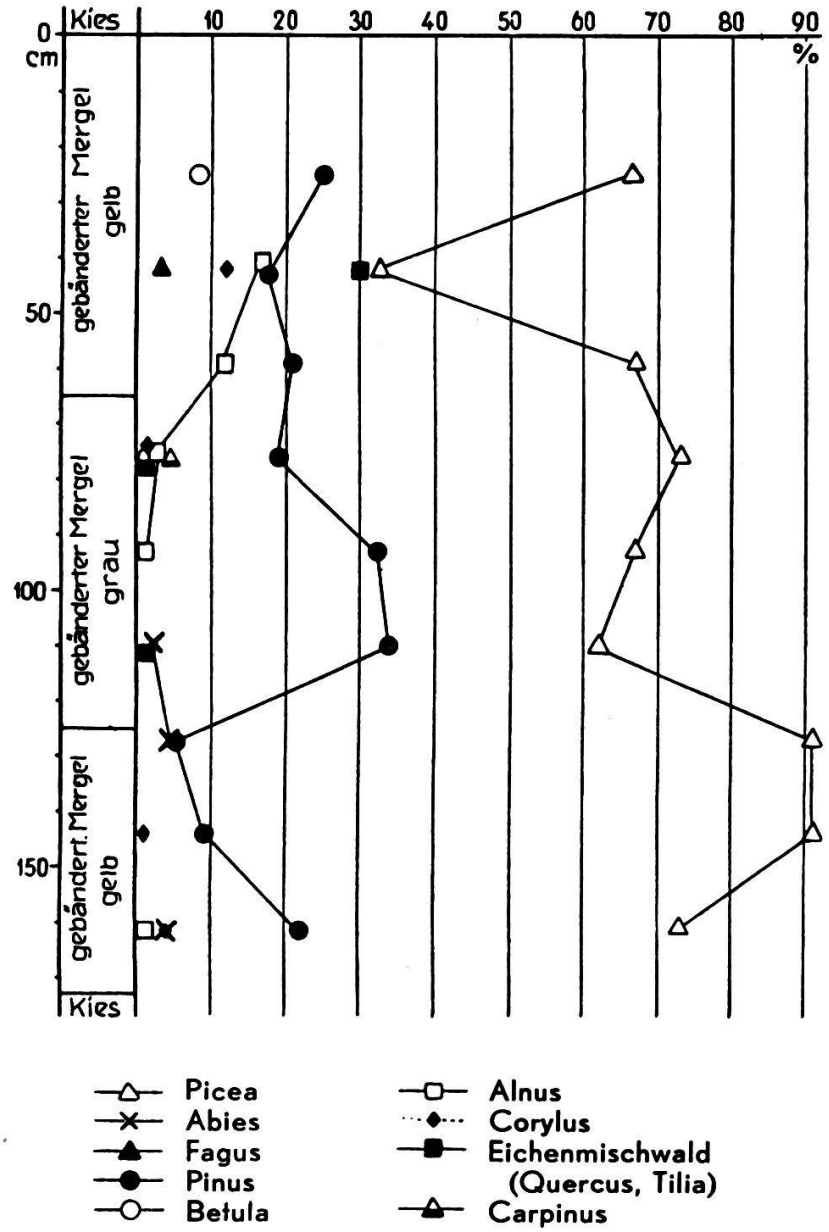


Abb. 2. Pollendiagramm der Mergel von Cartigny.

Diagramm, Abb. 2) zeigte von unten nach oben andauernd Picea-Dominanz und Pinus-Subdominanz. Dazu kamen Alnus- und Abiespollen, einzelne Pollen von Quercus, Tilia, Corylus, Carpinus und Betula. Nur im zweitobersten Horizont erreichte das Laubholz höhere Werte, insbesondere durch gut erhaltene Pollen von Quercus und Corylus. Hier fand sich auch ein Fagus-Pollen. Im gleichen Mergelkomplex sind auch Hölzer gefunden worden, nach A. Jeannet (1923) abgeplattete Baumstämme in großer Zahl,

davon einer 4 m lang. Joukowsky spricht von Quercus. Verschiedene Holzproben, die ich von Dr. Joukowsky erhielt, waren nicht sicher zu bestimmen, nach Beurteilung von Dr. E. Neuweiler vielleicht Alnus, sicher nicht Quercus. Dagegen hat Dr. J. Favre in diesen Schichten ein Blatt von Quercus petraea gefunden.

Das Diagramm entspricht einem Picea-Pinus-Nadelwald mit etwas Laubholz, das vielleicht am verlandenden Wasserlauf wuchs (Alnus, Betula, Quercus). Vermutlich herrschte zur Zeit des zweitobersten Spektrums unseres Diagrammes in diesem Bestand vorübergehend Quercus.

Ein Versuch der Auszählung der dünnen, mit hell und dunkel wechselnden Schichten des Mergellagers als Jahresschichten in Anlehnung an die Warwenzählungen der Skandinavier ergab für die Ablagerung ein Alter von ca. 1150 Jahren.

Zeitlich ist diese Ablagerung schwer zu fixieren. Nach dem Pollenspektrum kann man auf einen Ausschnitt aus einer Interglazialzeit schließen. Der geringe Pollengehalt und der schwache Anteil an anderer organischer Substanz, sowie das von Favre festgestellte völlige Fehlen der Mollusken, legen den Gedanken an eine glaziale Ablagerung nahe. Dem widerspricht der Gehalt an Hölzern. Falls diese nicht an Ort und Stelle gewachsen sind, so könnten sie nur von der Rhone aus dem gletscherwärts gelegenen Gebiet hergebracht worden sein. Die Geologie hat noch kein endgültiges Urteil über Alter und Zuordnung der Mergelschicht gefällt. Joukowsky hat seine Ansicht nicht geäußert und ist unterdes leider verstorben.

b) Gebänderte Mergel an der Rhone bei Chancy. Hier liegen mächtige Mergelschichten in beträchtlicher Tiefe unter der Oberfläche zwischen Moränenbildungen. Sie sollen nach einer mündlichen Mitteilung von E. Joukowsky mit den Mergeln von Cartigny gleichaltrig sein. Joukowsky übergab mir eine Reihe von Proben aus zwei Bohrungen. Alle erwiesen sich als sehr pollenarm. Die eine Bohrung enthielt 6 Proben aus 8—19 m Bodentiefe. Eine Probe ergab nichts, die übrigen stets Pinus-Dominanz, zuunterst mit Subdominanz von Picea und Corylus, im zweituntersten Horizont einige Tilia-Pollen. Nach oben hin tritt Picea rasch zurück, während Corylus sich hält, zusammen mit

vereinzelten Pollen von Abies, Betula, Alnus und Quercus. Die Zahl der Krautpollen ist im untersten Horizont sehr gering (3%), in den übrigen schwankend von 13—30%. Die andere Bohrung ergab nur in einer Probe genügend Pollen zum Aufstellen eines Spektrums: Dominanz von Pinus und Corylus mit reichlicher Alnus und etwas Quercus und Betula.

Diese Spektren von Chancy repräsentieren Föhrenbestände, die stark mit Hasel durchsetzt sind, ähnlich wie in der frühen Nacheiszeit. Dazu kommt eine kleine Beimischung von anderem Laubholz, wobei besonders Eiche und Linde bemerkenswert sind. Verglichen mit dem Diagramm von Cartigny fällt das Zurücktreten von Picea auf mit Ausnahme des untersten Horizontes, und wenn eine Verbindung der beiden Sedimentationen gesucht wird, so ergibt sich, daß Chancy jünger sein könnte, oben auf das Diagramm von Cartigny aufzusetzen wäre.

Vielleicht fanden die Ablagerungen von Cartigny und Chancy nicht wähernd einer eigentlichen Interglazialzeit statt. Es läßt sich denken, daß sie während der Vorstoßzeit des Würmgletschers vor sich gingen, als der Gletscher in der Nähe von Genf stand und kleinere Bewegungen vorwärts und rückwärts ausführte, wobei in seinem weiten Vorfeld ein dünnbewaldetes Gebiet mit Altwässern, kleinen Seen und Tümpeln entstand. Die Schmelzwässer füllten die Wasserlöcher langsam auf. Größere Vorstöße des Gletschers brachten später Schottermassen und schließlich Moränenüberdeckung. Der ganze Vorgang könnte auch innerhalb einer größeren Gletscherschwankung, z. B. dem großen Interstadial Würm I/Würm II vor sich gegangen sein. Schließlich ist auch die Möglichkeit zu erwägen, daß die Hölzer und Pollen aus umgelagerten interglazialen Schichten stammen, oder der spärliche Pollen eventuell durch Fernflug aus dem unteren Rhonetal hergebracht wurde. Auf jeden Fall kann die Ablagerung aber nicht in der Zeit des Würmhochstandes gebildet worden sein, da damals der Gletscher weiter gegen Westen vorstieß. Die Pollenanalyse kann nach den vorliegenden Ergebnissen hier keine Klärung herbeiführen. Hingegen dürfen wir wohl annehmen, daß zur damaligen Zeit das Klima etwas kontinentaler war als gegenwärtig. Die Verbindung von Picea-Pinus-Corylus-Quercus-Tilia finden wir heute im östlichen Europa, westlich bis nach Polen.

c) Montfleury bei Vernier. Hier, mitten in der Ebene der Genferlandschaft, 432 m über Meer, wurde zwecks Grundwasserbeschaffung im Jahre 1946 eine Tiefbohrung ausgeführt, die bis in 104 m Tiefe reichte. Diese durchstieß nach den Mitteilungen, die ich Dr. E. Joukowsky verdanke, oben Würmmoräne (18 m), dann die Alluvion ancienne (36 m), das Würm-Riß-Interglazial (23 m) und blieb in der Rißmoräne stecken (27 m). Die Grenzen zwischen diesen verschiedenen Ablagerungen sind zwar mehr oder weniger unsicher.

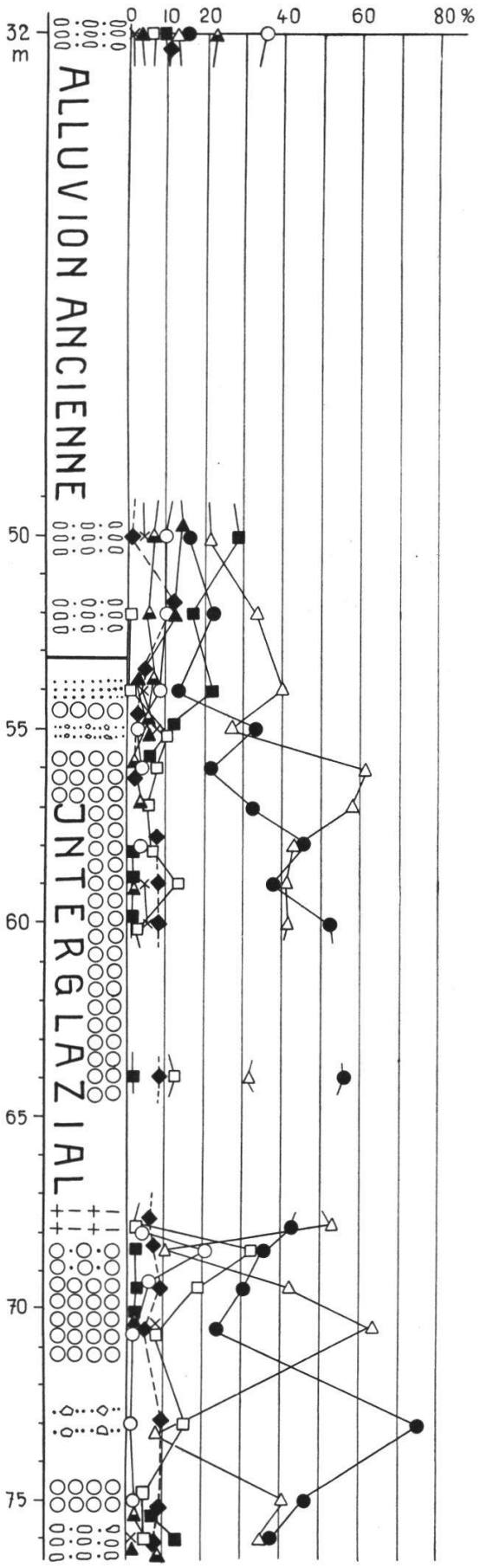
Joukowsky, der die Arbeit leitete, übermittelte mir eine Reihe von Bohrproben, die sich über die ganze Bohrtiefe verteilten, aber doch vor allem die mergeligen Schichten des Interglazials umfaßten (vgl. Abb. 3). Hier waren auch Holzreste in den Bohrkern gekommen.

Joukowsky (in litt. XI. 1946) gibt folgende Funde von makroskopischen, organischen Resten an:

in 67,6—68,1 m Tiefe: Lignit, schweres Holzstück.
in 68,5—68,6 m Tiefe: Pflanzenreste.
in 72 —72,5 m Tiefe: diverse Holzstücke (1 als Quercus vermutet), Rinde, Föhrenzapfen cf. Pinus silvestris, Quercus-Cupula.

Die uns übergebenen Holzstücke waren sehr stark vertorft, so daß ein Versuch von Prof. A. Frey-Wyßling in Zürich, eine Bestimmung vorzunehmen, ohne Erfolg blieb.

Die Pollenanalyse dagegen führte zu Ergebnissen, die in der Tabelle 1 und in der Abbildung 3 zusammengestellt sind, wobei es wiederholt notwendig war, für die zeichnerische Darstellung mehrere sehr benachbarte Horizonte zu vereinigen. Die Tabelle gibt auch die Beschaffenheit des Sediments, das untersucht worden ist, an. Versuche, aus den Moränenschichten Pollenspektren zu erhalten, waren ergebnislos. Zwei Proben aus der Rißmoräne (80 und 100 m), in hartem Lehm, enthielten keine Pollen. Proben aus der Würmmoräne (2,5 m, harter Lehm; 8 m, reiner Kies; 15 m, sandiger Kies) enthielten keine Pollen und überhaupt nur ganz vereinzelt organische Resten, die unkenntlich waren. In der Alluvion ancienne und im Interglazial konzentrierten sich die Pollen auf die mergeligen, lehmigen oder feinsandigen Schichten, waren aber auch meist nur in geringer Zahl vorhanden.



Die Pollenspektren aus den dem Interglazial zugeteilten Schichten sind durch das Vorherrschen von Picea- und Pinuspollen charakterisiert, in wechselnder Dominanz. Die Dominanzwechsel treten in den Einzelspektren noch stärker hervor als in der Zeichnung, sind aber vielleicht teilweise nur zufälliger Natur, bedingt durch die geringe Zahl der gezählten Pollen. Ein Teil der Piceapollen erwies sich als cf. Picea omorica (vgl. S. 145). Von den übrigen Pollentypen ist Alnus am stärksten repräsentiert. Er gelangt in 68,5 m Tiefe sogar zur Subdominanz. Außerdem ist noch der Pollen von Corylus und im unteren Teile des Diagrammes der von Betula ziemlich reichlich vorhanden, ohne aber eine völlig geschlossene Kurve zu bilden. Alle übrigen Pollentypen (vgl.Tabelle) treten mehr sporadisch auf. Auch der Pollen von Krautpflanzen ist spärlich. Am häufigsten finden sich Gramineenpollen. In 68,2 m Tiefe trat reichlich ein unbekannter ulmoider Pollen auf. Die Farnsporen, die im unteren Teil des Diagrammes nicht selten

Abb. 3. Pollendiagramm der Tiefenbohrung von Montfleury.

Tabelle 1. Pollenzählungen aus der Bohrung von Montfleury

Bodentiefe in m	Boden-beschaffenheit	Picea	Abies	Pinus	Betula	Alnus	Fagus	Quercus	Ulmus	Tilia	Carpinus	Juglans	Castanea	Acer	Fraxinus	Ostrya	Corylus	Salix	Hippophaë	Holzpflanzen insgesamt	Gramineen	Caryophyllaceen	Umbelliferen	Compositae	Helianthemum	Unbekannte u. Div.	Pollen von Krautpfl. u. unbekannt	Pteridophyten-sporen
32	K u. S, locker	9	1	11	28	4	2	1	4		17				2		9	4		95	16	4		2	4	19[1]	45	
50	K u. S, locker	41	7	32	19		31	38	7	2	10	3		7	4		2	5	3	204	9	11	1	1		2	24	
52	K u. S, locker	25		17	8	1	9	10	2		4	1					9	1		87	13[2]	1				1	15	
(54,5	fester Sand	19	4	12	8		6	18	3	1	5	4		2	4		7	1		94	11	4	1	2			18	
54,8	brauner Mergel	44	2	8	5			2			10			1				1		73	4					2	6	
(55,2	fester S u. Grus	10	2	7	1	4	3	2			3	4					3	1		40	12	2					14	
55,5	brauner Mergel	5	2	12		1														20						1	1	
(56,2	grauer Mergel	18		9	2	1														30	2						2	
56,5	grauer, fein. M	17		3		3		1	2		1						1			28								
57,2	grauer, fein. M	14		8		1					1									24						2	2	
(58,2	grauer, fein. M	15		8	2				1								1			27	5						5	
58,6	grauer, fein. M	15		23	1	4											4	1		48								
(59	grauer, fein. M	19	3	21		4					1						4			52	1						1	1[3]
59,3	bräunl. Mergel	26	2	22		10			1								5	2		68	2					2	4	3
(59,8	sandig-mergelig	14	3	32		2		1									2	1		55	3	1					4	1
60,3	grauer Mergel	27	1	20													5			53	3[4]						3	
63,8	blauer Mergel	31		57		12			1								8			109	1				2		3	6[5]
67,8	schwärzl. oder torf. Lehm	32		27	2	1											3			65						2	2	
(68,2	feinsandiger M	6		17	5	17			2								6	1	3	57	1					21[6]	22	
68,5	grauer Mergel	3		15	13	11											1	3		46	5	2				2	9	
69,5	grauer Mergel	56	1	40	7	25			1				1				12			143						1	1	5
70,5	dunkler Mergel	74	2	28	2	9	1			1							6			123	1					1	2	2
72,9	lockerer S u. L	7		58	1	11											7			84								2
75,5	grauer Mergel	44	1	53	2	6		3		3	4					1	8			125	1	1				1	3	2
76,5	Kies und Sand	20	2	21		3	1		1	1	4	1			1	3	4			62	9	1		1			11	7[7]

K = Kies, S = Sand, M = Mergel, L = Lehm.
Die Klammern links außen bedeuten die Vereinigung von Proben in der Zeichnung (Abb. 3).
[1] 1 Artemisia-Pollen; [2] 4 Pollen cf. Getreide; [3] cf. Selaginella helvetica; [4] 1 Pollen cf. Getreide; [5] davon 3 cf. Selaginella selaginoides; [6] davon 20 von ulmoider Form; [7] außerdem 2 Sphagnumsporen.

waren, hörten gegen oben hin auf. Auffallend sind einige Sporen cf. Selaginella selaginoides in 63,8 m Tiefe.

Die obersten Spektren (55,2 bis 54,5 m) nehmen eine etwas besondere Stellung ein und leiten zu den Spektren der Alluvion ancienne über. Diese sind ausgezeichnet durch ein viel stärkeres, bis zur Dominanz reichendes Hervortreten der Laubhölzer, neben Betula namentlich die wärmeliebenden Quercus, Fagus, Carpinus und Ulmus. Auch Abies tritt wieder reichlicher auf. Zugleich erfolgt eine starke Zunahme der Krautpollen (Gramineen, Caryophyllaceen; in 32 m Tiefe auch viele unbekannte Pollen, in 52 m 4 Pollen vom Getreidetyp). Diese Zusammensetzung der Pollenspektren entspricht einem reichen Laubwald mit zurücktretenden Fichten und Föhren und hat wohl eine ausgesprochene Klimaveränderung zur Voraussetzung. Jedenfalls ist nicht an eiszeitliche Verhältnisse zu denken.

Besonders auffallend ist das reichliche Auftreten von Faguspollen in diesen Pollenspektren der obersten Interglazialschichten und in den untersuchten Schichten der Alluvion ancienne, da der Pollen von Fagus, wie wir sehen werden, in den übrigen interglazialen Diagrammen fehlt oder doch nur äußerst sporadisch vorkommt. Es stellt sich die Frage, ob hier vielleicht Verunreinigung der primären Ablagerung durch späteren Zuschuß vorliege.

Die Spektren mit Buchenpollen entstammen sandigen oder sandig-kiesigen Schichten, denen eine gewisse Wasserdurchlässigkeit zukommt. Es ist aber wenig wahrscheinlich, daß rezente, bzw. postglaziale Oberflächenwässer unter einer so mächtigen Moränendecke noch Pollen führen würden. Auch der Sand wirkt bekanntlich als gutes Filter, sogar für noch viel kleinere Körperchen. Zudem liegt heute das Grundwasser nach den Angaben von Joukowsky viel tiefer, in 76,5 m Tiefe.

Verunreinigung während der Bohrung ist nicht ganz auszuschließen. Die Proben wurden zwar nach der Entnahme sogleich in Kisten eingeschlossen, so daß ein eventueller Pollenniederschlag aus der Luft sie nicht mehr erreichen konnte. Es kann aber während der Bohrung Oberflächenwasser in das Bohrloch gelangt sein und in lockerem Gestein, wie die Sand- und Kiesschichten es bilden, Pollen eingelagert haben. Nach Angabe von Joukowsky wurden aber die Proben bis zum Grundwasser trocken entnommen. Zudem müßten alle lockeren Sedimentschichten in ungefähr gleichem Maße die Oberflächenpollen aufgenommen haben. Das ist, wie unsere Tabelle lehrt, nicht der Fall. Einzelne lockere Schichten der Alluvion ancienne ergaben gar keinen Pollen. Schon aus diesem Grunde ist eine Vermischung der Proben mit Pollen aus dem von oben kommenden Wasser nicht wahrscheinlich.

Ebenso stimmt das Pollenspektrum der Alluvion ancienne nicht mit dem der Gegenwart überein. In der Genferebene ist heute der Laubmisch-

wald des Querceto-Carpinetums die herrschende Vegetationsform, im benachbarten Jura der Faguswald mit Abies und Picea, der nur mit vereinzelten kleinen Gehölzen in die Ebene vorstößt. Doch hat der Mensch nicht nur durch Bewirtschaftung in die Zusammensetzung der Wälder eingegriffen (meist Niederwald oder Mittelwald), sondern auch Baumpflanzungen ausgeführt, besonders durch die vielen Parkanlagen. Dadurch wurde auch die Ausbreitung der Föhren und Fichten begünstigt.

Die Umgebung von Montfleury ist offenes Land. In der Nähe der Bohrstelle finden sich Obstbäume, Gruppen von gepflanzter Picea, die reichlich fruchten, einzelne Tilia (c. fr.) und reichlich Juglans regia, die zwischen Montfleury und dem Bois du Château eine ganze Allee bildet. Das Bois du Château ist der nächstliegende Wald, ein Mittelwald mit Überständern von Quercus und einzelnen Pinus und Carpinus. Andere Wälder in der Nähe sind ähnlich zusammengesetzt. Die Jurahöhen mit ihren großen Fagus-Abies-Picea-Waldungen sind etwa 10 km entfernt. Um den rezenten Pollenniederschlag zu prüfen, habe ich in der Umgebung nach Moosrasen gesucht (31. VIII. 1947). Solche waren nur im Bois du Château vorhanden. Zwei Aufschlüsse von Moosrasen ergaben folgende Pollenprozente:

Pinus	45	Quercus	28
Picea	19	Carpinus	1
Abies	2	Ulmus	0
Betula	2	Tilia	2
Alnus	1	Corylus	4
Fagus	0	NBP	7

Also ein wesentlich verändertes Bild, als das der Spektren der Alluvion ancienne, vor allem keinen einzigen Faguspollen, keinen Ulmus, nur vereinzelt Betula und Carpinus. Analog, doch mit weniger Picea und mehr Abies verhalten sich die rezenten und subrezenten Spektren aus dem Bodenschlamm des Genfersees (vgl. Lüdi, 1939).

Die Wahrscheinlichkeit spricht also sehr dafür, daß die Buchenpollen aus der Alluvion ancienne von Montfleury nicht rezent eingelagert sind, sondern einem Buchenvorkommnis in der Nähe zur Zeit der Sedimentbildung entsprechen.

d) Die Alluvion ancienne in Genf. An der Rhone in Genf ist die Alluvion ancienne in Form von leicht verfestigten Kieswänden mit Sandeinlagerungen auf große Strecke hin aufgeschlossen. Hier wurde durch L. A. Necker (zit. nach A. Jeannet, 1923) im Jahre 1841 ein Fagus-Fund gemacht, der vielleicht in zeitliche Verbindung mit den faguspollenhaltigen Schichten von Montfleury gebracht werden kann. Auf dem linken Rhoneufer liegt am Zusammenfluß von Rhone und Arve über dem Steilhang das Bois de la Bâtie. Necker fand am Fuß der Wand in einer dünnen Schicht blauen Mergels kleine, abgeplattete und teilweise bituminierte Äste von Fagus, dazu gut erhaltene Fruchtbecher und zahlreiche Buchenblätter. Einige Jahre später beschrieb A. Favre die gleiche Stelle und erwähnte ebenfalls an der Grenzstelle zwischen oberliegendem, gelbem und unterliegendem,

blauem Mergel zahlreiche Lignite, Äste und Blattreste, ohne anzugeben, welcher Art sie zugehören. Schon in den 70er Jahren waren diese Mergel infolge von Dammbauten verschwunden. Aber um 1920 fand Joukowsky (zit. nach Jeannet, 1923) beim Bau des Pont de Butin in Genf in der Grube des rechtsufrigen Pfeilers ebenfalls Mergel mit Hölzern, von denen Jeannet zwei durch Prof. Paul Jaccard in Zürich bestimmen ließ. Das eine wurde mit Sicherheit als Picea erkannt, das andere mit großer Wahrscheinlichkeit als Quercus.

Jeannet stellt diese Lignit führenden Mergel im Untergrund Genfs, die wahrscheinlich innerhalb der Alluvion ancienne liegen, samt der Alluvion ancienne selber in Anlehnung an Ed. Brückner und W. Killian in die Laufenschwankung (Würm I/Würm II).

Um weitere Anhaltspunkte für die Pollenspektren der Alluvion ancienne zu erhalten, entnahm ich unter Führung der Herren J. Favre und A. Jayet am Steilhang des rechten Rhoneufers (Falaise de St. Jean) drei Proben aus den eingeschlossenen Sandschichten, an schattigen, bergfeuchten Orten und aus einer Tiefe, wo oberflächliche Verunreinigung ausgeschlossen war. Die Sande erwiesen sich als sehr pollenarm, ergaben aber doch das nachfolgende, eindeutige Ergebnis:

	Fuss der Wand	2 m höher	noch 1 m höher	Probe 1—3
Picea	4	9	15	28
Abies			1	1
Pinus	6	7	4	17
Corylus		1		1
Betula		1		1
Ulmus	2	9	1	12
Tilia		1		1
cf. Ligustrum		1		1
Gramineen			1	1
Umbelliferen			1	1
Farnsporen			1	1

Wir finden wiederum Dominanz von Picea-Pinus, reichlich Ulmus und etwas Abies, Tilia und Betula. Keine Buche. Vermutlich hätte das Auszählen einer großen Pollenzahl noch neue Pollentypen ergeben. Das Dominanzverhältnis wäre aber kaum verändert worden. Dem Jüngerwerden der Schichten scheint ein Dominanzübergang von Pinus zu Picea zu entsprechen. In der

mittleren Probe ist das starke Auftreten von Ulmenpollen auffallend.

e) Mornex hinter dem Salève. Dort findet sich am tiefeingeschnittenen Viaison ein mächtiger Aufschluß, den ich in Begleitung der Herren J. Favre und A. Jayet besuchen konnte. Es folgen sich von unten nach oben: Schotter → Sande → Schotter → Moräne. Jayet betrachtet die unteren Schotter als Rißmoräne, die Sande als Interglazial Riß - Würm, die oberen Schotter als Alluvion ancienne. Es könnte aber auch sein, daß der ganze Schotter-Sand-Komplex einheitlicher Entstehung ist und z. B. zur Alluvion ancienne gehört. Die deckende Moräne ist jedenfalls würmeiszeitlich.

Ich entnahm den verschiedenen Schichtkomplexen Proben, den Schottern in eingelagerten Sandlinsen. Die Untersuchung ergab wiederum die für sandig-kiesige Ablagerungen charakteristische große Pollenarmut. Die Ergebnisse sind nachfolgend zusammengestellt (Zahl der gefundenen Pollen):

	Moräne, 5 m unter d. Oberfläche	Obere Schotter	Sande	Untere Schotter
Picea	10	—	27	3
Pinus	7	2	3	
Corylus		(1)	5	
Betula	5	22	4	
Alnus			2	
Carpinus		4		1
Quercus			1	
Ulmus			27	5
unbekannt			1	
Farnsporen			1	

Die Spektren können infolge der kleinen Pollenzahl nicht befriedigen, da die selteneren Pollen nur zufällig repräsentiert und auch die häufigeren in ihren Anteilen nicht genügend gesichert sind. Das Spektrum aus der Würmmoräne hat auffallende Ähnlichkeit mit dem obersten Spektrum des Profils von Cartigny, was die Vermutung, der Gletscher habe zur Zeit der Ablagerung der gebänderten Mergel von Cartigny in der Nähe von Genf gelegen, unterstützt. Es braucht nicht zu verwundern, daß die Moräne von Mornex Pollen enthält. Die untersuchte Stelle kann einem Vorstoß-Stadium entsprechen, als das Vorland noch Baumwuchs trug, oder auch einem Rückzugsstadium bei bereits wieder

etwas bewaldetem entferntem Vorland. Wärmeliebende Gehölze s. str. haben wir hier nicht gefunden. Allerdings sind bei uns bisher aus dem Spätglazial keine Spektren mit reichlichem Piceapollen bekannt geworden. Ebenso kann im Spektrum des oberen Schotters die Betuladominanz in Verbindung mit etwas Carpinus und Pinus vielleicht ein Stadium des Vorrückens des Gletschers repräsentieren. Auffallend ist das Fehlen von Picea. Das reichste und wohl repräsentative Spektrum, das der Sande, ist ausgezeichnet durch die Dominanz von Picea und Ulmus und enthält auch einige Pollen anderer wärmeliebender Gehölze. Es steht dem Diagramm der Falaise nahe, und gegenüber den an Ulmus- und Carpinuspollen reichen obersten Horizonten des Diagrammes von Montfleury fällt das Fehlen von Faguspollen auf. Das Spektrum der unteren Schotter ist wieder sehr unvollständig, schließt sich aber an das der Sande an.

Es ist bedauerlich, daß aus dem Genfergebiet keine interglazialen Sedimente mit einem reichlichen Pollengehalt gefunden wurden. Immerhin erlaubt die bedeutende Zahl der untersuchten Horizonte doch durch Summation ein Urteil über den Charakter der Baumvegetation. In den als Riß-Würm Interglazial gedeuteten Sedimenten findet sich eine Dominanz von Pinus und Picea mit etwas Abies und Laubgehölz, z. T. wärmeliebender Arten. Mit dem Übergang gegen die letzte Eiszeit (Alluvion ancienne) nimmt das Laubgehölz stark zu, besonders Ulmus, Carpinus, Quercus bis zur Dominanz, und lokal tritt auch Fagus auf. Vielleicht wurde das Klima ozeanischer; jedenfalls läßt der Pollengehalt in der Alluvion ancienne noch keinen Einfluß der Gletschernähe erkennen. Eher würde man dort das Klima-Optimum für eine mesophile Waldvegetation suchen.

2. Die Schieferkohlen vom Signal de Bougy

Das Signal de Bougy ist mit 710 m Meereshöhe ein markanter Punkt des Hügelzuges, der die Nordseite des Genfersees zwischen Nyon und Aubonne begleitet und sich aus diluvialen Ablagerungen aufbaut. Gegen die Seeseite hin fällt der Hang steil ab. Die heutige Waldvegetation der Umgebung ist Buchenwald in verschiedenartiger Ausbildung. Am Steilhang zum See

hin treten Eichenwäldchen auf, und die tiefer liegenden Wälder am See sind dem Querceto-Carpinetum zuzurechnen.

An diesem Hang wurde oberhalb des Dörfchens Bougy in 685 m Höhe von A. Morlot im Jahre 1858 ein dünnes Flöz von Schieferkohlen entdeckt. A. Jeannet fand das Bändchen im Jahre 1906 wieder auf und hat es eingehend untersucht und beschrieben (loc. cit., 1923). Das Flöz besitzt eine Dicke von 12 bis 15 cm, ist unterlagert von ca. 50 cm sandigem Lehm, überlagert von 25 cm gewaschenem Sand und Kies. Die ganze Bildung ist in mächtige Moräne eingebettet. Die Kohlenschicht ist sehr wenig ausgedehnt. Dagegen fand Jeannet noch an zwei anderen Lokalitäten der näheren Umgebung, aber in wesentlich tieferer Lage (645, resp. 630 m), in die Moräne eingeschaltet Kiese mit kohligen Lehmen.

Die Schieferkohlen und Lehme der Morlotischen Fundstelle enthalten Pflanzenreste, die bereits von Oswald Heer, dann von Carl Schröter und neuerdings von Jules Amman und Paul Jaccard untersucht worden sind. Es wurden vor allem Moose festgestellt, insgesamt 15 Arten, darunter mehrere Arten von Calliergon und Drepanocladus (vgl. Tab. 4). Sie ergeben in ihrer Gesamtheit einen nordisch-alpinen Charakter. Doch sind diese Arten heute noch alle in unseren höher gelegenen Mooren verbreitet. Es handelt sich hier offensichtlich um die Verlandung eines Wassertümpels, zuerst durch Lehmeinschwemmungen aus der Umgebung und dann durch die Bildung von Flachmoortorf, wohl anfänglich Moostorf, dann übergehend in Radizellentorf, in dem auch Rhizome gefunden wurden, die vermutlich zu Phragmites gehörten. Im Laufe der Zeit wurde dieser zu Schieferkohle umgewandelt. An Holzpflanzen fanden sich ein Zapfen und ein Holzstück von Picea abies, einzelne Pollenkörner der gleichen Art und ein Stück Holz, wahrscheinlich Alnus.

Das Alter dieser Bildung ist verschieden eingeschätzt worden, von den einen Forschern als interglazial Riß-Würm, von Alb. Heim (1919) als Randtümpel im inneren Moränenkranz der letzten Vergletscherung, der nicht einmal den Schluß auf eine größere Schwankung des Gletscherstandes erlaube. Von Heim und den meisten Geologen wird angenommen, der ganze Moränenkomplex auf dem Rücken der Côte sei eine einheitliche Erschei-

nung der Würmeiszeit, verbunden mit Schwankungen im Gletscherstand, und auch A. Jeannet scheint dieser Auffassung zuzustimmen.

Der Aufschluß ist heute verschüttet und überwachsen. Auch Prof. Jeannet konnte ihn nicht mehr finden. Auf seine Empfehlung hin erhielten wir aber von Prof. Eugen Wegmann in Neuchâtel zwei seinerzeit von Jeannet dort deponierte Bodenproben zur Untersuchung, eine aus dem Lehm und die andere aus der Kohle. Die Lehmprobe war sehr pollenarm, die Torfprobe bedeutend besser.

Wir zählten folgende Pollen:

	Lehmschicht	Torfschicht
Pinus	12	72
Picea	—	1 (nicht ganz sicher)
Betula	2	
Alnus		1 (nicht ganz sicher)
Gramineen		4
Helianthemum alpestre	2	
Farnsporen		1

In beiden Spektren hat also Pinus die vollständige Dominanz. Die gemessenen Pollengrößen liegen zwischen 65—80μ, was auf Pinus mugo hinweist. Die Spektren entsprechen subarktischen Klimaverhältnissen, besonders das aus dem unterliegenden Lehm. Solche können in dieser Höhenlage nur eiszeitlich sein, vermutlich einer Schwankung im Gletscherstand entsprechend, mit längerem Rückzug des Eises aus der Gegend; denn eine Schicht von 15 cm stark gepreßter Schieferkohle braucht unter halbeiszeitlichen Klimaverhältnissen zur Bildung der nötigen Masse von organischen Stoffen doch einige hundert Jahre. Vielleicht kommt eine starke Schwankung im ersten Teil der Würmeiszeit in Frage.

3. Die Schieferkohlen von Grandson

Das Schieferkohlenlager von Grandson wurde im Jahre 1894 bei einer Wassergrabung entdeckt und daraufhin ausgebeutet. A. Jeannet (loc. cit., 1923) hat alle bekannten Daten über dieses Lager zusammengestellt, wobei er sich auf Begehungen im Gelände und auf die Notizen der ersten Erforscher, besonders ein

Manuskript von Eug. Renevier, stützte. Die Zugänge zum alten Bergwerk waren damals verschlossen.

Das Kohlenlager liegt am Berghang, unweit oberhalb Grandson (s. Lagekarte bei Jeannet), in einer Meereshöhe von ungefähr 470 m und besteht nach Jeannet aus zwei Flözen, einem oberen von 1,55 m und einem unteren von 1,05 m, die durch 0,45 m reinen, grauen Lehm getrennt sind. An zwei Stellen wurden Schächte zu den Kohlenflözen abgeteuft, die eine mineralische Überlagerung von 9,5 resp. 15,6 m ergaben, im einen Fall durch glazialen Lehm mit Kies, im anderen oben durch 10 und mehr Meter Kies und dann durch grauen Mergel und Sand. Als Unterlage des Kohlenflözes wird sandige, graue Seekreide (1 m) und darunter Lehm mit Kies angegeben.

P. Jaccard untersuchte bei der ersten Ausbeutung den pflanzlichen Fossilgehalt in der Kohle. Er stellte fest:

Picea:	Holz und Zapfen.
Abies:	Samen.
Alnus glutinosa:	Holz (2 schöne Stämme).
Alnus incana:	Stammstück, unsicher.
Betula:	Holz, Rinde, Blätter, unsicher.
Salix:	Blattabdrücke.
Vaccinium sp.	

Dazu Reste einiger Sumpfpflanzen und eines Wassermooses (vgl. Tab. 4 und 5). Die Kohlenbildung wird von E. Brückner in ein Würminterstadial verlegt, von L. Rollier der Niederterrasse zugeordnet, während Jeannet sie als Riß-Würm interglazialzeitlich betrachtet.

Die heutige Klimaxvegetation der Umgebung ist der Buchenwald in verschiedengestaltiger Ausbildung, unten in Übergängen zum Laubmischwald (Querceto-Carpinetum), gegen oben hin mit mehr oder weniger Abies-Beimischung. An trockenen, flachgründigen Sonnenhängen breiten sich Quercus-Wäldchen aus, die dem Quercion pubescentis zuzurechnen sind.

Während des 2. Weltkrieges wurde die Kohlenausbeutung wieder aufgenommen und der Abbau im Großen betrieben mit einem ausgedehnten Netz von Stollen. Den Herren Unternehmern Beati und Ing. Barbey verdanke ich ihre freundliche Unterstützung anläßlich unseres Besuches am 10. Mai 1943.

Es wurden zwei Reihen von Proben entnommen, die eine im Stollen D, 60 m vom Hauptstollen entfernt, die andere im Stollen

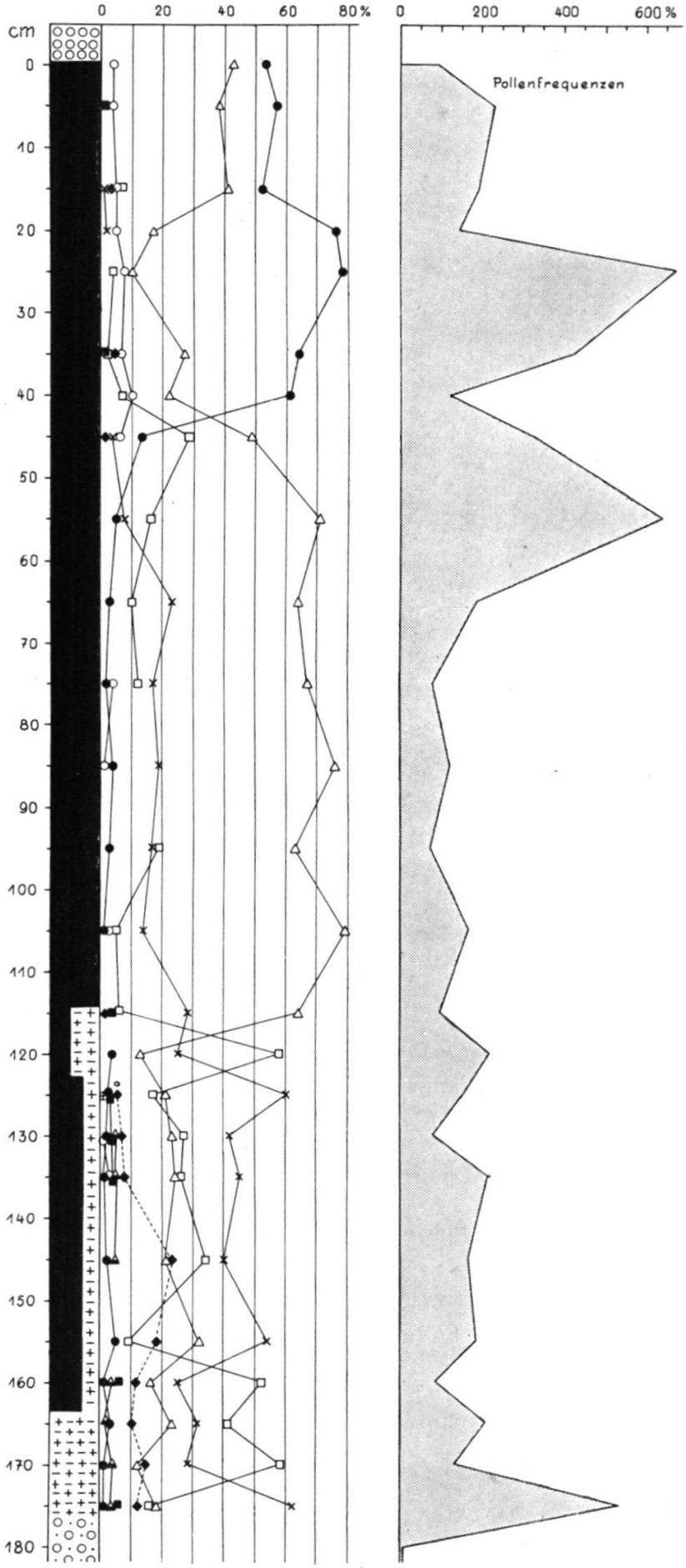


Abb. 4. Pollendiagramm des Schieferkohlenlagers von Grandson I.

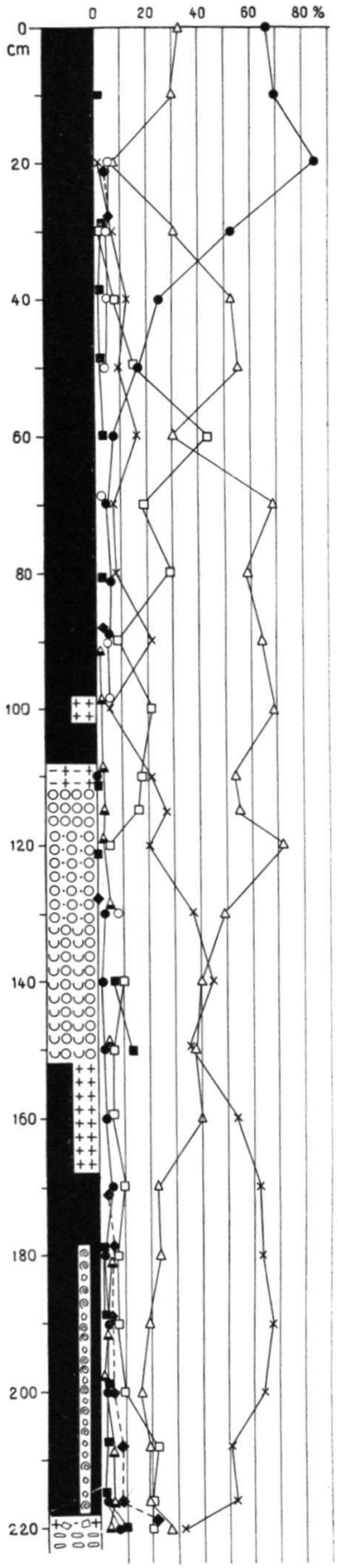


Abb. 5. Pollendiagramm des Schieferkohlenlagers von Grandson II.

12, rund 10 m vom Hauptstollen, aber nach der anderen Seite hin.

An der Entnahmestelle im Stollen D (vgl. Abb. 4) wurde die Kohle von Mergel überlagert, mit scharfem Kontakt. Das Flöz hatte eine Mächtigkeit von 165 cm und war holzreich, besonders im oberen Drittel. Von 115 cm an abwärts war die Kohle etwas lehmig. Von 165 cm an überwog der Lehm (torfiger Lehm), und 175 cm vom Oberrand hörten die organischen Bildungen auf; die Unterlage war ein sandiger Mergel. Das ganze Profil bildet also eine Verlandungsreihe, die vom offenen Wasser (sandiger Mergel) überführt in die Verlandungsbestände mit Lehmeinschwemmung (torfiger Lehm — lehmige Kohle) und schließlich in ein mehr oder weniger bewaldetes Flachmoor (Kohle mit viel Holz), worauf durch neue Überschwemmung der ganze Komplex unter Wasser gesetzt wurde und wieder Mergelbildung eintrat.

An der Entnahmestelle im Stollen 12 waren die Verhältnisse wesentlich anders (vgl. Abb. 5), und die Stratigraphie entspricht ungefähr der von Renevier gegebenen: Das Flöz ist aufgespalten in eine obere Kohlenschicht von 108 cm Mächtigkeit und in eine untere von 50 cm. Zwischen ihnen lagert eine mergelige Schicht von 45 cm Dicke, die oben mehr sandig, unten mehr seekreidig ist und unten und oben mit lehmig-torfiger Schicht in die reine Kohle übergeht. Die Kohle enthält nur wenig Holz, das untere Band an der untersuchten Stelle gar keines. Dagegen sind hier der Kohle in großer Menge kleine Wassermollusken beigemengt, mit vereinzelten, nach unten hin an Zahl zunehmenden Steinchen. Unter der Kohle kommt ein schmales Bändchen von torfigsteinigem Lehm, auf das 220 cm unter dem Oberrand des Flözes unvermittelt Kies folgt, der immer noch eine Menge der kleinen Mollusken enthält. Jules Favre (in litt.) bestimmte diese Molluskenfauna in einem Probestück, das A. Jayet entnommen hatte. Er fand nachstehende 14 Arten:

Limnaea stagnalis (L.)	Radix auricularia (L.)
Planorbis planorbis (L.)	Bythinia tentaculata
Planorbis carinatus (Müll.)	Valvata groupe piscinalis
Amisus vorticulus (Troschel)	Valvata cristata
Gyraulus crista (L.)	Sphaerium corneum
Segmentina nitida (Müll.)	Pisidium subtruncatum
Radix ovata (Drap.)	Pisidium obtusale

Die meisten von ihnen sind noch häufig und weit verbreitet, alle kommen noch heute in der Schweiz vor. Nur zwei sind heute sehr zerstreut verbreitet und selten geworden, Segmentina nitida und Amisus vorticulus. Favre hatte aus diesen Schichten auch einige pflanzliche Reste ausgesondert, die wir zur Hauptsache als Samen von Schoenoplectus lacustris und Fruchtschläuche von Carex cf. elata bestimmen konnten. Ziemlich reichlich fanden sich Oogone von Chara sp., und einige kleine Nüßchen bestimmte uns in freundlicher Weise Prof. Richard Kräusel als zu Cladium mariscus gehörend.

Auch hier liegt also ein Verlandungsprofil mit Flachmoorbildung vor. Doch wurde der Verlandungsprozeß unterbrochen durch neue Überflutung und starkem Absatz von mineralischen Stoffen. Der hohe Molluskengehalt der untersten Kohle deutet auf sehr günstige Lebensverhältnisse und ist in der Schieferkohle eine seltene Erscheinung.

Beide Profile wurden pollenstatistisch durchgearbeitet. Der Pollengehalt war mittelgroß, so daß die Analysen gut möglich waren (vgl. Abb. 4, 5). Die Pollendiagramme zeigen die gleichen Hauptzüge bei etwas verschiedener lokaler Abwandlung: unten eine Abieszeit mit reichlicher Picea und sehr wenig oder fehlender Pinus. Im mittleren Teil Piceadominanz (z. T. Picea cf. ormorica, vgl. S. 145) mit langsam abnehmender Abies und gegen oben hin ansteigender Pinus. Im obersten Teil Pinusdominanz mit Picea-Subdominanz und verschwindender Abies. Diese schöne und klare Folge des regionalen Waldbildes wird im Pollendiagramm durch den Alnuspollen beeinflußt, der in der Abieszeit und wiederum gegen das Ende der Piceazeit hohe Werte erreichen kann. Im Diagramm aus Stollen 12 tritt diese Erscheinung nur schwach hervor, ganz zu unterst und in der zweiten Hälfte der Piceazeit. Im Diagramm aus Stollen D dagegen dominiert der Alnuspollen wiederholt zu Anfang und Ende der Abieszeit. Wir haben es hier offenbar mit einer ausgesprochen lokalen Erscheinung zu tun, kleinen Alnusgehölzen in der Nähe der Untersuchungsstellen. Die starke Überschwemmung zu Ende der Abieszeit führte in den beiden Profilen zu wesentlich verschiedener Äußerung. In D ist die mineralische Einlagerung relativ gering; es entstand eine lehmige Kohle. Dagegen zeigt das Pollendia-

gramm einen Alnus-Gipfel, vermutlich auf einen Bruchwald hinweisend. Im Profil 12 entsteht ein mächtiger Seekreidehorizont in den nur sehr wenig Alnuspollen eingelagert ist. Hier breitete sich offenes Wasser aus.

Neben diesen dominanten Pollenarten treten weitere Typen auf, vor allem in den abieszeitlichen Horizonten. Corylus und Carpinus sind dort ziemlich regelmäßig vertreten, dazu verstreut auch Quercus, Ulmus, Alnus, Fraxinus und Tilia. Gegen oben hin nehmen diese Pollen sehr ab oder verschwinden. Dafür findet sich Betulapollen häufiger. Der Pollen krautartiger Pflanzen ist immer spärlich. Am häufigsten fand sich Pollen von Gramineen, dann auch solcher von Compositen, Caryophyllaceen und Umbelliferen. Farnsporen waren in der Pinuszeit reichlich und nahmen gegen unten hin an Zahl stark ab. Es fanden sich auch einige Osmundasporen. Vereinzelte Sphagnumsporen wurden in den obersten piceazeitlichen und in den untersten pinuszeitlichen Horizonten gefunden.

Unsere beiden Profile umfassen offensichtlich nicht eine ganze Interglazialzeit [1]. Sie beginnen in einer für die Entwicklung des Waldes sehr günstigen Zeitperiode, wo das Klima dem heutigen recht ähnlich gewesen sein dürfte. Gegen oben hin verschlechtert sich das Klima, indem es einen deutlich kontinentaleren und kühleren Charakter annimmt (Picea - Pinus - Dominanz). Die Verschlechterung geht in die Pinuszeit hinein weiter. Die Profile reichen vielleicht bis zum Beginn einer Eiszeit, als das Eis langsam in das Vorland hinabfloß.

4. Die Schieferkohlen von Pont-La-Ville

Rund 10 km nördlich von Bulle, halbwegs zwischen Pont-La-Ville und Rossens liegt am rechtsufrigen Steilhang der Saane in ca. 730 m Meereshöhe ein Schieferkohlenlager, das durch das Saanetal angeschnitten worden ist. Über dem Flöz kommt zuerst

[1] Versuche, im Profil D (Abb. 4) Pollenspektren aus dem sandigen Mergel unter der Schieferkohle zu erhalten, schlugen fehl. Wiederholte Aufschlüsse ergaben nur vereinzelte Pollen, in 185 cm Tiefe 4 Pinus, 1 Abies, 7 Corylus, 1 Betula, 1 Carpinus, zusammen 14 Gehölzpollen, dazu 6 Krautpollen und einige Farnsporen, in 190 cm Tiefe 3 Pinus-, 2 Corylus-, 1 Betula-, 4 Krautpollen und 2 Lycopodiumsporen.

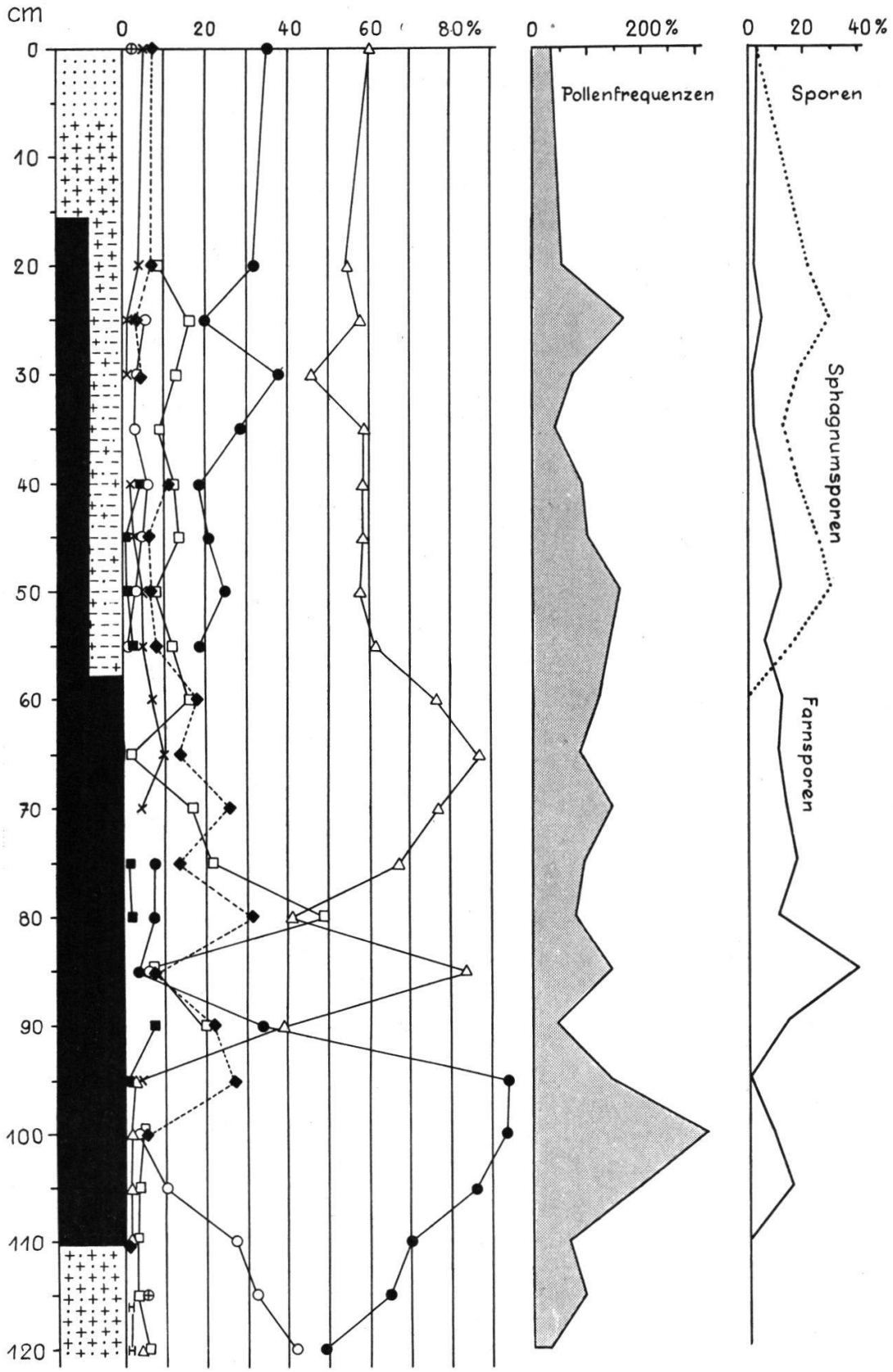


Abb. 6. Pollendiagramm des Schieferkohlenhorizontes von Pont-La-Ville.

eine dicke Lehmschicht, dann mächtige, verfestigte Schotter und schließlich Oberflächenmoräne. Unter dem Kohlenlager liegt, nach frdl. mündlicher Mitteilung von Prof. J. Tercier in Freiburg, Moräne bis zum Talboden. Die Bildung fällt in die Riß-Würminterglazialzeit. Jayet (1949) findet die gleichen Verhältnisse wie in der Ebene Genfs: das Flöz ist ein interglazialer Lignit, der überlagert ist von Alluvion ancienne der Würmeiszeit, unterlagert von Rißmoräne.

Heutiger Vegetationsklimax der Umgebung ist ein Buchenwald mit viel Tanne (Abieto-Fagetum).

Ich besuchte die Fundstelle am 15. Juni 1945 und fand einen verlassenen Stollen von ca. 2 m Höhe, durch Holzschalung gesichert. Die Probenentnahme konnte 5 m innerhalb der Stollenmündung erfolgen. Dort war das Flöz ca. 1 m mächtig und bestand im untern Teil aus reiner Kohle; im oberen Teil war es mehr Lehmgyttja-ähnlich mit reichlichem Gehalt an Ton und kleinen Gesteinssplittern. Oben und unten wurde es von lehmigem Sand begrenzt, der oben in reinen Sand überging (vgl. Abb. 6).

Das Pollendiagramm läßt drei Hauptteile unterscheiden: der unterste ist charakterisiert durch Pinus-Dominanz mit Betula-Subdominanz sowie etwas Alnus-, Hippophaë- und Salix-Pollen. Gegen oben hin fällt Betula ab; Corylus und Picea treten auf. Dann steigt Picea an zur Dominanz, und Pinus fällt dementsprechend ab, womit der zweite Abschnitt des Diagramms eingeleitet wird. Zur Zeit des Abfalls der Pinuskurve erreicht Corylus ein kleines Maximum, was ganz an den Gang der Pollenkurven der Postglazialzeit erinnert. Der zweite Hauptteil des Diagrammes enthält die größte Vielgestaltigkeit des Pollenbildes: Corylus ist reichlich vertreten, mit ca. 10—30%, ebenso Alnuspollen, der vorübergehend sogar zur Dominanz aufsteigt. Abies tritt auf und erreicht bis 10%; vereinzelt findet sich der Pollen von Tilia (cf. cordata) und Quercus. Pinus tritt ganz zurück, verschwindet sogar zeitweilig aus dem Pollenspektrum. Der dritte Abschnitt des Diagramms, ungefähr die obere Hälfte umfassend, ist charkterisiert durch das erneute Auftreten von Pinus als Subdominante (ca. 20—40%), während Picea andauernd die Spitze einhält. Der Umschwung tritt zur gleichen Zeit ein, da die starken minerali-

schen Einlagerungen in den Torf stattfinden und die Kurve der Sphagnumsporen ansteigt, während die der Farnsporen sinkt. Alnus, Corylus, Abies halten sich bis obenaus, aber nur mit geringen Werten.

Der Pollen der Krautpflanzen ist immer spärlich vorhanden: einzelne Gramineen, Caryophyllaceen, 1 cf. Rorippa, in der Pinus-Betulazeit einige Artemisia, vereinzelte Unbekannte. In 45 cm Tiefe wurden 2 Lycopodium annotinum-Sporen gefunden.

Wir versuchten die Pollengrößen zu messen, haben aber doch zu wenig Messungen, um sie statistisch auswerten zu können. Die Piceapollen maßen in den oberen Horizonten 84—99 μ. Die meisten Betulapollen maßen 16—21 μ, einzelne in dem untersten Horizont nur 11 μ und sind wahrscheinlich Betula nana zuzurechnen. Die Größe der gemessenen Pinuspollen lag zwischen ca. 50 und 80 μ; doch übersteigen nur ganz vereinzelte, in den unteren Schichten, 70 μ. Es ist zu vermuten, daß es sich meist um Pinus silvestris handelte. Die Größe der Alnuspollen lag zwischen 14 und 21 μ, die kleinen, die Alnus viridis zugehören dürften, fanden sich in den oberen und unteren Schichten, die großen, soweit Messungen vorliegen, in den mittleren und oberen Schichten.

Das Kohlenflöz von Pont de Ville entspricht in den unteren Teilen einem Flachmoor, das gegen oben hin in ein zeitweise überflutetes Sphagnummoor überging, in dem mineralische Partikelchen in reichlicher Menge abgelagert wurden. Das Waldbild zeigt die oben beschriebenen Veränderungen, die wohl durch Klimawechsel verursacht wurden. Die unterste Stufe als Pinus-Betulazeit mit Hippophaë und Artemisia dürfte einer ersten Bewaldung nach Eisrückgang entsprechen («subarktische» Zeit). Dann kommt eine rasche Klimaverbesserung, während der Pinus verschwindet, was recht auffallend ist. Die gleichzeitige Dominanz von Picea läßt aber doch ein etwas kühl kontinentales Klima annehmen, vermutlich mit mehr Anteil des Laubgehölzes im Waldbild, als das Diagramm angibt. Hier dürfte das Klimaoptimum liegen. Dann erfolgt gegen oben hin wahrscheinlich nur eine kleine Veränderung (Kühlerwerden?), wodurch Pinus wieder begünstigt wird, ohne aber dominant zu werden. Es ist möglich, daß die obersten Horizonte bereits die angehende neue Eiszeit an-

deuten, die vielleicht lange vor dem Anrücken des Eises zur Überführung der Lokalität mit Lehm und dann mit Sand und Schotter führte.

5. Die Schieferkohlen der Wasserfluh bei Spiez

Bis zum Jahr 1714 floß die Kander nicht in den Thunersee, sondern hinter dem Hügelzug der Strättligenmoräne parallel zum See in die von ihr aufgeschüttete Ebene unterhalb Thun und dort direkt in die Aare. Heute fließt durch dieses Tälchen nur noch ein kleines Gewässer, der Glütschbach. An den Hängen dieses alten Kandertales sind Glazialbildungen verschiedenen Alters aufgeschlossen, die verschiedentlich beschrieben worden sind (vgl. Ed. Gerber, 1923, Paul Beck, 1934). An zwei Stellen treten Schieferkohlen hervor, an der Wasserfluh und in der Gundelsey. Durch Vermittlung von Lehrer F. Vuillemin in Thun/Allmendingen erhielt ich 1934 ein vollständiges Profil durch die Schieferkohlen der Wasserfluh (ca. 600 m) samt den überliegenden und unterliegenden Schichten. Die Kohlenschicht ist nur 10 cm mächtig und wird überlagert und unterlagert von ziemlich mächtigen, zum Teil sandigen, schneckenführenden Lehmen, an die oben und unten Moräne anschließt (Abb. vgl. bei Gerber 1923). Gerber und Beck verlegen die Entstehung dieser Schichten in ein Interstadial der Würmeiszeit (Spiezerschwankung von Beck = Interstadial zwischen Würm I und Würm II). H. Gams (bei P. Beck, 1938 II, S. 188) vertrat die Ansicht, sie könnten nicht jünger als Riß-Würm-Interglazial sein.

Die Ergebnisse der pollenstatistischen Untersuchung sind in Abb. 7 dargestellt. Die Pollenfrequenzen sind im unterliegenden Lehm ziemlich bedeutend, in der Kohle und im überliegenden Lehm wesentlich kleiner. Gezählt wurden pro Spektrum 51—270 Gehölzpollen. Das Diagramm läßt 2 Abschnitte unterscheiden: unten ist Pinuspollen dominant und der Pollen von Picea subdominant, oben ist das umgekehrte Verhältnis. Der Übergang vollzieht sich in der Kohlenschicht. Im untersten Spektrum ist ein hoher Gehalt von Betulapollen vorhanden, der aber gegen oben hin rasch abnimmt und sporadisch wird. Durch das ganze Profil zieht sich Alnuspollen, immer nur in wenigen Prozenten,

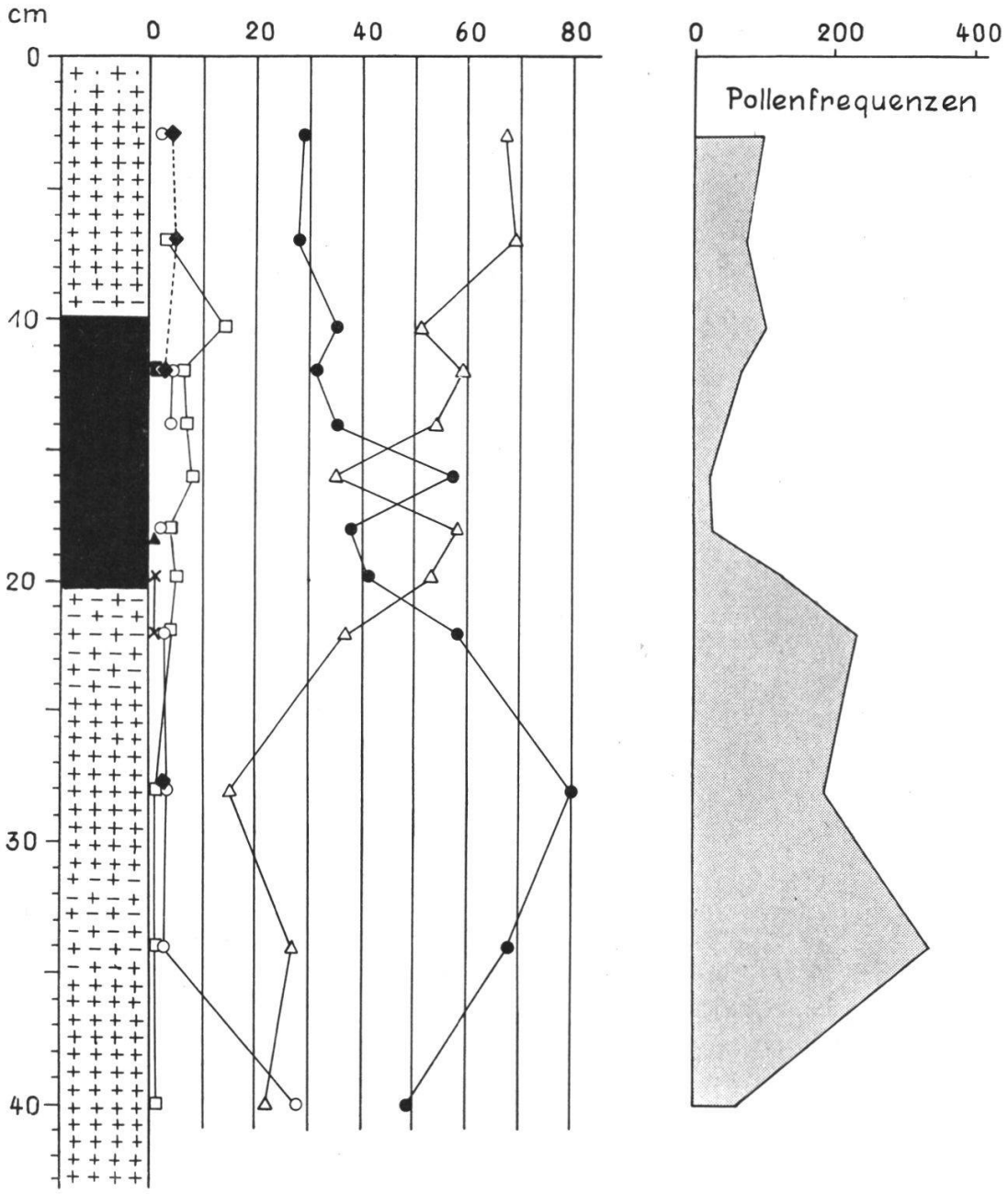


Abb. 7 Pollendiagramm des Schieferkohlenhorizontes von Wasserfluh.

aber im oberen Teil doch deutlich reichlicher. Im oberen Teil tritt auch Coryluspollen auf, ebenso sporadisch Abies, Quercus und 1 Fagus.

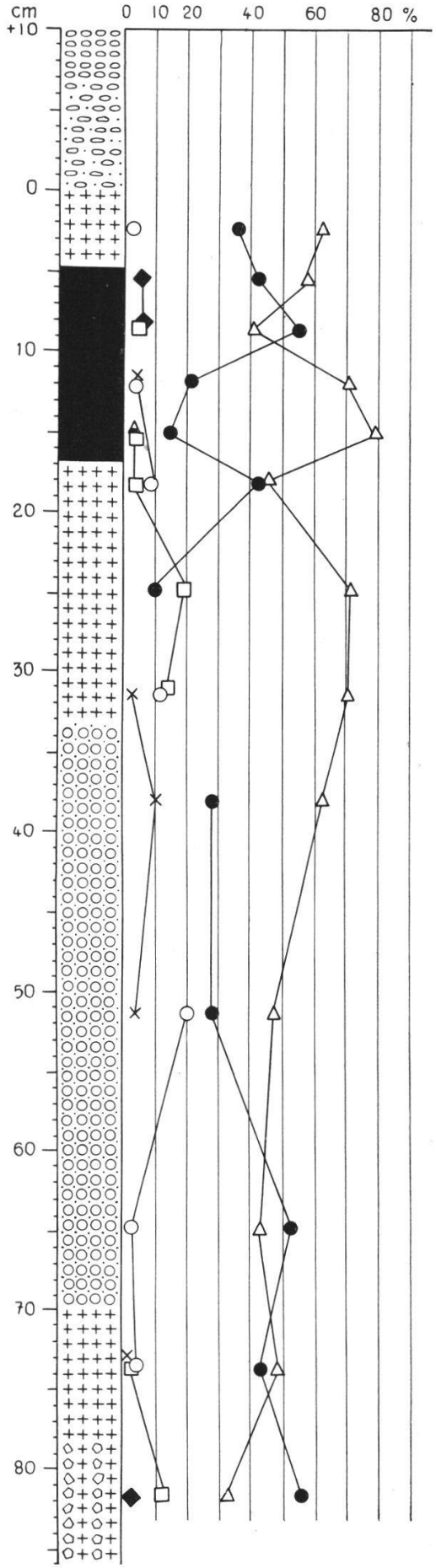
Die Größe des Pinuspollens schwankt zwischen 40 und 70 μ, wobei in den tieferen Schichten der Pollen zwischen 60—70 μ vorwiegt, in den mittleren und oberen Schichten der Pollen unter 60 μ. Das kann vielleicht einem Wechsel von herrschender

Pinus mugo zu herrschender Pinus silvestris entsprechen. Der meiste Alnuspollen mißt 17—20 μ, der meiste Betulapollen 19 bis 21 μ. Das deutet eher auf die strauchförmigen Arten (Alnus viridis, Betula nana). Der Krautpollen fehlt sozusagen völlig. Farnsporen waren im oberen Teil reichlich und fehlten nur im 37 cm-Horizont. Sphagnumsporen fanden sich zerstreut in verschiedenen Tiefen.

Das Pollendiagramm entspricht einem Picea-Pinus-Wald, in dem im unteren Teil die Föhre, im oberen Teil die Fichte vorherrscht. Da eine Abnahme der Birke, ein Auftauchen wärmeliebender Gehölze und vielleicht auch ein Übergang von Bergföhre zu Waldföhre diesem Wechsel der dominanten Arten parallel geht, so kann wohl eine Klimaänderung angenommen werden. Das unterste Spektrum dürfte einer ausgehenden Eiszeit entsprechen. Ob zu oberst wieder eine Klimaverschlechterung eintritt, ist nicht sicher zu beurteilen.

6. Die Schieferkohlen von Gundelsey bei Spiez

Die Schieferkohlenfundstelle der Gundelsey oder Hurifluh, wie sie auch genannt wird, liegt in rund 600 m Meereshöhe im mittleren Glütschtal und ist derjenigen der Wasserfluh sehr benachbart (ca. 1 km oberhalb). Sie ist seit langem bekannt. Ed. Gerber zitiert, nach einer Mitteilung von A. Jeannet, Johann Jakob Scheuchzer aus dem Jahre 1723, der in seinem Herbarium diluvianum fossiles Eichen- und Fichtenholz von Strättligen bei Thun erwähnt, was sich sehr wahrscheinlich auf die Gundelsey bezieht. Während die in den tonigen Schichten eingebettete Schieferkohle der Wasserfluh für gewöhnlich durch Vegetation bedeckt ist, und nur durch gelegentlichen Erdrutsch freigelegt wird, liegt die Schieferkohle der Gundelsey zwischen einer gelben Schottermoräne und einer mächtigen, überliegenden Schotterwand (vgl. Abb. bei Ed. Gerber 1923). Ich besuchte die Lokalität am 18. April 1950. Der größte Teil der Schieferkohlen - Zwischenschichten ist durch herabgefallenen Schotter heute verschüttet. Aber an einer Stelle, wo Kiesausbeutung stattfindet, ist der Kontakt sehr schön aufgeschlossen, und hier entnahm ich die Proben zur Untersuchung. Die Schieferkohlenschicht



ist etwa 12 cm mächtig. Über ihr lagert an der Untersuchungsstelle etwa 5 cm blauer Lehm und dann loser, sandiger Schotter. Unter dem Flöz kommt zuerst etwa 17 cm schwärzlicher Lehm, dann 35 cm grauer, sandiger Mergel, dann eine dünne, zum Teil schwärzliche Lehmschicht und schließlich die unterliegende Moräne, zuerst tonig, dann schotterig. Die Kohle und der unterliegende, schwarze Lehm enthalten reichlich Holz, das stark gepreßt und unbestimmbar ist. Ein Holzstück von etwa 4 cm Durchmesser konnte an der Rinde als Nadelholz erkannt werden, vermutlich Picea.

Ed. Gerber (1923) und P. Beck (1934) verlegen die Bildung dieser Zwischenschichten in die Riß - Würm - Interglazialzeit, Beck 1938 II, in die Zeit der Spiezerschwankung, also gleichalterig wie Wasserfluh [1].

Der Pollengehalt war mit Ausnahme weniger Proben gering, aber doch genügend, um ein sicheres Diagramm aufzustellen (Abb. 8). Den Hauptanteil lieferten Picea und Pinus, wobei mit Ausnahme einzelner Horizonte Picea do-

[1] Wird mir von P. Beck am 26. VIII. 1952 in freundlicher Weise schriftlich bestätigt.

Abb. 8. Pollendiagramm des Schieferkohlenhorizontes von Gundelsey.

minant ist. Pinus geht im schwarzen Lehm und in einem Teil der Kohle stark zurück, verschwindet sogar in einem Horizont gänzlich, was wohl auf die geringe Zahl der gezählten Pollen zurückzuführen ist. Andere Pollentypen treten nur in kleiner Zahl auf, etwas reichlicher unten Alnus und Betula, in den mittleren Teilen Abies und darüber wieder Alnus. Vereinzelt fanden sich Corylus und Carpinus. Der Pollen von Alnus und Betula war meist auffallend groß (24—27 μ) und deutet somit auf die baumförmigen Arten hin. Daneben fanden sich auch kleine Betulapollen (18—21 μ) in den unteren Horizonten (Betula nana?). Der Pollen von Pinus erreichte zum Teil 55—65 μ, zum Teil 70—76 (—85) μ, so daß vermutlich Pinus silvestris und Pinus mugo, ohne schichtweise Sonderung, vertreten waren. Pollen von Krautpflanzen war sehr spärlich, vor allem einzelne Compositenpollen. Im Kohlenkomplex fanden sich Sphagnumsporen, angereichert im mittleren Teil. Dort auch eine Spore von Selaginella selaginoides.

Das Diagramm von Gundelsey ergibt im allgemeinen das gleiche Waldbild, wie das der Wasserfluh, doch scheinen bei den Erlenpollen nur die baumförmigen Arten beteiligt zu sein. Die in der Kohle und darüber gelegenen Abschnitte der beiden Diagramme lassen sich zur Deckung bringen, nicht aber der darunter liegende Abschnitt, indem in der Gundelsey Picea dominiert, in der Wasserfluh Pinus.

7. Die Schieferkohlen von Mutten bei Signau

Auf der Terrasse von Mutten, die östlich des Dorfes Signau gegen die Emme hin, in ca. 730 m Meereshöhe, 50 m über dem Talboden, gelegen ist, wurde im Jahre 1922 bei einem Straßenbau ein Schieferkohlenlager angeschnitten, das von Ed. Gerber näher untersucht und beschrieben worden ist (1923). In rund 6,5 bis 11,5 m Bodentiefe liegen eine Anzahl Kohlenbänder von je 20—40 cm Dicke. Zwischengelagert ist Lehm von sandiger, kohliger oder auch reiner Ausbildung. Die Unterlagerung, die leider nur bis 1,40 m unter das unterste Kohlenband verfolgt werden konnte, besteht ebenfalls aus sandigem Lehm, die Überlagerung aus Lehm, teilweise mit Sandschmitzen und in 1,5—2,5 m Tiefe aus lehmig-sandigem Schotter mit kopfgroßen Geröllen, die

alle aus der Nagelfluh stammen (vgl. Profilskizze bei Gerber, loc. cit.).

Gerber ordnet diese Ablagerung der Würmeiszeit zu. Der Würmgletscher erreichte das Gebiet nicht. Die Bildung trägt also lokalen Charakter, vermutlich als Ausfüllung einer Rinne im Gelände durch Abschwemmung von der Landoberfläche, die gegen Süden hin steil ansteigt und rasch gegen 1000 m erreicht. Gerber meint, die Schieferkohlen könnten gleichaltrig sein mit dem als interstadial gedeuteten Vorkommen an der Wasserfluh (vgl. S. 39).

W. Rytz untersuchte die Kohle und stellte ein undefinierbares Pflanzengehäcksel mit dünnen Nestern von Hypnumtorf fest, daneben Samen von Menyanthes trifoliata. Im untersten Flöz lagen auch Baumäste.

Dr. Gerber hatte die Freundlichkeit, uns ein Stück dieser Schieferkohlen zur pollenanalytischen Untersuchung zu übergeben, dessen Lage im Profil leider nicht bekannt ist. Wir analysierten daraus 4 Aufschlüsse, die je 0,5—1 cm übereinander lagen. Sie waren alle pollenarm. Insgesamt fanden wir 61 Pinuspollen, dazu einen Compositenpollen, keine anderen. Die Größe der Pollen ergab 2 deutlich geschiedene Typen: zum kleinen, von 42—62 μ, gehörte die große Mehrzahl; zum größeren, von 70 bis 72 μ, gehörte die Minderzahl (ca. 3 : 1). Der Durchschnitt der Pollenlänge für alle gemessenen Pollen betrug 67,5 μ. Es ist zu vermuten, daß in der Umgebung ein Föhrenwald sich ausbreitete, in dem die Waldföhre vorherrschte, aber auch die Bergföhre vertreten war. Ein reiner Bergföhrenbestand und damit die Möglichkeit eines eiszeitlichen Klimas ist wohl auszuschließen. Aber der einzige zur Untersuchung gelangte Horizont gibt leider nicht genügend Anhaltspunkte zur Beurteilung der ganzen Sedimentbildung.

8. Der Schieferkohlenkomplex von Gondiswil-Hüswil-Zell

Von Huttwil zieht sich gegen Osten hin ein Diluvialtal (vgl. das Kärtchen, Abb. 9). Ganz nahe dem Städtchen Huttwil liegt in 672 m Meereshöhe eine flache Wasserscheide, und von da senkt sich das Tal langsam ab. Die ersten 2,5 km werden von einem recht unbedeutenden Wässerchen durchflossen. Dann kommt bei

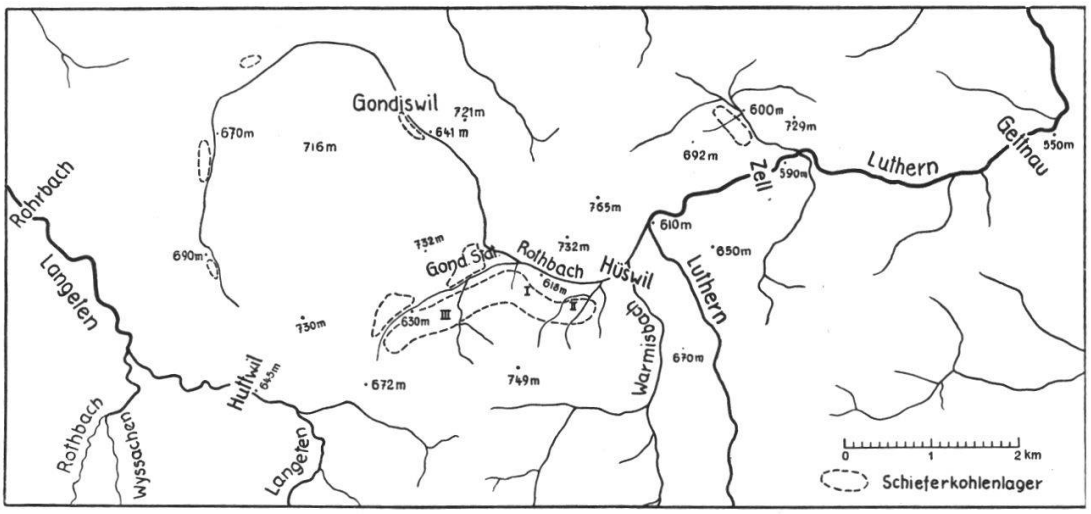


Abb. 9. Kartenskizze des Gebietes von Gondiswil—Hüswil—Zell; I, II, III: Stellen der Profilentnahme.

der Station Gondiswil (620 m) von Norden aus dem Tälchen von Gondiswil der kleine Rothbach, und ca. 2 km weiter talabwärts bei Hüswil mündet von Süden her zuerst das Tälchen des Warmisbach und dann ein größeres Tal ein mit der wasserreichen und oft ungestümen Luthern aus dem Napfgebiet. Ihr Zusammenfluß mit dem Rothbach liegt in 610 m Höhe. 1,5 km weiter talabwärts vereingt sich bei Zell (592 m) von Norden her wieder ein kleines Tälchen mit dem Haupttal. Die Luthern fließt noch ca. 3 km weiter gegen Osten, bis nach Gettnau, wendet sich dort gegen Norden und vereinigt sich mit der Wigger, die ebenfalls vom Napf herkommt. Der flache Talboden hat zwischen Gondiswil-Station und Hüswil eine Breite von 100—150 m, das Lutherntal von da abwärts ca. 300—500 m.

Im oberen Talabschnitt bis nach Hüswil samt den Nebentälern von Gondiswil und Zell liegen die mächtigsten Schieferkohlenlager der Schweiz (vgl., Abb. 9, 10). Sie sind auf die unteren Teile der Talhänge beschränkt, fehlen also dem Boden des Haupttales, aus dem sie vermutlich durch die postglaziale Erosion entfernt worden sind, da diese überall tiefer geht, als der Unterrand der Kohlenflöze. Nach den Angaben, die wir der Studie von Ed. Gerber entnehmen (1923, dort auch geologische Karte und Profile; leider fehlen meist genaue Höhenzahlen), liegen die Kohlen bei der Station Gondiswil und bis nach Hüswil zwischen 620 und 645 (—655) m Meereshöhe, im Tälchen von Zell zwischen

605—625 m (und vereinzelt bis 650 m). Diese Höhendifferenz der Basis der Kohlenlager zwischen Gondiswil-Station und Zell entspricht ungefähr dem Fallen des heutigen Talbodens. Bei Gondiswil-Dorf finden sich die Kohlenlager in ca. 635—642 m, und kleine Lager wurden auch im oberen Teil des hufeisenartig gebogenen Gondiswiler-Tälchens festgestellt, in etwa 670 —690 m

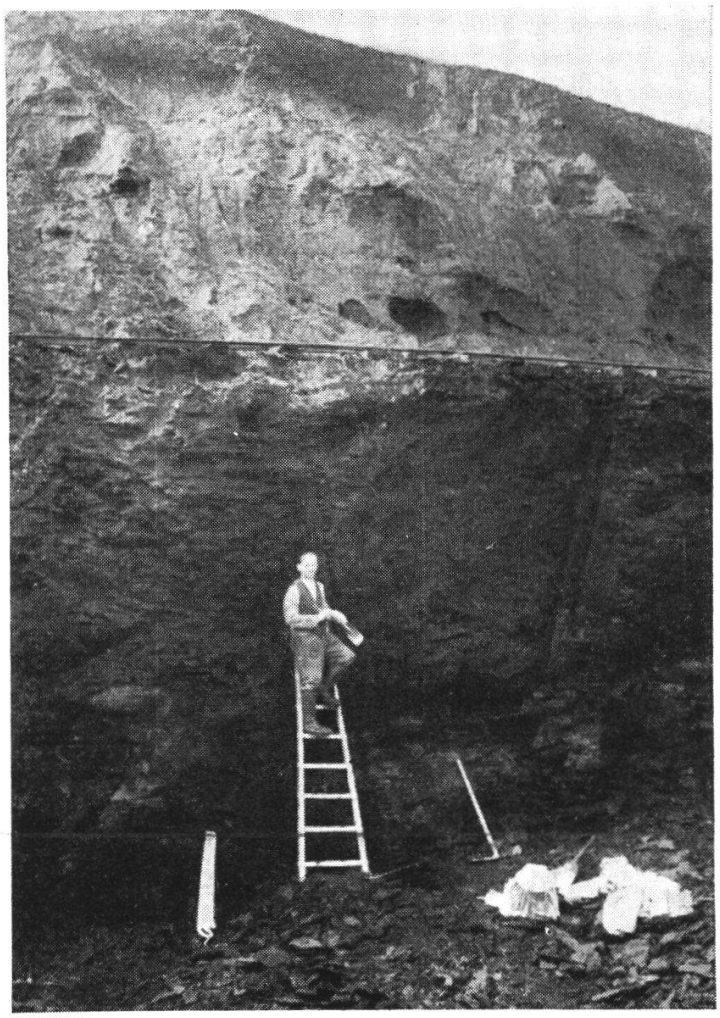


Abb. 10. Schieferkohlenabbau in Gondiswil-Hüswil an der Stelle des Diagramms Abb. 12. Basis = Gyttja, dunkle Steilwand = Flöz, darüber Rollbahn und dann sandig-lehmige Deckschichten. Phot. W. Lüdi 4. X. 1941.

Höhe. Sie sind aber wahrscheinlich in keinem Zusammenhange mit denen im untersten Talteil. Die Schürfungen brachten auch an einigen Stellen im westlich anschließenden Talgebiet der Langeten schieferkohlenartige Bildungen zutage, die aber nicht genauer untersucht worden sind.

Junger Torf lagert im Tal des Rotbaches zwischen Hüswil und Gondiswil-Station. Er ist in einem kleinen Flachmoor entstanden, postglazial durch Stauwirkung der Luthern.

Die Schieferkohlen-Vorkommnisse von Gondiswil-Zell waren bereits seit längerem bekannt und wurden gelegentlich lokal ausgebeutet. Eine starke Ausbeutung, begleitet von einer methodischen, wissenschaftlichen Erforschung der Lagerstätten mit zahlreichen Tiefenbohrungen fand während der Jahre 1917—1920 statt. Eduard Gerber, Walter Rytz und Theophil Studer faßten die Ergebnisse in einer ausführlichen Arbeit zusammen (1923).

Die Schieferkohlen bilden kein homogenes, gleichartiges Lager. Stellenweise findet sich ein einziges Flöz, das bis über 4 m mächtig sein kann. Ein «Nest» bei der Station Gondiswil hatte sogar eine Mächtigkeit bis zu 8,5 m. Meist liegen 2 Hauptflöze übereinander, getrennt durch sandige oder lehmige, gelegentlich auch kiesige Zwischenschichten. Diese Hauptflöze lösen sich bisweilen in kleinere Flöze auf, wie es zum Beispiel aus unserer Abb. 14 zu ersehen ist. Flözzahl und Flözdicke wechseln oft auf engem Raume. Hangwärts wurde ein leichtes, seltener auch stärkeres Ansteigen der Flöze festgestellt. Die kohlenführenden Horizonte sind durch sandige oder lehmige, bisweilen auch kiesige Schichten überlagert. Die Überlagerung ist schon am Fuß der Hänge bedeutend, selten unter 2 m, steigt dann aber hangwärts sehr stark an, auf 10 bis 20 m. Die Unterlagerung besteht aus blauem Lehm oder blauem Sand, d. h. aus Sanden oder Lehmen, die ganz unverwittert und arm an organischen Einschlüssen sind, auch etwa aus Kies (Schotter).

Mit der Entstehungsgeschichte der Kohlenlager hat sich W. Rytz (1923) eingehend beschäftigt. Er erklärte sie als interglaziale Torflager, in der Regel aus Flachmooren entstanden. Die Unterlage der Flöze ist meist Gyttja, in der auch Nüsse von Trapa natans gefunden wurden (ssp. subcoronata und muzzanensis), ferner Reste von Schoenoplectus lacustris, Nymphaea alba, Potamogeton natans. In den Gyttjalagern fand Rytz an mehreren Stellen sehr individuen- und artenreiche Populationen von Diatomeen. Er bestimmte insgesamt 135 Arten (vgl. die Aufzählung, loc. cit. 1923). Nach oben folgen auf die Gyttja Bruchwald-

torfe und mächtige Schichten von Schilf- und Radizellentorfen. Ebenso sind die Schwemmtorfe reichlich entwickelt, mit viel Holz und Rindenresten von Betula, Alnus (nach Rytz, 1923, S. 81, hatten Betula und Alnus den Hauptanteil an der Vegetation zur Zeit der Bildung der Gondiswiler-Schieferkohlen), Pinus (nachgewiesen silvestris und mugo ssp. uncinata), Picea. Stellenweise waren reichlich Nüsse von Corylus avellana vorhanden. Vereinzelt wurden auch Reste von Quercus, Abies, Taxus (Samen), Salix (Blätter cf. caprea), Betula nana (wenige Früchte und Fruchtschuppen im Schwemmtorf der unteren Teile eines Profils), Vaccinium vitis idaea (Blätter), Sporen von Dryopteris thelypteris und Lycopodium inundatum gefunden. (Vgl. die Zusammenstellung der Fundliste in Tab. 4—6). Die Radizellentorfe gehen oft oben in Moostorf oder Sphagnumtorf über, die auch Reste von Scheuchzeria palustris und Eriophorum vaginatum einschließen. Doch sind die Hochmoorbildungen wenig ausgedehnt, was Rytz auf eine immer wiederholte Überflutung durch Flußwasser zurückführt. Infolge der Überschwemmungen bildeten sich die zwischenlagernden Gyttja-Lehm- oder Sandschichten. Als Schlußglieder der Vegetationsentwicklung traten nach Rytz Betula-Pinus-Wälder und schließlich eine tundraähnliche Vegetation auf, die von den mehr und mehr überhandnehmenden mineralischen Einschwemmungen zugedeckt wurde.

Die geologische Deutung des ganzen Sedimentationskomplexes ist in verschiedener Weise versucht worden. Daß er diluvial ist, erscheint sicher. Es wurde eingewendet, die Kohle sei zu wenig hart, verglichen mit derjenigen anderer diluvialer Fundstellen. Gerber erklärt dies, offensichtlich in zutreffender Weise, mit der relativ schwachen Pressung durch Eis und überlagernde Gesteinsschichten. Für den, der unsere Schieferkohle kennt, erhebt sich kein Zweifel, daß die Gondiswilerkohle ihr zuzurechnen ist. Sie ist übrigens so hart, daß man auch im frischen Zustand die Proben nicht mehr mit dem Messer herausschneiden kann. Wie wir sehen werden, gibt die Pollenanalyse völlige Sicherheit über das diluviale Alter.

Die genauere Einordnung in die pleistozänen Ablagerungen macht Schwierigkeiten. Es ist weder eine unterliegende noch eine überliegende Moräne mit Sicherheit festgestellt. Einzelne Kristal-

linblöcke, die Gerber in Fuchsmatt und Zell im Überliegenden fand, geben keinen Beweis für Moränenbedeckung. Sie können vom Wasser hergebracht oder von den benachbarten, steil abfallenden Hängen herabgerutscht sein; denn zur Zeit der stärksten Vergletscherung war das ganze Gebiet unter dem Eise begraben. Gerber hält denn auch in seiner zusammenfassenden Arbeit vom Jahre 1923 seine frühere Ansicht, auf den Schieferkohlen liege Moräne, nicht mehr aufrecht. Der unterliegende blaue Lehm dagegen macht den Eindruck einer glazialen Bildung.

Die Bildung der Schieferkohlen wird durch Gerber in die Rißeiszeit verlegt. Er gelangt zu nachfolgender Deutung der Ereignisse: Wie F. Mühlberg unterteilt er die Rißeiszeit in 2 Eiszeiten, nimmt aber im Gegensatz zu Mühlberg an, in Riß I hätte der Gletscher seine größte Ausdehnung erreicht. Damals und nur damals überdeckte er auch das Gebiet der Schieferkohlenlager, wenngleich vermutlich nur für kurze Zeit. Die Hochterrassenschotter waren bereits früher, zur Zeit des ersten Vorstoßes des Rißgletschers, abgelagert worden. Als der Rhonegletscher zu Beginn von Riß II wiederum vorrückte, verstopfte er der Emme ihren Weg, so daß sie, wie bereits in Riß I, ihren Weg durch das Tal von Huttwil gegen Zell und Gettnau suchte. In dieses träge fließende Gewässer ergossen sich von der rhodanischen Eisfront im Norden die Gletscherbäche, und von Süden her die Napfgewässer. Sie brachten viel Schutt und Schlamm, der stauend wirkte und dadurch die Moorbildung anregte, auch die entstandenen Torflager immer wieder überführte. So entstanden in unregelmäßiger Verteilung die Lager der Schieferkohlen. Langsam verschlechterte sich mit dem Vorrücken des Gletschers das Klima; zur Zeit des Hochstandes der Vergletscherung verschwand der Wald, und Tundra breitete sich aus.

Die Schieferkohlenbildung soll also im wesentlichen in der Eiszeit erfolgt sein, vom Beginn der Abstauung der Emme bis zum Maximum der Eisausbreitung. Diese Zeitspanne ist aber wahrscheinlich viel zu kurz, um die gewaltigen Torfbildungen zu ermöglichen. Und als der Gletscher bis Langenthal reichte und die Emme in das Gondiswilertälchen abdrängte, war sicher schon Volleiszeit. In der Würmzeit gelangte er ja zur Zeit der maximalen Ausbreitung nicht einmal bis Langenthal. Genau genommen

wäre nach dieser Auffassung die ganze Schieferkohlenbildung volleiszeitlich. Gerber räumt allerdings die Möglichkeit ein, daß die Torfbildung bereits in der Interglazialzeit begann. Dann müssen aber andere Stauungsfaktoren eingesetzt werden.

Zu der Annahme der fortdauernden Klimaverschlechterung während der Bildung der Schieferkohlen scheinen auch Beobachtungen der Biologen zu passen. Rytz kommt zum Schluße, die vorhin skizzierte Entwicklung der Vegetation setze eine ausgesprochene Klimaverschlechterung voraus, die mit der Tundra abschloß. Studer, der die tierischen Funde untersuchte, unterscheidet drei übereinanderliegende Faunen: in den Kohlenflözen eine Wald- und Wasserfauna mit Hirsch, Reh, Elch, Biber, Fischotter und Schildkröte, darüber im Sandlehm eine Weidefauna mit Riesenhirsch, Bison, Pferd und vielleicht Rhinozeros Merckii und schließlich, wieder im Sandlehm, eine Tundrafauna mit Mammuth und Ren.

Neuerdings haben weitere Geologen sich mit der Untersuchung der Lagerungsverhältnisse beschäftigt, wobei vor allem die mächtigen Schottermassen als Beweismittel Beachtung finden, die am Ausgang des Lutherntales und bei Zell abgelagert sind. Sie bilden einerseits eine Terrasse 40—50 m über dem heutigen Talboden, reichen anderseits nach A. Erni bis wesentlich unter ihn hinab. Gerber verlegt ihre Bildung als Hochterrasse an den Beginn von Riß I (Vorstoßschotter). Sie wären also um eine Eiszeit älter als die Schieferkohlen.

A. Erni (Erni, Forcart und Härri, 1943) untersuchte die in diesen Schottern eingeschlossenen Sandlager und Sandlinsen und fand dort reichlich organische Einschlüsse. Die von L. Forcart bestimmten Molluskenreste ergaben eine schöne Mischfauna von ähnlicher Zusammensetzung, wie sie heute in der Umgebung gefunden wird. Von 35 Arten fehlen heute im schweizerischen Mittelland nur 4, von denen eine heute nordeuropäisch-alpin (Ostalpen), eine im östlichen Europa bis Westpreußen-Schwäbische Alp-Wienerwald und zwei in den Ostalpen verbreitet sind.

H. Härri (1943) forschte in diesen Sanden nach Pollen, die sehr spärlich waren. In 16 übereinanderliegenden Horizonten, die sich auf eine Sandschicht von 86 cm verteilen, aber als Einheit

betrachtet werden können, da sie wohl innerhalb relativ kurzer Zeit entstanden sind, fand er folgende Pollen:

Picea	7	Fagus	2 (unsicher)
Abies	9	Quercus	2
Pinus	8	Ulmus	1
Betula	2	Tilia	1
Alnus	1	Hippophaë	2
Corylus	12	Gramineen	2

Dazu kamen viele mikroskopisch kleine Reste von Coniferenholz.

Die pflanzlichen Reste weisen auf gemischte Wälder hin, von etwas anderem Charakter als der heutigen Flora entspricht (reichlich Pinus, Corylus und Eichenmischwald, sehr wenig oder kein Fagus).

Die drei Forscher erklären die Ablagerung der Schotter als interglazial, erfolgt unter Klimaverhältnissen, die den heutigen ähnlich seien. Wie P. Beck (1933) ist Erni der Ansicht, die Schotter seien mit den Schieferkohlen gleichalterig, indem durch ihre Aufschüttung die Täler verstopft wurden und dadurch Aufstauungen entstanden, die zur Bildung von Tümpeln und Torfmooren führten. In den Schottern selber findet Erni (loc. cit. S. 105) keine Spuren von Stauungen oder Deltabildung. Erni und wohl auch Beck (1938, S. 168) verlegen ihre Entstehung in die Zeit vor der größten Vereisung (Hochterrassen-Rinnenschotterbildung; nach Beck gleich der Mühlbergschen Eiszeit und Interglazial R I / R II). Aber sie sind sich bewußt, daß diese Datierung unsicher bleibt, insbesondere weil keine Moränenüberdeckung nachgewiesen werden kann. Erni meint, wenn die Bildung nach der größten Vereisung (nach ihm im Gegensatz zu Gerber R II) entstanden wäre, so müßte in die gleichalterigen Zellerschotter Rhone-Aare-Erratikum eingelagert sein, was nicht der Fall zu sein scheint. Die Frage bleibt offen, und verschiedene Forscher (A. Heim 1922, H. G. Stehelin 1922, A. Penck 1938) betrachten die Entstehung der Kohlenlager im Riß-Würm Interglazial als wahrscheinlich.

Noch eine andere Ansicht vertritt A. Jayet (1949), der die Stätte im Jahre 1948 besucht hat. Er stellt fest, daß die Schotter aus 2 Teilen bestehen mit zwischengeschalteten Sanden. Die Sande mit Fossilien, die Erni und Mitarbeiter untersucht haben,

gehören in diese Zwischenbildung. Die unteren Schotter, die vor der Auflagerung der oberen Sande teilweise aufgearbeitet oder sonstwie in ihrer Lage gestört wurden, sind Riß-Schotter; die zwischenliegenden Sande sind Interglazial Riß-Würm, die oberen Schotter Vorstoßschotter der Würmeiszeit, entsprechen also seiner Auffassung nach der Alluvion ancienne des Genfer-Gebietes. Da Jayet nur ein Interglazial anerkennt, müssen nach dieser Auffassung die Schieferkohlen in das Riß-Würm-Interglazial gestellt werden, gleichalterig mit den zwischen den Schottern liegenden Sandschichten.

Während des zweiten Weltkrieges wurden die Schieferkohlenlager dieses Gebietes wieder in sehr großem Umfange ausgebeutet. Um Pollen zur pollenstatistischen Untersuchung zu sammeln, besuchte ich die Lager wiederholt. Beim Besuch am 4. Oktober 1941 wurde ich von Dr. E. Gerber eingeführt, was ich hier bestens verdanken möchte. Ich entnahm folgende Profile:

a) In der Fuchsmatt, im westlichen Teil der großen Abbauwand (etwa beim Buchstaben *s* von Fuchsmatt der topographischen Karte). Hier hatte das Flöz, dessen Oberkant nach frdl. schriftlicher Mitteilung von Ing. C. Baessler in 627,7 m Meereshöhe lag, eine zusammenhängende Mächtigkeit von 4 m, im folgenden Jahre etwas weiter westlich sogar 6 m, die nur im unteren Teile von einigen ganz schmalen Lehmbändchen unterbrochen wurde (vgl. Abb. 10, 12). Die Kohle war, wie die mikroskopische Durcharbeitung ergab, vorwiegend aus Flachmoor entstanden, mit eingelagerten Sphagnumschichten gegen unten, in der Mitte und vor allem gegen oben hin, wo auch eine große Zahl von Sphagnumsporen gefunden wurde (7,8—8,5 m der Abb. 12). Die Sphagnumreste waren stark zersetzt. Es zeigt sich also die von Rytz hervorgehobene Erscheinung einer wiederholten Überflutung auch im Wechsel von Cyperaceen-Moor und Sphagnum-Moor. Am Grunde ging die Kohlenschicht in Gyttja und dann in bräunlichen Lehm über. Überlagert wurde sie von ca. einem halben Meter Sand mit einem Kohlenschmitz und dann von 6—8 m sandigem Lehm.

b) Ein weiteres Profil wurde weiter östlich, oberhalb Punkt 616 der topographischen Karte entnommen (Abb. 11). Hier war

die Kohlenablagerung nicht so einheitlich. Das Hauptflöz war ca. 280 cm mächtig mit Oberkant in 623,3 m (n. C. Baeßler). Im mittleren und unteren Teil waren einige Lehmbändchen eingeschaltet. Nach unten folgte der Übergang in Gyttja oder dunklen, stellenweise torfigen Lehm, in den viele Hölzer und auch einzelne Schichten von reinem, bläulichem Lehm eingelagert waren. Die tiefere Unterlage war erst im folgenden Jahr aufgeschlossen. Der schwärzliche Lehm besaß eine Mächtigkeit von 130 cm. Unter ihm folgten wiederum 45 cm Kohle, dann noch ca. 55 cm torfig-

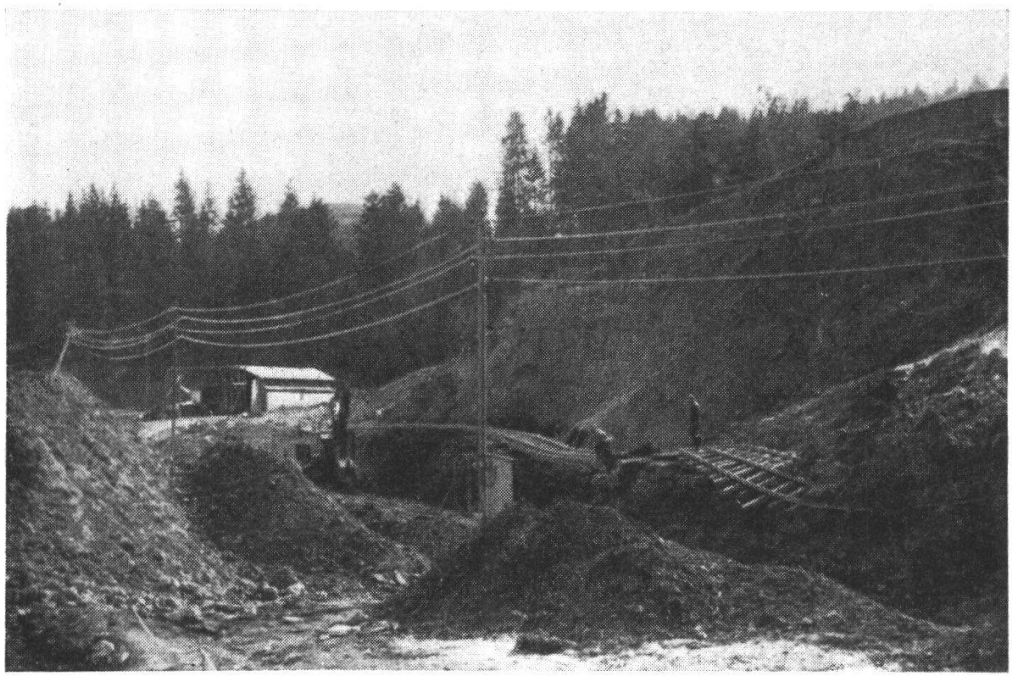


Abb. 11. Schieferkohlenabbau in Gondiswil-Hüswil in der östlichen Fuchsmatt. Unter der Rollbahn das Schieferkohlenlager, darüber mächtige Schichten von sandig-lehmiger Beschaffenheit mit Kohlenbändern, vorn rechts eingestürzt. Phot. W. Lüdi 4. X. 1941.

lehmige Ablagerung (Gyttja), die nach unten langsam in reinen Lehm überging. Über dem Hauptflöz lagerten blausandig-lehmige Schichten mit Bändern von dunklem Mergel und Kohlenbändern von 5—25 cm Dicke (vgl. Abb. 11, 14) in einer Gesamtmächtigkeit von ca. 9 m. Gegen die Oberfläche hin ging der bläuliche Sandlehm in gelblichbraun verwitterte Lehmschichten über.

Im äußersten Ostende der Abbauterrasse, gegen die kleine Bachrunse hin, keilt dieses Flöz aus. Hier lagen unter dem Kohlenkomplex zuerst 15 cm Kies und dann Sand mit flach gepreßten Baumstämmen.

c) Eine dritte Probenserie entnahm ich am 22. Oktober 1945 im Beerenmösli, dem bewaldeten Hange südwestlich der Station Gondiswil, in ca. 643 m Meereshöhe. Hier war eine Reihe von neuen Tiefenbohrungen angelegt worden, um die Ausdehnung der Kohlenlager genauer festzulegen. Der Bohrkern der letzten Bohrung war noch vollständig vorhanden, und ich konnte ihm die Proben entnehmen. Das Profil (vgl. Abb. 13) ergab 2 Kohlenkomplexe, die durch eine 8 m mächtige, sandige (oder kiesig-sandige) Zwischenschicht getrennt sind. Der obere Kohlenkomplex mit oberstem Kohlenband bei ca. 639,80 m Höhe ist stark aufgespalten mit lehmig-sandigen oder sandig-torfigen Zwischenschichten. Der untere Kohlenkomplex besteht aus zwei Teilen, getrennt durch 90 cm lehmig-torfige Zwischenschicht, und die Oberkanthöhe der oberen Kohlenschicht beträgt 626,5 m. Der obere Kohlenkomplex ist überlagert durch 3 m Sand mit etwas Kies. Die unterste Kohle wird unterlagert zuerst von ca. 2,5 m reinem, blauem Lehm und dann bis zum Grunde der Bohrung (ca. 25 m) von sandigem Kies.

Diese drei von mir aufgenommenen Profile illustrieren schön die bereits von Gerber und Rytz hervorgehobene Vielgestaltigkeit in der Ausgestaltung der Kohlenflöze im Gebiet zwischen Hüswil und Station Gondiswil.

Zur Zeit des Besuches im Herbst 1945 fand der bedeutendste Abbau nordwestlich der Station Gondiswil statt. Hier besaß das Kohlenflöz eine Mächtigkeit von ca. 8 m. Es nahm gegen Nordwesten etwas ab und spaltete sich in 2 Teile auf. Die gesamten Moorbildungen waren aber bedeutend mächtiger infolge Überlagerung von dunklem Lehm mit zwischengeschalteten Kohlenbändern. Insgesamt machte der ganze Kohlenkomplex mindestens 15 m aus. Nach unten war er zur Zeit meines Besuches noch nicht bis zum Grund aufgeschlossen, und leider konnte eine geplante spätere, genaue Untersuchung nicht ausgeführt werden.

Wir untersuchten die Profile a und c sowie die Kohlenbänder oberhalb des Hauptflözes in Profil b auf ihren Pollengehalt.

Pollendiagramm des Profils a, Abb. 12: Es zeigt die wechselnde, typische Dominanz von Picea und Pinus. Eine sehr pollenarme Schicht mit ausgesprochener Betula-Dominanz in 10,20 bis 10,30 m Tiefe (hier auch 1 Hippophaë-Pollen) bei starkem Rück-

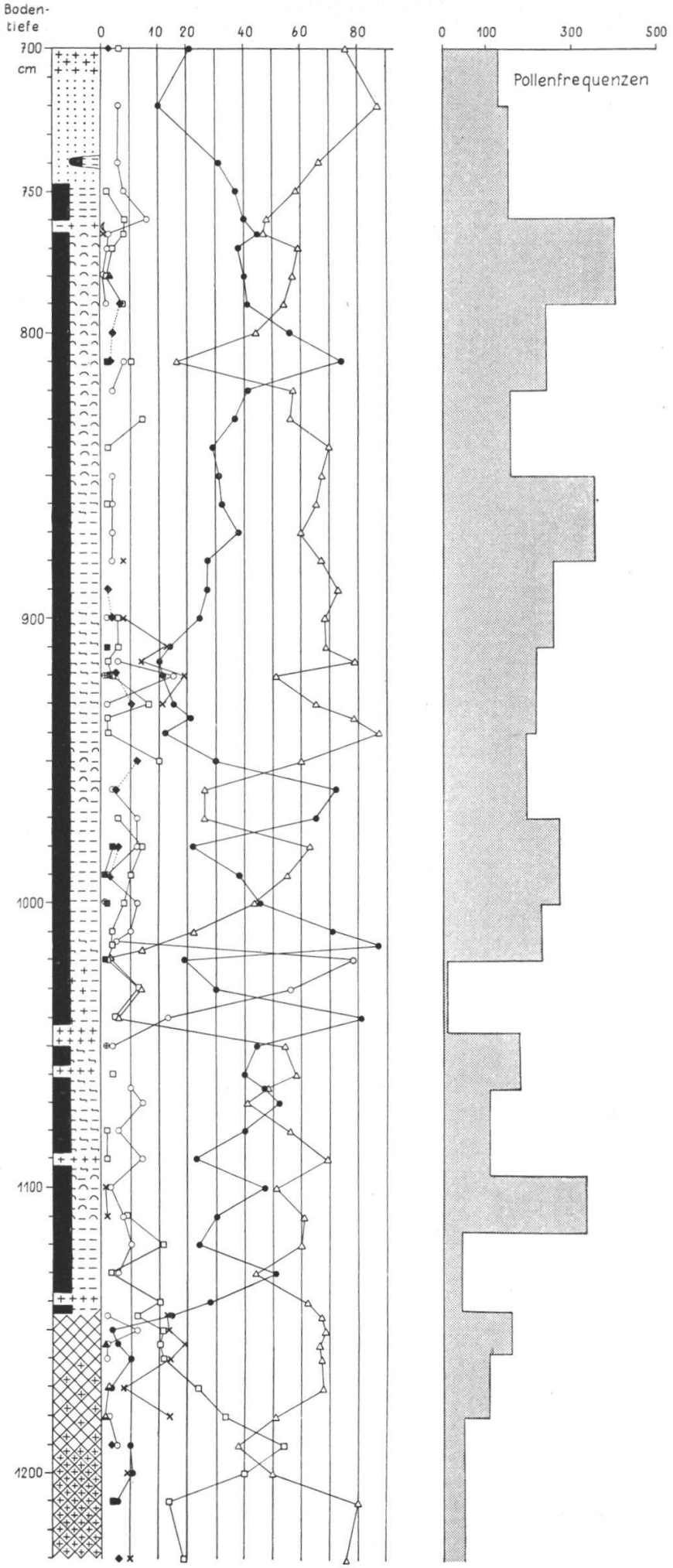


Abb. 12. Pollendiagramm des Kohlenflözes Fuchsmatt bei Gondiswil-Hüswil (Profil a, I in Abb. 9).

gang von Pinus und beinahe völligem Aussetzen der übrigen Pollen, teilt das Diagramm in einen oberen und einen unteren Teil. Der untere Teil hat sehr schwankende, im allgemeinen kleine Pollenfrequenz, der obere Teil gleichmäßigere und größere. Der untere Abschnitt des Diagrammes beginnt mit Picea-Dominanz, Alnus-Subdominanz, zeitweilig starker Abiespollenzahl (bis 20%) und einzelnen Corylus, Ulmus, Carpinus, Fagus. Pinus ist sehr sparsam vorhanden, fehlt sogar in einzelnen Horizonten. Beim Übergang von der Gyttja zur Kohle steigt die Pinuskurve steil an zur Subdominanz oder Dominanz, und die Betulakurve wird zusammenhängend, während Abies, Alnus und die übrigen Laubhölzer mehr oder weniger verschwinden.

Oberhalb der Betuladominanz tritt wieder eine ähnliche Folge von Spektren auf, wie unterhalb. Picea kommt nach einigem Schwanken zu lange dauernder Dominanz und Pinus tritt vorübergehend sehr zurück, während Abies bis auf 20% ansteigt, und reichlich Alnus, etwas Corylus, vereinzelt Ulmus und Quercus auftreten. Im oberen Drittel des Diagrammes verschwindet Abies wieder, Alnus und Corylus werden spärlich, während Pinus vorübergehend dominiert und Betula etwas häufiger wird. Immerhin endigt das Diagramm oben mit einer ausgesprochenen Dominanz von Picea. Je ein Carpinus, Acer und Castanea-Pollen wurden in diesen Schichten gefunden. Pollen von Krautpflanzen war im ganzen Profil spärlich, nie mehr als einige Prozent, am reichlichsten in einem Birkendominanz-Horizont und im darunterliegenden Horizont mit Föhrendominanz (5 resp. 10%).

Picea zeigte einen kleinen und einen großen Pollentyp. In Analogie zu Mörschwil (vgl. S. 103) vermuteten wir unter dem kleinen Pollentyp den Picea omorica-Pollen und haben eine Anzahl Messungen aus verschiedenen Tiefen des Profils vorgenommen (in 40, 275, 375, 480 cm Profiltiefe). 61 gezählte Piceapollen setzten sich aus 31 kleinen und 30 großen zusammen. Die großen Pollen dominierten in 275 und 480 cm Tiefe, die kleinen in 375 cm Tiefe. In 40 cm waren beide Typen ungefähr gleich häufig. Die mittlere Luftsackhöhe der großen Pollen war 71 μ, die der kleinen 50 μ (KOH - Präparate). Die geringste gemessene Luftsackhöhe der großen Pollen war 63 μ, die größte der kleinen Pollen 60 μ. Überschneidungen kamen also nicht vor. Sehr wahr-

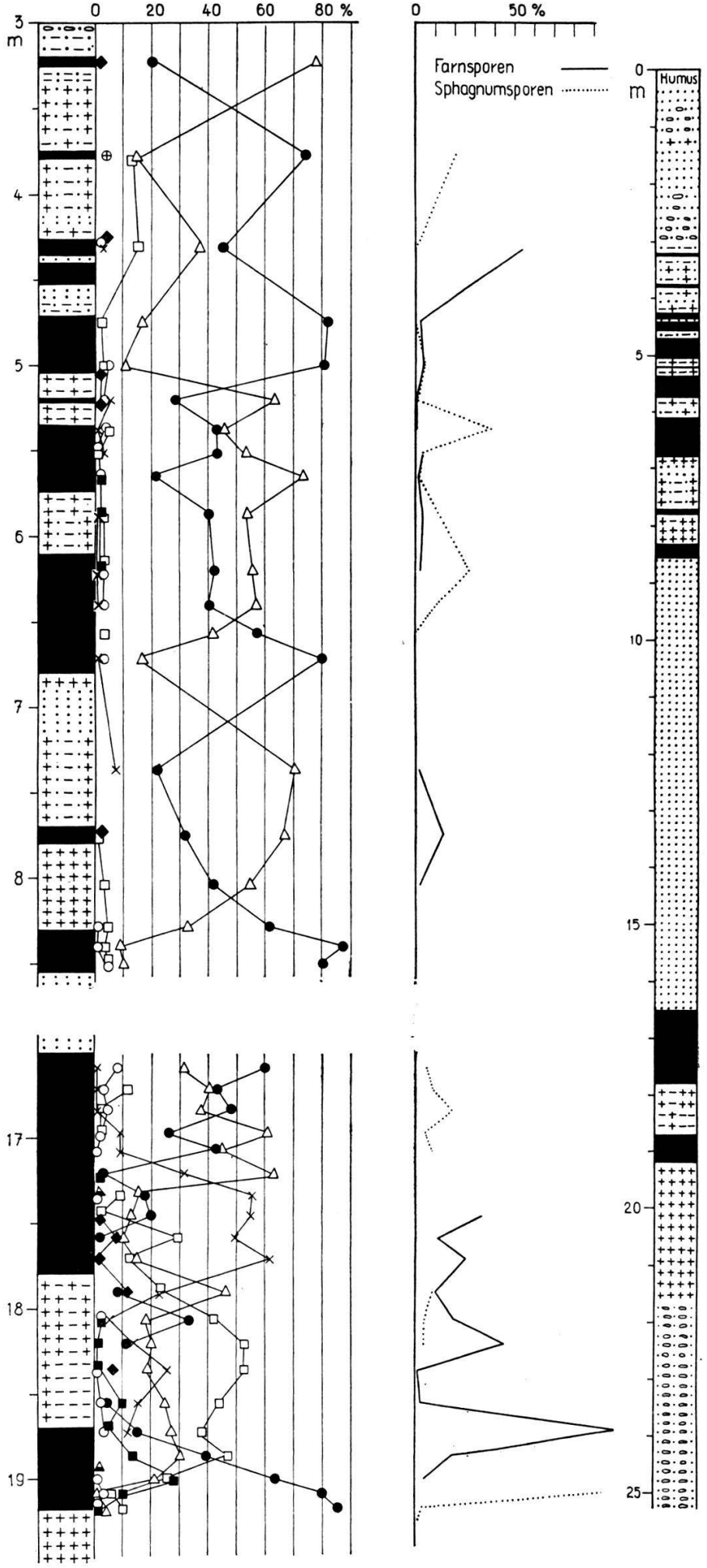


Abb. 13. Pollendiagramm des Schieferkohlenkomplexes im Beerenmösli bei Gondiswil-Hüswil (Profil c, III in Abb. 9). Rechts ist das ganze erbohrte Profil im richtigen Maßstab dargestellt.

scheinlich liegt auch hier der Picea omorica-Typ vor. Kleine Picea-Zapfen sind mir wiederholt (schon 1920) aufgefallen, ohne daß sie genau untersucht wurden.

Das Diagramm von Profil c, Abb. 13: es zerfällt in zwei sehr verschiedene Teile, entsprechend den beiden durch die mächtige Sandschicht getrennten Kohlenkomplexen. Der untere Teil beginnt zwar mit ausgesprochener Pinusdominanz. Doch fällt die Pinuskurve rasch ab und verschwindet zeitweise aus dem Spektrum, während zuerst Alnus, dann kurz Picea und dann Abies dominiert. In diesen Horizonten (auch denen mit Pinusdominanz) fanden wir ziemlich viele Corylus, Ulmus (insgesamt 35), Quercus (11), Tilia (9), einige Fraxinus (4), Carpinus (3), Acer (1). Im oberen Teil dieses untern Kohlenkomplexes kommt Picea zur Dominanz und schließlich Pinus, während die wärmeliebenden Gehölze bis auf ein Minimum zurückgehen, Betula aber in geschlossener Kurve auftritt.

Der obere Kohlenkomplex beginnt mit einer ausgesprochenen Pinusdominanz bei ganz spärlichen Werten aller anderen Arten. Dann erhebt sich die Piceakurve, und der ganze obere Teil des Spektrums zeigt Dominanzen von Picea und Pinus, während alle anderen Arten unter 10% bleiben. Immerhin bilden Alnus und Abies zeitweise zusammenhängende Kurvenstücke. Corylus-, Quercus-, Carpinus-, Acer-Pollen fanden sich vereinzelt. Das Diagramm endigt oben ebenfalls mit einer ausgesprochenen Piceadominanz. Die Pollenfrequenzen waren mittel bis klein. In diesem Diagramm fanden sich Pollen von Krautpflanzen nur vereinzelt, in wenigen Horizonten, sozusagen alles Gramineenpollen. Sphagnum- und Farnsporen waren in manchen Abteilungen des Profils sehr reichlich (vgl. Abb. 13). Es ergibt sich, daß am Grund des Profils im Kohlenmoor eine Entwicklung zum Sphagnummoor einsetzte, die durch Überschwemmung abgebremst wurde, aber immer wieder aufkam, trotz der neuen Überführungen mit lehmiger Substanz.

Die im *Profil b* oberhalb des Hauptflözes im Sandlehm liegenden, schmalen Kohlenschichten (vgl. Abb. 14) ergeben eine andauernde Picea-Dominanz mit Pinus-Subdominanz und geringen Schwankungen. Daneben fanden sich verstreut in der unteren Hälfte einzelne Pollen von Quercus, Ulmus, Corylus, Betula, Sa-

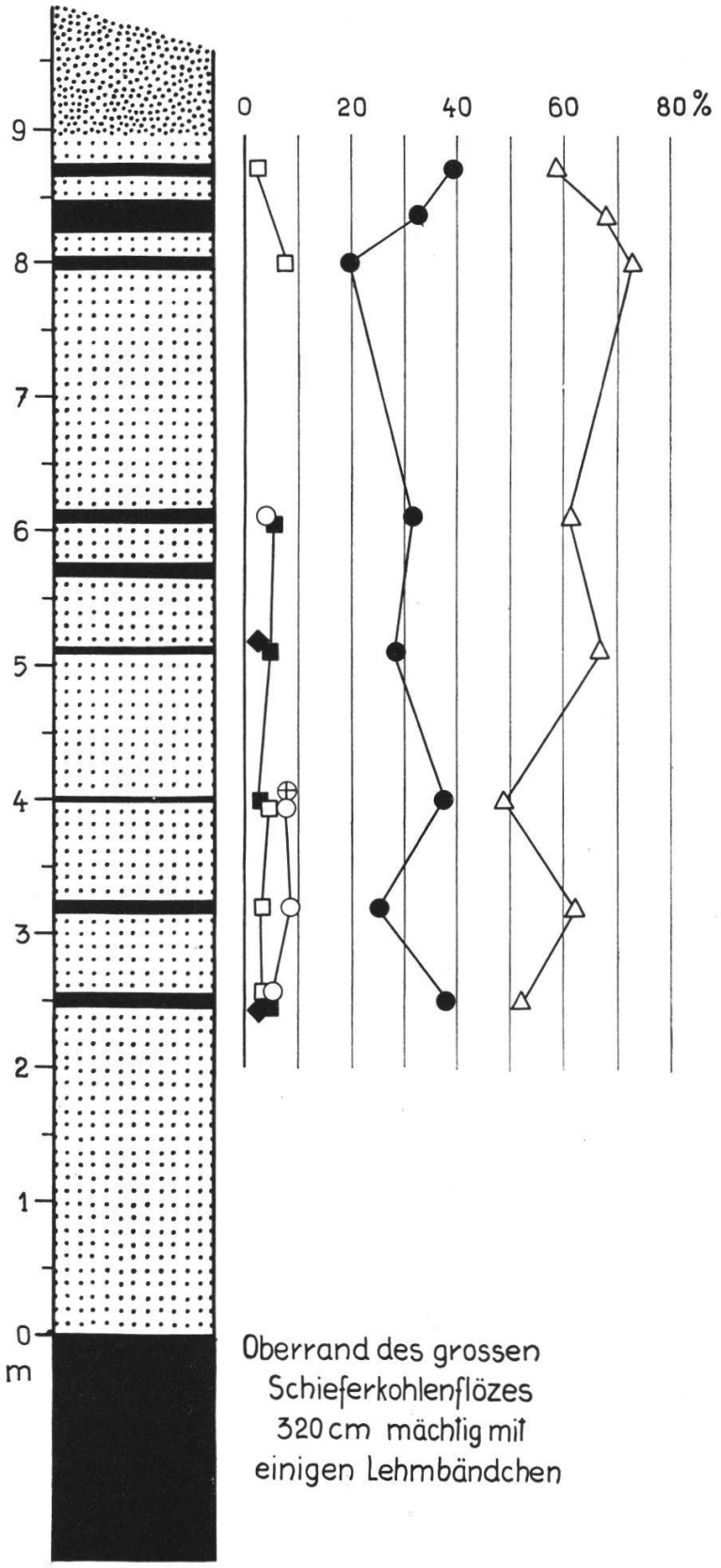


Abb. 14. Pollendiagramm der über dem Hauptflöz liegenden Kohlenschichten in der östlichen Fuchsmatt bei Gondiswil-Hüswil (II in Abb. 9).

lix, in der oberen nur Alnus. Die Pollenfrequenz war klein, so daß für die einzelnen Spektren nur zwischen 24 und 89 Gehölzpollen gezählt wurden. Nichtbaumpollen fehlten sozusagen ganz. Einige Farnsporen und Sphagnumsporen waren unregelmäßig verteilt.

Vergleich der Diagramme a und c. Beide umfassen mit Sicherheit den ganzen bekannten Schieferkohlenkomplex samt den anstossenden Schichten. Laut einer schriftlichen Mitteilung von Ing. C. Baeßler wurden in der Fuchsmatt unterhalb der untersuchten Schieferkohlenschichten bei verschiedenen Tiefenbohrungen keine weiteren Kohlen gefunden. Die Bohrung Beerenmösli reicht mit ihren 25 m Tiefe bis auf 618 m hinab, also bis unterhalb der Talsohle, die an dieser Stelle auf ca. 620 m liegt. Es erscheint möglich, die beiden Diagramme auf einander abzustimmen, obschon eine größere Verschiedenheit in der Ausbildung der zeitlich übereinstimmenden Abschnitte vorhanden ist, als sie eigentlich bei der Entfernung der beiden Probeentnahmestellen von nur 1 km zu erwarten wäre. Die Birkenzeit des Diagrammes a wird mit dem Unterbruch zwischen unterem und oberem Komplex in Diagramm c parallelisiert. Unterhalb ist in beiden Diagrammen ein ähnlicher Zyklus festzustellen, bei ungleicher Länge der einzelnen Abschnitte: Alnus-Picea-(Abies-) Zeit → Abies-Picea-Zeit (im einen Fall mit dominanter Abies im anderen mit dominanter Picea) → Picea-Pinus-Zeit → Pinus-Picea-Zeit. Oberhalb der Haupttrennungslinie kommt zuerst eine Pinusdominanz und dann in jedem der beiden Diagramme ein zweimaliger Wechsel von Pinusdominanz und Piceadominanz. Bei beiden Diagrammen ist hier in der mittleren Piceazeit ein mehr oder weniger stark ausgeprägtes Auftreten von Abies und anderen wärmeliebenden Pollen. Oben endigen beide mit Picea-Dominanz.

In Diagramm c ist unten noch eine Föhrendominanz vorhanden, die in a fehlt. Vielleicht reicht das Profil c etwas weiter zurück als das andere.

Das kleine Diagramm mit den Deckschichten des Profils b schließt sich zwangslos an das Oberende der Diagramme a und c an oder gliedert sich dem obersten Teil des Diagrammes a ein, das ihm auch räumlich benachbart ist.

Das Waldbild, das uns die Diagramme vermitteln, ist das von ausgesprochenen Coniferenwäldern während der ganzen Schieferkohlenzeit, meist Picea und Pinus in wechselnder Dominanz. In der älteren Zeit geht die Föhre zurück bis zum Verschwinden, was angesichts der großen Pollenerzeugung sowie der leichten Flugfähigkeit dieses Pollens und seiner großen Widerstandskraft gegen Zersetzung sicher recht bedeutsam ist. Dazu kommt die starke Ausbreitung der Tanne und der Erle, der relative Reichtum an Pollen der Edelgehölze. Der Wald hatte in diesem Zeitpunkt die reichste Ausbildung, die stärkste Annäherung an den Wald der Gegenwart, wenn wir vom Fehlen der Buche absehen. Heute ist im Gebiet herrschend ein Abies-Faguswald, mit spärlichen Edelgehölzen und starkem Einschlag der Fichte. Die Alnusgehölze sind vermutlich in der damaligen Zeit auf das sumpfige Gelände oder den wasserzügigen Boden in der Nähe der Bäche beschränkt gewesen, wie dies heute der Fall ist. Später wurde die Waldzusammensetzung ungünstiger. Die wärmeliebenden Arten gingen zurück und verschwanden aus der Nähe, und schließlich blieb ein Birken-Föhrenwald, der im Diagramm a schön belegt ist, im Diagramm c in seiner extremen Ausbildung vermutlich in die Zeit der mächtigen Kieseinlagerung fällt. Später verbesserte sich die Waldzusammensetzung wieder, namentlich indem die Fichte aufkam und vorherrschte. Vorübergehend traten die mehr Wärme beanspruchenden Arten, besonders Abies, wieder auf, ohne aber eine so starke Verbreitung zu erreichen wie in der älteren Zeit. Mit kleineren Schwankungen hielt sich dieser Zustand bis zum Ende der Schieferkohlenzeit.

Auswertung der Pollenanalysen für die Klimaverhältnisse. Die Pollenspektren und das daraus entwickelte Waldbild sprechen für ein gemäßigtes Klima während der Schieferkohlenzeit, das vermutlich einen kühl-kontinentalen Charakter aufwies (Kombination von Pinus und Picea). Sicher war es in älterer Zeit, als die Abies- und Erlenbestände so gut gediehen und Pinus wenig verbreitet war oder fehlte, klimatisch günstiger als später, wahrscheinlich wärmer und feuchter. Das wird auch durch den Fund der wärmeliebenden Trapa in diesen alten Schichten bekräftigt. Der Birkengipfel zwischen dem älteren und jüngeren Diagrammteil und die ihm parallel gehenden Verumständungen (Verschwin-

den der wärmeliebenden Gehölze, Auftreten von Hippophaëpollen, sehr geringe Pollenfrequenz, größerer Anteil der Krautpollen) deuten auf eine ganz ausgesprochene Klimaverschlechterung hin. Es dürfte sich um einen Gletschervorstoß bis in die Nähe handeln. Für eine umwälzende Veränderung in dieser Zeit spricht die mächtige Einschwemmung von Sanden im Profil des Beerenmösli. Vermutlich ist die weitgehende Trennung von unterem und oberem Flözkomplex im Gebiet, die besonders in der Nähe des heutigen Talbodens und im Zellertälchen vorhanden ist (vgl. die Profile von Gerber, 1923), mit der gleichen Ursache in Verbindung zu bringen. Dann trat nach oben hin wieder eine ausgesprochene Klimaverbesserung auf; doch scheint das obere Klimaoptimum etwas hinter den unteren zurückzubleiben. Vielleicht entsprechen auch die wiederholten Dominanzwechsel zwischen Picea und Pinus zum Teil kleineren Klimaschwankungen.

Das untere Ende von Diagramm a gibt keinen Anlaß, klimatisch ungünstige Verhältnisse anzunehmen; eher dürfte das für die Föhrenzeit am Grunde von Diagramm c der Fall sein. In dem blauen Lehm unter dem Ende des Diagrammes konnten nur einige Föhrenpollen gefunden werden. Dann müßte aber eine sehr rasche Besserung eingetreten sein, entsprechend der Zunahme von Alnus, Abies und besonders der Gehölze des Eichenmischwaldes, die hier ihren Maximalwert erreichen. Ebenso liegen die oberen Enden aller drei Diagramme mit ihren Piceadominanzen noch ganz innerhalb der Grenzen eines Waldklimas, vermutlich kühler als in der Gegenwart, aber doch keineswegs eiszeitlich. Die von W. Rytz und Th. Studer (1923) geäußerte Ansicht, daß gegen das Ende des Schieferkohlenkomplexes eine allgemeine Klimaverschlechterung eingetreten sei und zuletzt eiszeitliche Verhältnisse geherrscht hätten, wird durch die Pollenanalyse nicht bestätigt. Es ist aber zu vermuten, daß die Daten, die zur Aufstellung dieser Hypothese geführt haben, im wesentlichen über dem unteren Flözkomplex gesammelt worden sind, der am weitesten gegen den heutigen Talboden vorspringt und in erster Linie ausgebeutet worden ist. Hier würden eiszeitliche Verhältnisse auch nach den pollenanalytischen Funden ihren Platz finden.

Eine *Datierung der ganzen Ablagerung* kann auch die Pollenanalyse nicht geben. Unsere Diagramme sagen nur, daß die Bil-

dung des Schieferkohlenkomplexes in der Interglazialzeit erfolgt sei, vielleicht am Ende einer Eiszeit einsetzte und vermutlich in der Mitte durch eiszeitliche Vorgänge gehemmt worden ist. Der Aufbau der Kohlenlager kann sich also auf zwei Interglaziale, die durch eine Eiszeit getrennt wurden, verteilen oder möglicherweise auf ein einziges Interglazial mit einer starken Klimaschwankung beschränkt sein. Jedenfalls erforderte die Bildung der ganzen Ablagerung einen bedeutenden Zeitraum. Oswald Heer hat in seinem Werk über die Urwelt der Schweiz (S. 486, 2. Aufl.) für die Bildung von 3.75′ Schieferkohle (Dürnten) eine Bildungszeit von 2400 Jahren berechnet, indem er pro Jahr die Bildung von 3 mm Torf und eine Kohlenstoffproduktion im Moor von 15 kg pro Juchart und Jahr annahm. Das macht pro Jahr ca. 0,5 mm Schieferkohlen aus, was in der Größenordnung ungefähr unseren Anschauungen entsprechen dürfte und wahrscheinlich eher zu hoch ist. Die Flözmächtigkeit beträgt in unseren beiden analysierten Profilen ungefähr 4 m, was eine Bildungszeit von rund 8000 Jahren beanspruchen würde [1]. Dazu kommen noch die unterliegenden resp. eingeschalteten, semiorganischen Schichten und mineralischen Einlagerungen, so daß wir, auch bei der unwahrscheinlichen Annahme, daß keine Ruheperioden und keine Zeiten der Abtragung eingeschaltet waren, auf einen Zeitraum von mindestens 10 000 Jahren für die Entstehung des ganzen Schieferkohlenkomplexes kommen, das heißt, etwa den gleichen Zeitraum, wie er seit dem Ende der letzten Eiszeit verflossen ist.

Zum *Problem der Genese des Schieferkohlenkomplexes* können unsere pollenanalytischen Untersuchungen zwar einen schönen Baustein liefern aber nichts Entscheidendes beitragen. Die pollenanalytische Untersuchung hat wahrscheinlich gemacht, daß die Bildung der Schieferkohlen in zwei sich folgenden Zeiten mit interglazialem Klima erfolgte. Die heutigen, sehr auseinandergehenden Auffassungen der Geologen, die in der Einleitung zum vorliegenden Abschnitt dargelegt sind, werden dieser neuen Erkenntnis nicht gerecht.

Das Tälchen, in dem die Schieferkohlen liegen, ist ein Dilu-

---

[1] Die noch größeren Mächtigkeiten der Schieferkohle finden sich nur sehr lokal, «nestartig», und sind wohl zur Hauptsache auf Zusammenschwemmung organischen Materials zurückzuführen (Schwemmtorfe).

vialtal, das seine Gestaltung in bestimmender Weise als Gletscherrandtal erhielt. Es diente sowohl dem Abfluß des Gletscherwassers, als auch den Bächen aus dem Napfgebiet, einschließlich der Emme, ähnlich wie weiter nordwestlich das Tal von Wynigen, das einem wesentlich weniger weitreichenden Gletscherstand entspricht. Wenn dieses Tal später versumpfte und sich Ablagerungen häuften, die eine Mächtigkeit von 20 m und mehr erreichten, so konnte dies nur unter der Voraussetzung intensiver Stauungen geschehen. Der ganze Aufbau der Sedimentationen zeigt, daß die Stauung nicht plötzlich erfolgte, sondern sukzessive immer höher stieg. Sie kann hier entstanden sein durch orogenetische Dislokationen, durch den Gletscher, der den Hang abschloß, durch Bäche, die Schutt häuften.

Erdkrustenbewegungen zur Erklärung der Sedimentationsvorgänge beizuziehen, erscheint uns nicht gegeben, da wir über solche nichts wissen, und sie kaum so lokal, gerade in der gewünschten Weise vor sich gegangen wären. Stauungen durch den Gletscher dagegen sind sicher eingetreten in der Rißeiszeit, als der Rhonegletscher sich in das untere Aaretal hinaus ausdehnte, sich dort mit dem Aare-Reußgletscher vereinigte und damit die Bäche aus dem wenig vergletscherten Napfgebiet absperrte. Parallel dazu ging die Absperrung der Emme und der Langeten von ihrem heutigen Unterlauf, so daß es sehr wahrscheinlich ist, daß sich diese Flüsse den Weg zeitweilig durch das Tälchen von Huttwil gegen Willisau hin suchten. Dieser Vorgang kann sogar während der beiden Rißeiszeiten zweimal eingetreten sein.

In der Würmeiszeit sind solche Stauungen für unser Gebiet aber nicht mehr zu erwarten. Der Rhonegletscher reichte nur bis Herzogenbuchsee, so daß auch Emme und Langeten den Abfluß unter Umgehung des Huttwil-Willisautales finden konnten. Der Reußgletscher dagegen, der bis in das Becken von Wauwil reichte, kann möglicherweise vorübergehend bei Gettnau (540 bis 550 m) auf die Luthern etwas stauend gewirkt haben. Eine leichte Stauung in dieser Gegend reichte aber kaum bis nach Zell und Gondiswil hinauf, wo der Talboden bereits 40—60 m höher liegt, die obersten Kohlenflöze 70—80 m höher.

Als Erreger von lokaler Stauwirkung kommt vor allem die Luthern in Betracht. Sie hat auch bei der Vereinigung mit dem

Rothbachtal und bis nach Zell hinunter gewaltige Schottermassen aufgehäuft, die bis in ca. 650 m Höhe reichen, also völlig genügen, um die Schieferkohlensümpfe aufzustauen. Doch ist eine solche Häufung von Schotter nur denkbar, wenn der Abfluß aus dem Tale genügend hoch gestaut wird, wozu dem Anscheine nach in erster Linie der Gletscher in Frage kommt. Daraus ergibt sich nachstehende Möglichkeit der Aufbau-Dynamik:

In der Vorrißzeit wird das Tälchen Huttwil - Zell - Gettnau, parallel mit der allgemein tiefgehenden Eintalung in dieser Zeitperiode, zu unbekannter Tiefe erodiert. Als der Rhonegletscher später bis zum Maximalstand vorstieß, überdeckte er das ganze Gebiet mit Eis und etwas Grundmoräne, sperrte aber zugleich bei Willisau den Ausfluß aus dem Tal mit seinen Moränen ab. Die Eisüberdeckung des Gebietes dauerte wahrscheinlich nur kurze Zeit und beim Rückzug bildete sich ein glazialer Stausee. Entsprechend dem glazialen Klima wurden keine wesentlichen organischen Absätze gebildet, wohl aber ergossen sich die Bäche der Umgegend, besonders die Luthern, in den See, vermutlich auch während längerer Zeit die Emme und häuften ihre Schuttmassen. Es bildeten sich bei der Einmündung der Bäche Schotterlagen, in den zwischenliegenden Gebieten blaue Lehme oder Sandlehme. Da die Schuttmassen ungleich verteilt waren, entstand eine unregelmäßige Landoberfläche. Als das Eis zurückging, senkte sich auch der allgemeine Wasserspiegel ab. Aber in den durch die Aufschüttung entstandenen Depressionen hielt sich das offene Wasser in kleinen und großen Tümpeln. Da die Hauptauffüllung vermutlich da erfolgte, wo Langeten und Emme von Westen, die Luthern von Süden her in den See einmündeten, so hielt sich am Ausgang des Zellertälchens, im Hüswilerabschnitt des Haupttales und im Gondiswilertal eine verhältnismäßig große Wasserfläche. Hier setzte jetzt Verlandung ein. Von den umliegenden Hängen wurde Feinschutt eingeschwemmt; Pflanzen siedelten sich an und bildeten auf dem festen Land Wälder; im Wasser entstand Gyttja und später Torf. Torf konnte sich auch an flach geneigten Hängen bilden. Es ist anzunehmen, daß Luthern und Rothbach auf ihren eigenen Ablagerungen flossen und infolgedessen von Zeit zu Zeit Überschwemmungen anrichteten, die wir heute als Lehm- oder Gyttjabänder im Schieferkohlenkomplex finden. In der Nähe

der Mündung bildete die Luthern auf den Schottern die mollusken- und pflanzenhaltigen Sande, die Erni und Jayet untersucht haben. Langsam erodierten die Bäche einen Teil der Schuttmassen, und es entstand ein neuer Talboden. Die einen Tümpel verlandeten früh, andere spät; sie lagen auch auf ungleicher Höhe, entsprechend den Ungleichheiten der Auffüllung. Das war das Bild von Landschaft und Vegetation, wie es uns durch den unteren Schieferkohlenkomplex vermittelt wird.

Das Eis rückte ein zweites Mal ins Vorland und wiederum wurde die Luthern aufgestaut, kaum viel höher als das erste Mal. Es wiederholte sich der gleiche Vorgang: Ablagerung von Geröll, Sand und Lehm, dem vermutlich vielerorts beim Aufstau ein Abtrag der interglazialen Bodenoberfläche vorausging. Das sind die Schichten mit den Resten von Tundratieren. Die Schotterterrassen erhielten ihre heutige Höhe. Lokal scheint diese Ablagerung zu fehlen (so in unserem Profil a), was sich vielleicht damit erklären läßt, daß hier Wasser durchfloß und die Sedimentation bis zum Ende der Eiszeit hinderte oder abgelagertes Sediment später wieder entfernte.

Bei der Klimaverbesserung am Ende der Eiszeit setzte von neuem die Überwachsung des festen Bodens, die Verlandung der Depressionen ein. Es bildete sich der obere Schieferkohlenkomplex, wiederum mit sandig-lehmigen Einlagerungen, die besonders in unseren Profilen b und c (Abb. 13, 14) ein großes Ausmaß annehmen.

Die letzte Eiszeit schließlich wirkte sich nicht mehr stark aus. Sie begünstigte jedenfalls die Überführung der Talhänge mit Sand und Lehm, der die Schieferkohlenkomplexe endgültig zudeckte. Dieser Vorgang hat sich durch die kleinen Hangbäche bis in die Nacheiszeit fortgesetzt. Zu gleicher Zeit gruben sich die großen Bäche wiederum in die Schuttmassen der Talmitten ein und räumten sie langsam aus, bis zum heutigen Zustand. Emme und Langeten kamen seit der Aufhöhung der Schottermassen auf das heutige Niveau nicht mehr ins Tal. Die von Gerber als Hochterrassenschotter kartierten Ablagerungen der Wasserscheide am Taleingang östlich von Huttwil erreichen mit 672 m ein ungefähr gleich hohes Niveau, wie die große Schotterterrasse auf der linken Talseite hinter dem Ausgang des Lutherntales.

Nach dieser Darstellung hätte die Bildung der Schieferkohlen unter zwei malen stattgefunden, in den Interglazialzeiten Riß I-Riß II und Riß II-Würm. Sie wird für das engere Talgebiet den festgestellten Erscheinungen im wesentlichen gerecht.

Wir können uns auch fragen, ob nicht eine einmalige glaziale Aufstauung des Tales genüge, um die Erscheinungen zu erklären. Dies scheint mir möglich zu sein unter der Annahme, daß nach dem Rückgang der eiszeitlichen Verhältnisse, also im Interglazial, die Luthern sich nicht oder nur sehr wenig in ihre Schotterunterlage einerodierte, so daß sie bei der Rückkehr eiszeitlicher Verhältnisse ohne Aufstauung von außen her imstande war, die oberen Schotter auf die unteren abzulagern, resp. die anstoßende Landschaft mit feinerem Schutte zu überführen. Eventuell konnte dies auch durch die kleinen Hangbäche geschehen sein, wie vorhin für die Nacheiszeit angegeben wurde. Auch unter dieser Voraussetzung wäre es möglich, daß die Schieferkohlenbildung in der Riß I - Riß II und in der Riß - Würm - Interglazialzeit erfolgte. Weniger wahrscheinlich scheint mir ihre Entstehung ohne Gletscherstauung, durch fortgesetzte glaziale und interglaziale Schutthäufung der Luthern.

9. Die Schieferkohlen von Küssnacht am Rigi (Schwyz)

Am Ostende des Küssnachterarmes des Vierwaldstättersees, unmittelbar südlich des Dorfes Küßnacht, sind in den steil ansteigenden Hang große Steingruben eingeschnitten. Dr. A. Jayet machte mich darauf aufmerksam, daß hier interglaziale Bildungen mit Ligniten zutage getreten seien.

Es findet sich hier nachstehende Schichtfolge:

obere Schotter, gegen oben mit erratischen Blöcken;
Sandschichten, in denen Lignite eingebettet sind;
untere Schotter mit gekritzten Geschieben und stellenweise mit Sandeinlagerungen.

Nach Jayet (1949) sind die unteren Schotter rißeiszeitlich, die Sand- und Lignit-Schichten Riß-Würm interglazial, die oberen Schotter würmeiszeitlich (unten Würmvorstoß = Alluvion ancienne; oben Würmrückzug; eigentliche Grundmoräne fehlt). Jayet findet, die Schichtung entspreche derjenigen in der Umgebung

von Genf. Er stellt auch ein System von Vertikalbrüchen mit bis 10 m mächtigen Vertikalverschiebungen fest, das den ganzen Schichtkomplex durchsetzt.

Ich besuchte die Lokalität am 17. April 1949. Die Schieferkohlenschichten sind leicht aufzufinden. Sie liegen in etwa 470 m Meereshöhe, ca. 30 m über dem See und gehen von West nach Ost als langer Zug durch die Gruben, fehlen aber im nördlichen und südlichen Teil. Nach der Mitteilung eines Arbeiters wurden sie erst vor wenigen Jahren angeschnitten. So wie sie sich bei meinem Besuche darstellten, machen sie den Eindruck eines verlandeten Flußbettes oder langgestreckten Teiches. Ihre Mächtigkeit erscheint etwas ungleich, ist aber nicht leicht festzustellen, da sie durch Rutschungen teilweise verdeckt ist. An gut entwickelter Stelle fand ich von oben nach unten:

Schotter;
obere Schieferkohlenbank, lehmig-kohlig, mindestens 1 m mächtig;
Sand, 2—3 m;
untere Schieferkohlenbank, sichtbar 30 cm;
Sand bis auf den Grund der Grube, soll aber einen Teil der unteren Kohlenbank verdecken.

Zur Untersuchung kam je eine Probe aus dem oberen und unteren Teil der oberen Schieferkohle und eine aus der unteren Kohle. Der Pollengehalt war oben und unten ziemlich spärlich, in der mittleren Probe reichlich. Wir zählten:

	Picea	Abies	Pinus	Betula	Alnus	Quercus	Ostrya
obere Kohle oben	18	8	31	3	8		
obere Kohle unten	75	22	20		4	1	
untere Kohle	29	5	15		2	1	1

Dazu kam ein einziger Krautpflanzenpollen, vom Artemisia-Typ. Die Spektren repräsentieren einen gemischten Coniferenwald, in dem Picea und schließlich Pinus vorherrscht und Abies stets reichlich beigemischt ist. Betula und Alnus können als Ufergehölze bestanden haben. In Anbetracht des steilen Anstieges des Geländes zur Höhe des Rigi (1800 m) unmittelbar hinter der Ablagerung ist anzunehmen, daß Abies in der näheren Umgebung dominierte und unter den Föhren und Erlen die subalpinen Typen (Pinus mugo und Alnus viridis) bedeutenden Anteil hatten, worauf auch die Pollengrößen hindeuten (Alnuspollen 17—25 μ).

10. Die Schieferkohlen von Uznach-Kaltbrunn

In der Gegend von Uznach-Kaltbrunn, am Nordrand der Linthebene, befinden sich räumlich sehr ausgedehnte Schieferkohlenlager. Sie liegen alle hoch über der heutigen, ca. 410 m hoch gelegenen Talsohle, etwa 480—540 m über Meer. Ursprünglich auf Hangterrassen abgelagert, sind sie zum Teil später nach unten verrutscht. Die Mächtigkeit des Schieferkohlen-Sediment-Komplexes schwankt nach A. Jeannet (1923) von wenigen Metern bis zu 60 m. Die Kohlen treten in einzelnen Schichten auf, die durch Zwischenlager von lehmig-kohliger, lehmiger, sandiger, seltener auch kiesiger Beschaffenheit getrennt sind. Die Flöze sind ganz unregelmäßig eingelagert und ändern Lage, Zahl und Mächtigkeit schon auf kleinem Raume. Je mächtiger der ganze Schichtkomplex ist, desto größer ist die Zahl der darin enthaltenen Flöze, bei Abnahme der Mächtigkeit des einzelnen Flözes. Die Aufspaltung in dünne Schichten kann sehr weit gehen. Oft lassen sich 1—2 Hauptflöze unterscheiden. Die Zwischenlagen können sehr mächtig werden; eine untere und eine obere Flözgruppe kann durch Zwischenschichten von 5—20 m getrennt sein. Jeannet gibt eine große Zahl von Bodenprofilen, die ein anschauliches Bild von der Kompliziertheit und Variabilität der ganzen Ablagerung bieten.

Die Lager sind seit langem bekannt und werden seit ungefähr 1760 auf Kohle ausgebeutet, während des ganzen 19. Jahrhunderts ohne Ordnung oder Kontrolle in zahlreichen kleinen Betrieben, mit Stollen, die unter Umständen hunderte von Metern weit unregelmäßig durch den Berg ziehen.

Die Schieferkohle ist stark gepreßt und schieferig, ziemlich hart. Sie enthält reichlich Holz und Zapfen von Picea, auch von Pinus. Oswald Heer hat sie 1855 beschrieben und wieder in der Urwelt der Schweiz. Ihm waren aus diesen Schieferkohlen folgende Pflanzenarten bekannt: Picea abies, Pinus mugo (Zapfen, Blätter), Pinus silvestris (Zapfen, Holz), Betula (alba), Larix europaea (Zapfen, vermutlich), Menyanthes trifoliata, Phragmites communis, Galium palustre, außerdem einige Moosarten. Heer betrachtete die Ablagerung dieser Kohlen als interglazial. Da ihm auch die im gleichen Niveau liegenden Schieferkohlenvorkommnisse am

Unter Buchberg und am Ober Buchberg, beide mitten in der Linthebene gelegen, bekannt waren, so kommt er zum Schluße, daß in der Interglazialzeit sich in der Linthebene ein See ausgebreitet habe, dessen Oberfläche rund 100 Meter über dem heutigen Talboden lag, und an dessen sumpfigen Ufern sich große Moore ausbreiteten, die später die Schieferkohlen bildeten. Die Lagerungsverhältnisse der Quartärbildungen in diesem Gebiet zeigten sich aber in der Folge viel komplizierter, als Oswald Heer angenommen hatte.

E. Neuweiler (1905) untersuchte nochmals die makroskopischen Pflanzenreste des Kohlenkomplexes aus einem 500 m langen Stollen an der Rickenstraße in 522 m Höhe. Er konnte die Angabe von Larix bestätigen (Zäpfchen mit Früchten), Pinus mugo bleibt zweifelhaft, während Pinus silvestris reichlich gefunden wurde. Außerdem fand er ein Nüßchen von Taxus baccata, ein wohlerhaltenes Blatt von Vaccinium vitis idaea und gepreßtes Holz, das er als Fagus betrachtete. Des weitern konnten einige Moose sichergestellt werden: Meesea longiseta, Calliergon giganteum, Calliergon trifarium, Campylium polygamum.

Ein neuer Aufschluß kam beim Bau des Rickentunnels nahe der Station Kaltbrunn (Güntenstall) zum Vorschein, der bald durch seinen Pflanzenreichtum größere Bedeutung erlangen sollte. Neuweiler nimmt 1905 kurz darauf Bezug und gibt 1907 nähere Einzelheiten. Es handelte sich um eine Deltabildung, 7 m feingeschichtete Tone und Sande, die von Moräne überlagert werden. Nach Neuweiler ist diese Bildung gleich alt wie die Schieferkohlen, also interglazial. Es fanden sich viele makroskopische Pflanzenreste, die starke Pressung aufwiesen. Mikroskopische Reste waren unkenntlich. Reichlich waren Moose vorhanden, von denen 9 Arten bestimmt werden konnten, Wald- Baum- und Felsmoose. Von Holzpflanzen fanden sich weitaus am häufigsten Reste der Fichte (Holz, Rinde, Zapfen, Samen) in den beiden Varietäten europaea und acuminata, ferner ein Blatt von Abies alba, und häufig Früchte von Corylus avellana var. oblonga und ovata, vereinzelt Fruchtbecher von Quercus sp. und Samen von Viburnum lantana, außerdem Reste von Potentilla cf. sterilis, Stachys annua, Ajuga reptans, Myriophyllum sp., Carex sp. Alle diese Reste waren eingeschwemmt.

Ursprünglich hatte A. Penck die Bildung der Schieferkohlen von Uznach in die Zeit der Laufenschwankung eingeordnet (1902, cit. nach Neuweiler), also kurz nach dem Maximum der Würmeiszeit, Brückner (Penk und Brückner, 1909) in die Achenschwankung, zwischen dem Rückzugsstadium von Zürich und dem Bühlstadium. Nach den Ergebnissen von Neuweiler gelangten die beiden Forscher dazu, im Nachtrag zu ihrem großen Werk (1909) ebenfalls wie Neuweiler ein Riß-Würm interglaziales Alter anzunehmen. So auch andere Geologen, die sich in dieser Zeit mit dem Problem befaßten.

Einige Jahre später unternahm Heinrich Brockmann-Jerosch (1910) eine eingehende Untersuchung der Flora des Deltas von Güntenstall. Das Delta liegt da, wo der Kaltbrunnendorfbach aus seinem Tobel in die Ebene hinaustritt, in ca. 470 bis 490 m Meereshöhe, und ist in einen alten Schuttkegel dieses Baches eingeschlossen, von unverwitterter Moräne unter- und überlagert. Geschiebe und Blöcke bis 4 m^3 Größe sind isoliert in dem Schuttkegel verstreut. Schieferkohlenstücke finden sich bei Oberkirch in Menge in der überliegenden Moräne und sind nach Brockmann älter als die Tone. Brockmann konnte die Zahl der gefundenen Pflanzenarten sehr vermehren. Die Zahl der Moose erhöhte sich, mit Einschluß der von Neuweiler gefundenen, auf 25 Arten, wobei aber der ökologische Charakter der gleiche blieb, wie er von Neuweiler festgestellt worden war. Einige Quellmoose kamen noch hinzu (vgl. Tab. 4).

An Holzpflanzen fand Brockmann neu:

Pinus silvestris (Zapfen, Samen)
Salix incana (Blatt)
Salix cf. caprea (Blatt)
Populus nigra (Blatt)
Populus alba (Blatt)
Alnus incana (Fruchtzäpfchen mit Samen)
Alnus cf. glutinosa (Blatt)
Quercus robur (Früchte mit Cupula, Blatt)
Clematis cf. vitalba (Holz)
Ilex aquifolium (Blatt)
Acer pseudoplatanus (Blatt, Teilfrucht)
Acer platanoides (Blatt, Teilfrucht)
Tilia cordata (Frucht)
Tilia platyphyllos (Frucht)
Hedera helix (Blatt)
Fraxinus excelsior (Frucht)
Viburnum opulus (Blatt)
Fagus dagegen wurde nicht bestätigt.

Außerdem noch folgende Krautpflanzen:

Sparganium erectum (Steinkerne, bestimmt von C. A. Weber)
Carex sp.
Gramineenblätter
Asarum europaeum (Blatt)
Polygonum mite (Frucht)
Ranunculus acer (Frucht)
Rubus idaeus (Same)

Brockmann zieht aus seinen Ergebnissen den Schluß, daß zur Zeit der Ablagerung des Deltas von Güntenstall die Umgebung Laubwald getragen habe, in dem die edlen und wärmeliebenden Holzarten Quercus robur, Tilia platyphyllos, Acer pseudoplatanus, Corylus herrschten, Tilia cordata, Taxus, Abies häufig und andere Laubgehölze wie Acer platanoides, Fraxinus, Ilex, Populus nigra und alba spärlicher vorkamen. Die zahlreichen Überreste der Fichte sind nach seiner Annahme vom Bach aus höheren Gebirgslagen herbeigebracht worden. Die ganze Ablagerung betrachtet er als glazial, am Ende der Würmeiszeit entstanden, als der Gletscher zur Zeit des Bühlvorstoßes bis nach Rapperswil vordrang und auf seiner rechten Seite einen See aufstaute, in den nun der Kaltbrunnendorfbach einmündete. Brockmann setzt sich hier und in späteren Arbeiten auch mit der Vegetation der Interglazialzeiten auseinander. Er meint, sie habe sich von der der Gletscherzeiten nicht wesentlich unterschieden und sei durch ozeanische Laubbäume charakterisiert, mit Ilex, Taxus und Buxus als Leitarten (1910 S. 83) und den oben genannten Laubbäumen als Dominanten. Er nennt die Diluvialzeit geradezu eine Eichenperiode, in der Arten, die ein kontinentales Klima anzeigen, fehlen (1910 S. 83). Die Fichten und Föhrenfunde der Schieferkohle werden als lokale Erscheinung, als Moorvegetation gewertet. Zur Beweisführung des Laubwaldcharakters der regionalen Wälder zieht er vor allem die Fundstätten von Flurlingen, Cannstatt bei Stuttgart und Klinge bei Kottbus herbei. Wir kommen später auf dieses Problem zurück.

Während des ersten Weltkrieges fand eine großzügige Ausbeutung der Schieferkohlen von Uznach statt, die viele neue Aufschlüsse schaffte. Alphons Jeannet untersuchte damals die Kohlenlager sehr eingehend und sorgfältig und suchte zugleich die geologischen Verhältnisse in den Quartärablagerungen des Gebietes zu erklären. Die Ergebnisse wurden 1923 veröffentlicht. Eine übersichtliche Zusammenfassung findet sich in den Nachträgen zu A. Heims Geologie der Schweiz, 1922.

Die Bildung des Schieferkohlenkomplexes wird von Jeannet in die Interglazialzeit zwischen Riß I und Riß II eingesetzt, die der überliegenden Schotter in die Interglazialzeit Riß II/

Würm. Zwischen den Kohlenschichten und diesen Schottern liegt lokal schöne Moräne oder kiesiger Lehm, und über den Schottern ist Grundmoräne der Würmeiszeit. Die Unterlage des Schieferkohlenkomplexes ist sehr wechselvoll. Normalerweise besteht sie aus Moräne von Riß I. Stellenweise finden sich Seeabsätze zwischen den Kohlen und der unterliegenden Moräne, so bei Gublen-Uznach 2 m Seekreide, die reich an Pflanzenresten ist und von der Kohle durch tuffige Kiese geschieden wird. Unter der Riß I Moräne liegen Kiese und Sande der Mindel-Riß Interglazialzeit, in die das Delta von Güntenstall eingelagert ist. Zu unterst tritt an einigen Aufschlüssen die Mindel-Moräne auf, unter der Sande und Seemergel erscheinen, die der 1. Interglazialzeit zugeschrieben werden. Sie ruhen auf der Molasse auf. Jeannet findet also 4 übereinanderliegende Moränen mit vier eingeschalteten Interglazialzeiten. Eine 5. Moräne, die einem Rückzugsstadium von Würm entspricht, ist dem Berghang seitlich angelagert.

Auch Jeannet machte bei seinen Untersuchungen, in Verbindung mit W. Koch, H. Gams, W. Rytz und Ch. Meylan, *neue Pflanzenfunde.* Er gibt eine eingehende Übersicht (S. 331—352) über alle interglazialen Pflanzenfunde im ganzen Gebiet. H. Gams steuerte dazu noch eine allgemeine Beurteilung des Floren- und Vegetationscharakters bei. Wir wollen einiges daraus hervorheben (vgl. auch die Tabellen 4—6). W. Koch konnte in einer sandig-mergeligen Schicht im mittleren Teil des Schieferkohlenkomplexes in Gublen bestimmen: Salix aurita, Salix repens, Salix myrtilloides, Menyanthes trifoliata, Carex echinata, Carex inflata und Equisetum limosum. Tiefer unten fand Jeannet in der gleichen Schichtfolge reichlich Blätter von Alnus incana. In der unter dem Schieferkohlenkomplex liegenden Seekreide bestimmten die genannten Botaniker neben einer Flora, die derjenigen von Güntenstall ähnlich ist, also Quercus robur, Corylus avellana, Fraxinus excelsior, Acer pseudoplatanus und Acer platanoides enthält, auch Viscum album (1 Blatt) und Buxus sempervirens (Blätter), beides Gewächse mit bedeutenden Wärmeansprüchen. Auffallend reichlich waren in diesen Schichten Reste von Picea und Abies. H. Gams stellte nach Jeannet im Schieferkohlenkomplex ein Überwiegen der limnischen Torfe gegenüber den Waldtorfen fest, was Jeannets Beobachtung be-

kräftigt, daß in den Schieferkohlen keine aufrechten Stammstücke zu finden sind und das Holz vermutlich von bewaldeten Moorrändern herstammt. Hingegen sind in den Kohlen eingeschwemmte Quarzkörner reichlich vorhanden. Gams kommt zum Schluß, daß während der ganzen Schieferkohlenzeit, einschließlich der Güntenstaller-Deltaschichten und der pflanzenführenden Seekreideschichten, Klima und Vegetation nicht wesentlich anders gewesen seien als in der Gegenwart.

Seit diesen Untersuchungen Jeannets sind zu der Genese des Schieferkohlenbezirks von Uznach kaum neue Gesichtspunkte hinzugekommen. Paul Beck (1933) nimmt wie Jeannet an, die Schieferkohlen von Uznach seien von den Moränen zweier Vergletscherungen bedeckt. Da er die Rißeiszeit Penck und Brückners in drei selbständige Eiszeiten aufteilt (Kander-Eiszeit, Glütsch-Eiszeit, Riß-Eiszeit s. str. = größte Vergletscherung), so fällt die Bildung der Kohlen ins Glütsch-Riß-Interglazial und die Aufschüttung des Deltas von Güntenstall ins Kander-Glütsch-Interglazial (= Hochterrassen-Interglazial). Hellmut Gams (1935) schließt sich an Beck an, bei anderer Benennung der Eiszeiten:

Güntenstall = Mindel I - Mindel II.
Schieferkohlen Uznach = Mindel II - Riß (längstdauerndes, warmes Interglazial, hieher auch die Höttinger-Schichten).

Im zweiten Weltkrieg wurde die Schieferkohlenausbeutung wieder in großem Umfange aufgenommen, und ich hatte Gelegenheit, bei wiederholten Besuchen des Gebietes verschiedene Probenserien zur pollenanalytischen Untersuchung zu entnehmen. Ein erstes Mal, am 6. April 1945, begleitete mich Dr. F. Schwarzenbach, und seiner Lokalkenntnis verdanke ich eine zweckmäßige Führung.

a) Eine erste Serie von Proben sammelte ich in der Grube Fäh, oberhalb des Buchstabens *d* von Hasenweid (topogr. Karte), ca. 490 m über Meer. Die Kohle war am Grunde eines ca. 8 m tiefen Schachtes aufgeschlossen. Sie bildete ein unteres Flöz von 60 cm Mächtigkeit; darüber kam 70 cm lehmige Gyttja, dann ein oberes

Kohlenflöz von 65 cm Dicke, darüber Lehm. Hier ist der Schieferkohlenkomplex vermutlich nach unten verrutscht.

b) Etwas höher am Hang, oberhalb des Buchstabens *d* von Hirschland, unter dem Gublenwäldchen, 505 m, wurde vom gleichen Besitzer ein anderes Lager in offenem Abbau ausgebeutet. Der Aufschluß zeigte 4 kleine Kohlenflöze, die annähernd waagrecht ins Berginnere streichen. Zwischen den Flözen, wie auch darüber und darunter, liegt lehmige Gyttja und kohliger Lehm (s. Abb. 15).

c) Am linken Hang des Böllenbergtobels, da, wo der Fußweg vom Gehöft «Oberer Böllenberg» ins Tobel einmündet, ca. 15 m unter dem Terrassenrand, treten in etwa 525 m Höhe die Schieferkohlen zutage. Hier hat der Konzessionär Bernet mehrere Stollen angelegt. Der letzte war zur Zeit unseres Besuches noch in Ausbeutung begriffen und ganz trocken. Etwa 20 m vom Stollenmund einwärts war von der Decke abwärts ein Flöz von 40 cm Dicke aufgeschlossen. Es war überlagert von sandigem Lehm und unterlagert von etwa 50 cm lehmigem Sand und dann von Kies. Nach Angabe eines Arbeiters soll ca. 5 m tiefer ein zweites Flöz liegen, das früher abgebaut worden sei.

d) Eine weitere Serie von Proben entnahmen wir der gleichen Lokalität, ca. 20 m talaufwärts am Eingang zu einem verlassenen Stollen. Hier fanden sich etwa 1 Dutzend Kohlenschichten von 1—30 cm Dicke, mit Zwischenlagen von Lehm, kohligem Lehm oder Gyttja. Die ganze Serie wurde von Lehm überlagert und unterlagert von rotgebändertem Sand.

Die Proben dieser Profile erzeigten sich im allgemeinen als pollenarm, oft beinahe pollenleer, besonders die aus dem Böllenbergtobel. Nur einzelne Schichten wiesen einen für die Pollenanalyse befriedigenden Pollengehalt auf. Wir analysierten nur das Profil der oberen Grube Fäh (b) ganz durch. Zahlreiche Stichproben der anderen Profile ergaben keine Besonderheiten. Die Ergebnisse sind im Diagramm Abb. 15 zusammengestellt. In der unteren Hälfte dominieren Picea und Alnus in dreimaligem Wechsel, in der oberen Hälfte Picea, mit einer Alnus Subdominanz, die vorübergehend zur Dominanz ansteigt. Auch makroskopisch waren reichlich Reste von Picea vorhanden (Zapfen und Holz). Die meisten Alnuspollen maßen 20—22 μ, einzelne waren

kleiner, bis 14 μ, einzelne größer bis 24 μ. Die Größe der Piceapollen schwankte stark, von 77—120 μ. Hier kann vermutet werden, daß ein Teil des Piceapollens zu P. omorica gehört (vgl. S. 148). Abies ist im unteren und oberen Teil reichlich und in zusammenhängender Kurve vorhanden (maximal 23%), im mittleren Teil spärlich oder fehlend. Auffallend ist der geringe Anteil von Pinuspollen, der in manchen Horizonten des untersten Drittels überhaupt nicht gefunden wurde. Corylus war nur im unteren Teil in merklicher Menge vorhanden, anderes Laubgehölz ebenfalls: Tilia (Mitte und unten), Ulmus (unten), Juglans (unteres Drittel), Betula (in einem unteren und einem oberen Horizont je einzelne Pollen). Pollen von Krautpflanzen wurde vereinzelt und zerstreut gefunden, vor allem Gramineen. Farnsporen waren vorwiegend reichlich vorhanden, besonders am Grund des Profiles, Sphagnumsporen spärlich. In 90 cm Tiefe fand sich eine große Zahl von Osmunda-Sporen.

Das Diagramm deutet auf einen Fichtenwald hin, mit ausgedehnten Alnusgehölzen auf Sumpfboden. Zeitweise war die Tanne reichlich beigemischt, vielleicht im Bestand bis zur Subdominanz. Dieses Bild entspricht dem heutigen Wald in der mittleren Gebirgsstufe. Anderseits waren zeitweise auch wärmeliebende Laubgehölze vorhanden, besonders in der älteren Diagrammzeit. Der geringe Pollengehalt macht eine starke Pollenzerstörung wahrscheinlich, wie sie für Flachmoore charakteristisch ist. Dadurch wird die Sicherheit in der Interpretation des Diagrammes geschwächt. Jedenfalls bietet es aber keine Andeutung eines eiszeitlichen oder baumfeindlichen Klimas, besonders nicht in den untersten und obersten Teilen. Es handelt sich um richtiges Interglazial.

Dr J. Kopp, Geologe in Ebikon, machte mich auf eine neue Grube in Schönenbach oberhalb Uznach aufmerksam, unterhalb der Straße nach Gommiswald, beim Buchstaben *Sc* von Schönenbach der topographischen Karte, ca. 543 m, ausgebeutet seit Frühling 1945 durch G. Leimbacher in Lachen. Ich besuchte die Grube zwecks Probenentnahmen am 20. November 1945. Ein 32 m tiefer Schacht war erstellt zur Ausbeutung des sog. «unteren Flözes», das also in ca. 510 m Meereshöhe liegt. Es war bereits früher ausgebeutet worden, so daß jetzt vor allem

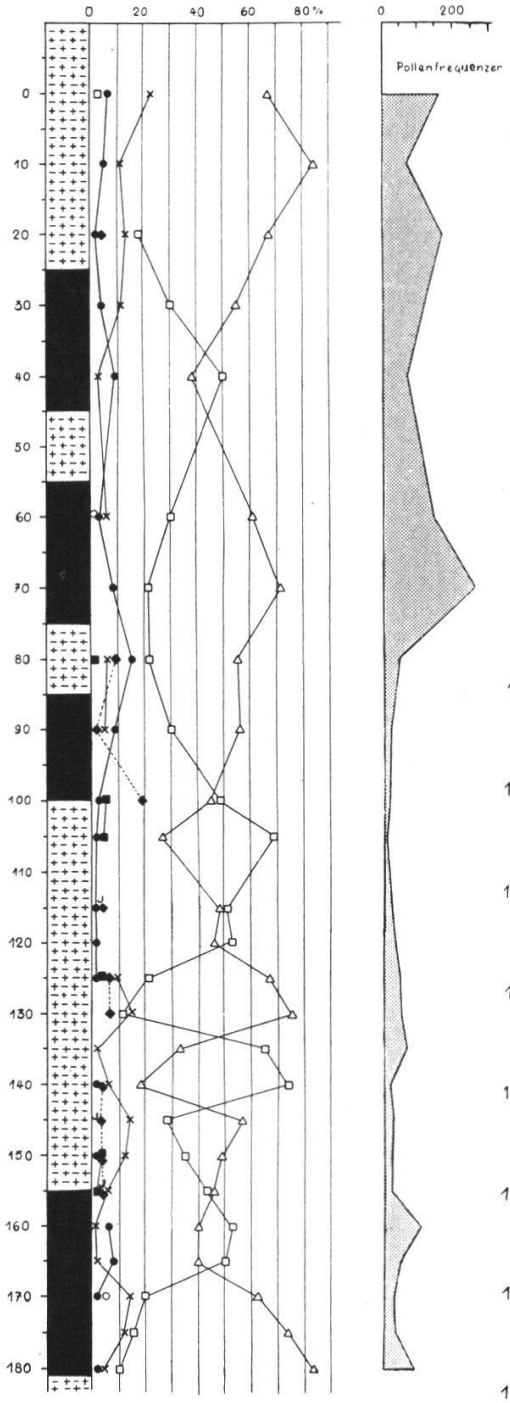


Abb. 15. Pollendiagramm aus der Kohlengrube Fäh bei Uznach

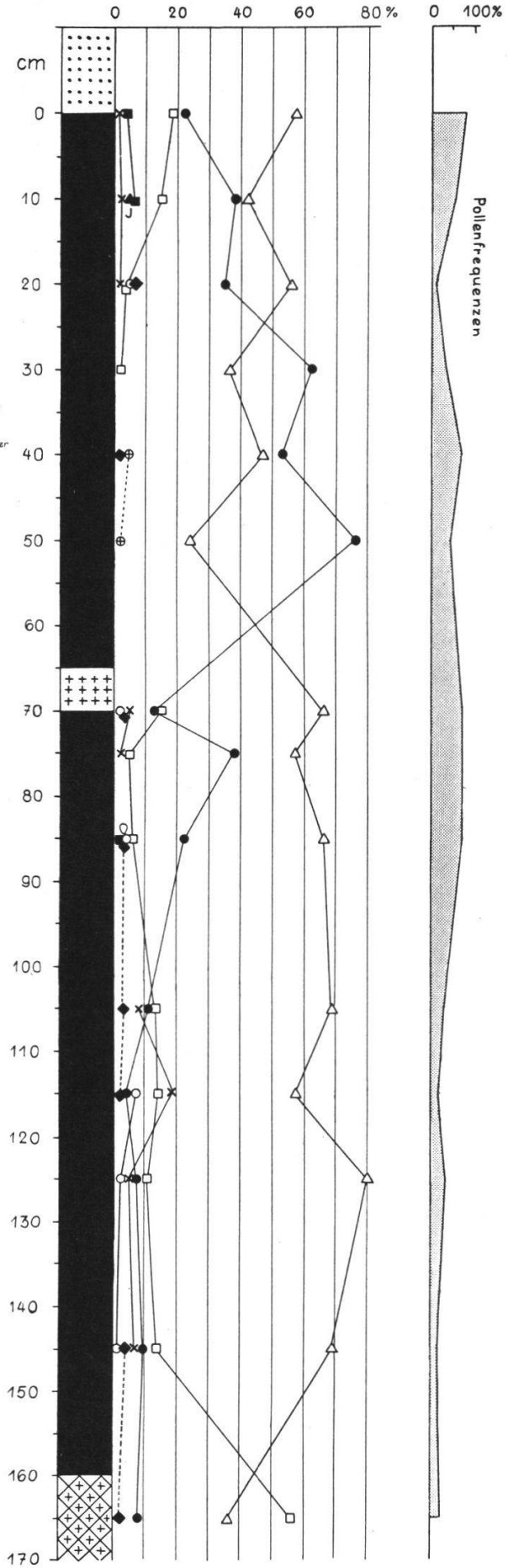


Abb. 16. Pollendiagramm aus der Kohlengrube Leimbacher in Schönenbach bei Uznach

die stehengebliebenen Kohlenpfeiler noch weggenommen wurden. Das Flöz war 160 cm mächtig, mit einer eingelagerten, lehmigen Schicht von 5 cm Dicke oberhalb der Mitte (vgl. Abb. 16). Oben war mit scharfem Kontakt Sand aufgelagert, und unterlagert war die Kohle von lehmiger Gyttja. An anderer Stelle bestund die Überlagerung zuerst aus 5 cm dunklem Lehm, dann 10 cm hellem Lehm und daraufhin mit scharfem Kontakt aus grusigem Sand.

Die Pollenfrequenzen waren hier überall sehr klein. Einzelne Horizonte enthielten keine Pollen oder doch so wenige, daß kein richtiges Spektrum aufgestellt werden konnte. Das ergibt die großen Abstände im Diagramm. Das Diagramm beginnt unten mit einer Alnus-Dominanz und Piceasubdominanz. Dann kehrt sich das Verhältnis um, und Picea dominiert auf lange Zeit. Zeitweilig ist reichlich Abiespollen vorhanden, bis 18%, meist auch einige Prozent Corylus und spärlich Betula. In 85 cm Tiefe wurde ein Pollen cf. Ostrya gefunden. Pinuspollen ist immer da, meist ziemlich sparsam. Von der Stelle der Lehmeinlagerung in 70 cm Bodentiefe an aufwärts ändert sich das Bild, indem Pinus stark ansteigt, so daß Picea gegenüber Pinus zurücktritt und die übrigen Pollentypen sozusagen ganz fehlen. Gegen oben hin steigen die Pollenzahlen von Picea wieder an; der Pollen von Pinus, Abies und Alnus ist wieder regelmäßig vorhanden, und vereinzelt auch Juglans, Tilia und Fagus. Der Alnus-Pollen ist im ganzen Diagramm meist groß, 21—25 μ. Pollen von Krautpflanzen fand ich spärlich, nur in wenigen Horizonten. Farnsporen und Sphagnumsporen treten unregelmäßig auf, aber in verschiedenen Horizonten reichlich, Farnsporen vor allem in den beiden obersten Horizonten und in 105—125 cm Tiefe, Sphagnumsporen in 10, 40 und 85 cm Tiefe. Im obersten Horizont fand sich eine Menge Osmunda-Sporen.

Das Diagramm spiegelt einen Piceawald, in der älteren Zeit mit reichlich Abies, in der jüngeren mit viel Pinus, dazu lokale Gehölze von Alnus, besonders in der ältesten und jüngsten Zeit. Pollen anderer Laubhölzer ist so spärlich, daß er vermutlich aus der Ferne hertransportiert wurde. Jedenfalls war Laubholz als Eichenmischwald in der Nähe nur spärlich vertreten. Es ist möglich, daß die Zeit der Pinusdominanz nach der Lehmeinlagerung einer Klimaverschlechterung entspricht, aber nur in geringem Umfange, nicht bis zu eiszeitlichen Verhältnissen.

Ein Versuch der Parallelisierung dieses Diagrammes mit dem der Grube Fäh (Abb. 15) ist von vornherein mit vielen Unsicherheiten belastet. Es sind so viele verschiedene Kohlenschichten vorhanden, daß es höchst unsicher bleibt, ob das Profil Schönenbach mit dem horizontal etwa 500 m entfernten der Grube Fäh gleichalterig ist, obschon die Höhenlage nicht sehr verschieden erscheint. Beide könnten dem sogenannten «unteren Flöz» angehören. Aber auch wenn die beiden Diagramme in den gleichen Schichtkomplex hineingehören, so kann doch die Ausbildung der gleichen Zeitabschnitte ganz ungleich sein, da in einem so unruhigen Gelände das Wachstum von Moor und mineralischen Einlagerungen der verschiedenen Lokalitäten keine Übereinstimmung zu zeigen braucht. Auffallend ist in den beiden Diagrammen neben dem zeitweilig oder stets starken Zurücktreten des Pinuspollens das völlige Fehlen von Quercus und Carpinus. Aber die Zusammenschaltung der beiden Diagramme scheint kaum möglich zu sein wegen des ungleichen Verhaltens der Pinuskurve und der Alnuskurve. Dagegen könnte man das Fähdiagramm dem Schönenbachdiagramm aufsetzen.

Ein weiteres Mal besuchten wir das Gebiet am 23. November 1947 in Begleitung der Herren Schwarzenbach Vater und Sohn. An einer weit gegen Osten vorgeschobenen Stelle im kleinen Tälchen, das von der Raffholderen westlich zum Kaltbrunnendorfbach hinab zieht, fanden wir ein Schieferkohlenlager aufgeschlossen (ca. 522 m). Die Schieferkohlenserie lag auf grobem, etwas verfestigtem Geröll auf und war 170 cm mächtig. Sie begann unten mit 15 cm sandigem Lehm. Dann wechselten Kohlenschichten und lehmig-kohlige Schichten, stellenweise mit viel Holz, bis gegen die Bodenoberfläche, wo sie sich im Waldboden verloren.

Die Pollenanalyse ergab in den untersten Schichten keinen oder nur vereinzelten Pollen, mehr Picea als Pinus, dann durch das ganze Profil bis oben Picea-Dominanz, meist sehr ausgesprochen, Pinus zum Teil reichlich, zum Teil fehlend, etwas Abies und Alnus. Dieses Diagramm bietet gegenüber den anderen Diagrammen nichts besonderes und paßt sich ohne weiteres in den unteren Teil des Schönenbachdiagrammes ein.

Wichtig erschien es uns, zu versuchen, auch das *Delta von*

Güntenstall pollenanalytisch zu erfassen. Das Gebiet bei der Station Kaltbrunn, wo Neuweiler und Brockmann sammelten, ist jetzt wieder zugedeckt. Aber Jeannet hatte versucht, andere Stellen zu finden, wo gleichalterige Schichten ausstreichen, und wir folgten seinen Spuren.

In erster Linie suchten wir die mächtigen Aufschlüsse auf, die auf der linken Seite des Kaltbrunnenbaches am Eingang zum oben erwähnten Schieferkohlentälchen, am Fußweg vom Gehöft Sonnenberg zur Obermühle sichtbar sind.

a) Oben im Anriß, unterhalb Punkt 506 der topographischen Karte, neben dem Fußweg, untersuchten wir folgende Schichten:

oben: Moräne

darunter:
1. lehmige Sande, dunkel, mit rotgelben sandigen Streifen, ca. 60 cm;
2. gebänderte Sande mit Pflanzenresten zwischen den Schichten (Blättchen, flachgedrückte Pinuszapfen, die an der Luft gleich zerfallen), 20 cm;
3. Sand im Wechsel mit Lehmlagen, vereinzelte Steinchen, gegen unten mehr und mehr kiesig oder grusig-kiesig, mehrere Meter.

Pollen waren außerordentlich spärlich. Oben in den lehmigen Sanden (1) fanden wir folgende Pollen:

15 Pinuspollen, davon 1 Pinus cf. cembra,	2 Artemisia
2 Betula	1 Caryophyllaceen
1 Salix	1 Compositen
6 Gramineen	5 unbekannt
4 Helianthemum	

Es sind also ungefähr gleich viele Gehölz- und Krautpollen, und die Zusammensetzung ist die gleiche, wie sie für die Spätglazialzeit der Würmvergletscherung charakteristisch ist. Wir dürfen mit Bezug auf die Zeit der Ablagerung dieser Schichten auf ein subglaziales Klima schließen.

In den gebänderten Sanden (2) fanden wir: 1 Picea, 1 Quercus, 1 unbekannt

Also wahrscheinlich bereits interglazial.

In den Sanden von (3), oben: 3 Picea, 2 Pinus, 2 Quercus, 4 Gramineen

Also ebenfalls interglazial.

b) Nordöstlich um die Ecke treffen wir auf einen sehr tiefgehenden Aufschluß. Er zeigt von oben nach unten:

1. braune Verwitterungserde (Ackererde), 100 cm;
2. hellsandige Verwitterungsschicht, 80 cm;
3. kiesig-lehmig mit groben Steinen, 250 cm;
4. gelblich-sandig-lehmig mit dunkellehmiger Einlage, 100 cm, die dunkle Einlage ca. 30 cm, in ca. 485 m Höhe;
5. kiesig-sandig im Wechsel mit etwas verfestigtem Kies, gegen unten mehr und mehr grusig. An der Basis schöner, feiner Grus, in einer Höhle etwas ausgebeutet, insgesamt ca. 600 cm.

Proben zur Pollenanalyse wurden entnommen in 4 und oben, in der Mitte und unten von 5. Sie enthielten alle äußerst spärlichen Pollen, oft gar keinen. In Schicht 4 fanden wir:

13 Pinus	1 Tilia
3 Corylus	1 unbekannt
2 Quercus	

In den grusigen Schichten ergaben nur die mittleren Teile einige Pollen:

10 Pinus	1 Artemisia
1 Quercus (unsicher)	1 unbekannt
1 Gramineen	

Die Schichten 1—3 sind ohne Zweifel Moräne, Schicht 4 dürfte Interglazial sein, wahrscheinlich auch der große Gruskomplex. Auffallend ist in beiden das Fehlen von Picea, deren großer Pollen allerdings bei torrentieller Ablagerung besonders empfindlich gegen Zerstörung ist.

c) Ein Aufschluß, der von Jeannet ebenfalls der Güntenstallerzeit zugeschrieben wird, liegt auf dem rechten Bachhang unter dem Bahnviadukt. Es sind Kiese mit Einlagerungen von Grus und grusigem Sand. Proben aus diesen Einlagerungen ergaben im untern Teil des Kieslagers 5 Pinus, einen sicheren und einen unsicheren Pollen von Picea, aus dem oberen Teil gar keinen Pollen, aber Reste eines kleinen Pinusholzes.

d) Wir suchten auch den rechten Talhang des Kaltbrunnertobels bis zur oben abschließenden Moräne ab. Hier ist in der Karte von Jeannet ebenfalls ein Ausstreichen der Güntenstallerschichten eingezeichnet. In 492 m Höhe sind gebänderte Tone mit zwischenliegenden Schichten von reinen Sanden und etwas Gesteinsgrus aufgeschlossen, überlagert von blockiger Moräne und unterlagert von reinem, blauem Sand und darunter von blauem Lehm. Die gebänderten Tone und Sande ergaben in den meisten Proben nichts, insgesamt 3 Pinus. Im darunterliegenden Ton fanden wir einen Epilobiumpollen (wird gelegentlich in glazialen Schichten gefunden) und 1 unsicheren Pinus. Diese Ablagerung dürfte wohl glazialer Natur sein.

Die Suche in den der Güntenstallerzeit zugeschriebenen Schichten ergab also betrüblich wenig Pollen, der weitere Schlüße nicht erlaubt. Hervorzuheben ist das Auftreten von Quercuspollen, der in den Schieferkohlenprofilen nicht gefunden werden konnte. Von einem wilden Gebirgsbach abgelagerte Deltaschichten lassen von vornherein nur spärlich Pollen und Mikrofossilien überhaupt erwarten, da die Art der Ablagerung geeignet ist, solch feine Körperchen zu zerstören. Neuweiler macht bei der Besprechung seiner Güntenstaller-Forschungsergebnisse ausdrücklich darauf aufmerksam, er habe keine Pollen gefunden. Brockmann teilt mit, C. A. Weber habe darin Pollen gefunden, macht aber darüber keine näheren Angaben. Er ist jedenfalls sehr spärlich, und die pflanzliche Analyse der Makrofossilien hat in diesem Falle viel bessere Ergebnisse gezeitigt. Ich habe unter diesen Umständen den Plan, in Güntenstall zur pollenanalytischen Untersuchung Nachgrabungen zu machen, aufgegeben. Sie würden sich kaum gelohnt haben.

Wenn wir das Ergebnis der Pollenanalysen aus den diluvialen Ablagerungen von Uznach und Umgebung betrachten, so bleiben die Schieferkohlendiagramme im Rahmen der übrigen, die wir aus dem schweizerischen Mittellande untersucht haben und bekräftigen, daß in den Interglazialzeiten, in denen die Schieferkohlenbildung der Linthebene vor sich ging, nicht nur lokal auf den Mooren, sondern auch regional Coniferenwälder, beherrscht durch die Fichte, sich ausbreiteten. Die Flora des Deltas von Güntenstall und der unter den Schieferkohlen liegenden Seekreiden, die gut übereinstimmen und beide gleich alt sein dürften, sind von der eigentlichen Schieferkohlenflora sichtlich verschieden, vielgestaltiger, reicher an Laubgehölz und enthalten Reste wärmeliebender Arten, die bis jetzt in den Schieferkohlenablagerungen nicht nachgewiesen werden konnten. Es ist naheliegend, ihre Bildung in eine ältere Interglazialzeit zu verlegen. Doch besteht dazu kaum eine Notwendigkeit. Die stark vom Laubwald beeinflußte Ablagerung kann der Ausdruck besonders günstiger lokaler Umweltverhältnisse sein, wie wir sie auch in der Gegenwart in diesen Gebieten finden, wobei der Laubholzcharakter durch starke Überrepräsentation der Blätter der in unmittelbarer Umgebung wachsenden Laubgehölze wahrscheinlich überbetont ist. Die Ablagerung kann aber vielleicht auch ein Stadium der Schieferkohleninterglazialzeit mit günstigeren Klimaverhältnissen betreffen, als wir es in unseren Diagrammprofilen gefunden haben. Genetisch betrachtet gehören Mergel-Seekreiden-Torfe (Schieferkohlen) in ein natürliches Folgesystem, das durch eingelagerte Sande und Kiese als Folge stärkerer Überschwemmungen oder Verlegung von Bachläufen wohl gestört aber nicht aufgehoben wird.

Zur *Ordnung und Datierung des ganzen Diluvialkomplexes* von Uznach und Umgebung haben die pollenstatistischen Untersuchungen nicht viel beigetragen. Die Schieferkohlen erwiesen sich als typisches Interglazial. Die untersuchten Profile gehen oben und unten nicht in eiszeitliche Schichten über, sondern endigen mit Picea- oder Alnus-Picea-Dominanzen.

Eiszeitlich oder eiszeitnahe sind einige vorhin unter a 1, b 1—3, d beschriebene, an die Moräne angrenzende Schichten vom Gehänge des Kaltbrunnendorfbaches, vielleicht auch kiesige und

grusige Ablagerungen in diesem Raume (c). Sie gehören aber nicht mehr zum eigentlichen Schieferkohlenkomplex. Die Analyse des ganzen Sedimentationskomplexes, samt den Schottern und Sanden könnte wichtige Ergebnisse mit sich bringen. Aber die Ausführbarkeit dieser Arbeit ist angesichts der Pollenarmut unsicher und würde auf jeden Fall außerordentlich Mühe machen. Zudem dürfte es schwer sein, zuverlässige Profilreihen zu bekommen.

Die Diluvialgeschichte der Linthebene bietet noch allerlei Rätsel, und die Hauptschwierigkeit liegt wohl darin, daß durchgehende Aufschlüsse fehlen, wir nicht sicher wissen, wie groß die horizontale Ausdehnung des Schieferkohlenkomplexes ist, aus was sich der Talhang im Innern aufbaut und was nur seitlich aufgelagert wurde. Alphons Jeannet gibt, gestützt auf die Möglichkeit eingehender Kenntnis der Aufschlüsse, einen geschlossenen Erklärungsversuch (vgl. S. 72). Aber er ist sich verschiedener Schwierigkeiten wohl bewußt. So müßte, um die ganze Folge der Ablagerung zu ermöglichen, eine sehr tiefe Eintalung bereits in der ersten Interglazialzeit stattgefunden haben. Daraufhin bildete sich im Tale ein untiefer See, in den sich Schuttmassen ergossen und der zeitweilig oder partiell mit Torfbildung verlandete, worauf er sich aber durch Einsinken des Talbodens immer neu bildete bis in die Riß-Würm-Interglazialzeit, als die obersten Schotter abgelagert wurden.

Nun liegen aber die Ablagerungen der beiden ersten Eiszeiten nach allgemeiner Auffassung als Deckenschotter auf dem Gipfel der Hügel (z. B. bei Zürich auf der Spitze des Uetliberges, 870 m), und man hat bisher angenommen, daß die Deckenschotterniveaus im wesentlichen der damaligen Landoberfläche entsprechen, die Eintiefung der Täler zur Hauptsache also später erfolgt sei (Mindel-Riß). Ferner müßte seit dieser Zeit in den eisfreien Perioden andauernd ein See die heutige Linthebene bedeckt haben, dessen Spiegel langsam stieg und zuletzt, zur Zeit der Ablagerung der oberen Schotter, rund 140 m über den heutigen Talboden hinaufreichte. Das Ansteigen dieses Sees wäre durch langsames Einsinken der Landoberfläche erfolgt, das bis ans Ende der letzten Eiszeit vor sich ging, seither aber durch eine Hebung im gleichen Betrag wieder ausgeglichen wurde. Dieser Hebung müßte ein

sehr bedeutendes Schiefstellen der Sedimentationsoberflächen talauswärts entsprechen, das nicht beobachtet werden kann. Ein solcher während Jahrhunderttausenden dauernder See im Linthtal würde entsprechende Spuren auch im Linth-Limmattal außerhalb der Linthebene hinterlassen haben. Und auch außerhalb dieses Talsystems sollten ähnliche Vorgänge, die regionaler Art sein müßten, zu finden sein. Von solchen regionalen Seebildungen ist bisher nicht viel bekannt geworden. Immerhin hat Jeannet am Walensee (s. S. 91) und Zürichsee Deltabildungen bis in ca. 600 m Höhe nachgewiesen. Ein See bis in dieses Niveau, wenngleich nicht von langer Dauer, kann vielleicht durch Aufstauung von einer Endmoräne her oder durch Toteis im Zürichseetal entstanden sein. Seitenmoränen der Riß-Vereisung liegen hoch an der Albiskette, und zur Zeit des maximalen Eisstandes wurde der ganze Albisgrat vom Eis überflutet. A. Heim (1919, S. 224) gibt noch für den Maximalstand des Würmgletschers am Uetliberg 780 m an.

Die Möglichkeit einer Vereinfachung und zeitlichen Reduktion des Ablagerungssystems von Jeannet ist vielleicht doch vorhanden. Die Moränen zwischen den Schieferkohlen und den überliegenden Schottern sind so schwach und nur an wenigen Orten zu beobachten, daß verrutschte Auflagerung nicht ausgeschlossen ist. Dann können auch Schotter und unterliegende und überliegende Moräne der gleichen Vergletscherung angehören (Vorstoß des Eises, Rückzugschotter und neuer Vorstoß). Schließlich erfolgte zwischen Würm I und Würm II nach neuer Annahme ein so starker Rückzug der Gletscher, daß möglicherweise in dieser Zeit die Linthebene eisfrei wurde. Die Schieferkohlenbildung könnte m. E. sehr wohl zwischen Riß II und Würm erfolgt sein. Das Delta von Güntenstall und ein Teil der Seekreide und Seelehme, ferner das untere Kohlenniveau von Buchberg (vgl. S. 86), die als Mindel / Riß gedeutet werden, würden dann in das Riß I - Riß II Interglazial hineinpassen, wenn sie nicht nur Vorläufer der örtlichen Schieferkohlenbildung sind.

Des weiteren stellt sich die Frage, ob es überhaupt nötig sei, in diesem Gebiet einen großen, stabilen See anzunehmen. Das Tal der Linthebene mit seinen beiden Bergen, Ober- und Unter-Buchberg, ist eigentlich ein Doppeltal mit einem Lauf längs der Nord-

seite Schännis-Kaltbrunn-Uznach und einem anderen längs der Südseite Reichenburg-Siebnen-Lachen. Es kann also die eine Talhälfte älter sein als die andere oder die eine Talhälfte während langer Zeit mit Alluvion gefüllt gewesen sein, während der Fluß durch die andere in den Zürichsee floß. So ist es denkbar, daß zu Ende der Eiszeit, die der Kohlenbildung oder der Bildung des Deltas von Güntenstall vorausging, die nördliche Talhälfte mit Schutt gefüllt blieb, in unregelmäßiger Weise bis auf ein Niveau von ca. 450—500 m. In dieser Moränenlandschaft entstanden kleine Seen und viele Tümpel, die verlandeten und vermoorten. Ähnliche Sümpfe existieren auch heute in charakteristischer Weise auf den Terrassen über dem oberen Zürichsee und hinüber ins Zürcheroberland. Die Bäche brachten von den benachbarten Bergen her immer wieder lehmige oder sandige, manchmal auch kiesige Ablagerungen. Der Kaltbrunnerdorfbach kommt aus einer Höhe von ca. 1400 m, der benachbarte Steinenbach, der nur etwa 1 km oberhalb Kaltbrunn in die Ebene mündet, direkt vom Gipfelgebiet des Speer (1954 m). Dadurch wurden die Moore in gewissen Teilen des Gebietes mit Mineralschutt überführt, die einen mehr, andere weniger, die einen häufig, andere nur selten, entsprechend den vielgestaltigen lokalen Verhältnissen. Während der folgenden Eiszeit lagerten die Gletscher Moräne und die Gletscherbäche den Schotter über den Moorbildungen ab. Später verlegte die Linth ihren Weg nach Norden und räumte den Schutt aus dem Tallaufe heraus, und schließlich formten die letzte Eiszeit und die Nacheiszeit die Landesoberfläche zu ihrer heutigen Gestalt, während sich im Berginneren die diluvialen Torfe zur fertigen Schieferkohle entwickelten. Zur Überdeckung des Kohlenkomplexes war vermutlich nicht einmal die von weither kommende Linth notwendig, sondern das während der Eiszeit baumleere und pflanzenarme Vorgebiet des Speer mit seinen Nagelfluhmassen in Verbindung mit alten Gletscherablagerungen dürfte genügend Schuttzufuhr geliefert haben.

Dieser Erklärungsversuch, der übrigens kleine Niveauverschiebungen der Landoberfläche nicht ausschließt, wird in den allgemeinen Zügen den Tatsachen gerecht, vor allem auch der Erscheinung, daß außer dem Gebiet von Uznach-Kaltbrunn in annähernd dem gleichen Niveau auch am Unter Buchberg (siehe

unten) und bei Eschenbach (vgl. S. 92) ein Schieferkohlenkomplex auftritt. Vielleicht sind sogar die Schieferkohlen des Zürcheroberlandes (vgl. S. 93) auf eine gleiche interglaziale Landoberfläche zurückzuführen. Die von Jeannet ebenfalls in Zusammenhang mit dem Linthebenensee gebrachten Schieferkohlen von Mollis dagegen passen nicht in den Deutungsversuch hinein. Sie verlangen entweder einen hochgestauten See oder müssen als lokale Erscheinung aufgefaßt werden (vgl. S. 91).

11. Die Schieferkohlen von Wangen am Unter Buchberg (Schwyz)

Die Schieferkohlen am Unter Buchberg sind mitten in der Linthebene gelegen. Sie sind seit dem Jahre 1830 bekannt, wurden damals ausgebeutet und auch wiederholt von den Geologen untersucht und beschrieben, eingehend nach dem ersten Weltkrieg, der eine Neubelebung des Interesses für diese Lager gebracht hatte, von Alphons Jeannet (1923). Nach Lage und Stratigraphie müssen sie zur gleichen Zeit wie die Schieferkohlen von Uznach-Kaltbrunn entstanden sein, gehören also in den gleichen Komplex quartärgeologischer Erscheinungen. Jeannet unterscheidet einen oberen Kohlenkomplex in ca. 470—485 m Meereshöhe bei Wangen und Nuolen. Er ist wenig mächtig, gewöhnlich nur einige Meter (in Einzelfällen 10—15 m), und gegen Westen hin keilt er ganz aus. Diese Schichten lassen einen oberen lehmig-kohligen und einen unteren grau- oder bräunlich-lehmigen oder lehmig-sandigen Anteil unterscheiden und sind lakustrer Entstehung. Oft sind Pflanzenreste eingelagert. Die Kohlen finden sich nur nördlich von Wangen und bilden meist nicht ein kompaktes Flöz, sondern dünne, durch Lehm- oder Sandzwischenlagen getrennte Bänder, die insgesamt kaum je die Mächtigkeit von 1 m erreichen. Östlich von Wangen und westlich, bei Nuolen, fehlen sie ganz oder sind doch nur in Spuren vorhanden. Dieser lehmig-sandig-kohlige Komplex ist über- und unterlagert von Schottern und Sanden, die meist 10—15 (5—20) m mächtig sind. In ähnlicher Weise wie bei Uznach finden sich an einzelnen Stellen Moränenreste zwischen dem Kohlenkomplex und den unterliegenden Schottern. Unter den unterliegenden Schottern (ca. 440 bis 450 m ü. M.) befindet sich der untere Kohlenkomplex, feine,

gebänderte Seemergel, Lehme oder sandige Lehme mit reichlichen Pflanzenresten und stellenweise mit Schieferkohleneinlagerungen. Er wird von Jeannet im Alter den Seekreiden und dem Delta von Güntenstall bei Uznach gleichgesetzt, also dem Interglazial Mindel-Riß. In Liegenden tritt wieder lokal Moräne auf und dann der anstehende Molassefels (oberes Oligozän). Da auch die oberen Schotter von Moräne überlagert sind, so ergibt sich im wesentlichen das gleiche stratigraphische Bild, wie in der Umgebung von Uznach. Doch konnte die Riß II - Moräne über dem Schieferkohlenkomplex nicht nachgewiesen werden.

Die Pflanzenreste in den beiden kohleführenden Schichten wurden von Helmut Gams und Ch. Meylan (Moose) näher untersucht (in Jeannet, 1923), wobei nur makroskopische Reste erwähnt werden. Der untere Kohlenhorizont ergab Picea abies (Blätter, Holz), Abies alba (Blätter), Betula alba (Holz), Alnus incana (Blätter), Salix cf. nigricans (Blätter). Jeannet glaubt, auch Blätter von Corylus festgestellt zu haben. Daneben fanden sich Reste einiger Sumpfpflanzen und besonders eine beträchtliche Zahl von Wasser-, Sumpf- und Waldmoosen, insgesamt ca. 24 Moosarten (vgl. Tab. 4—6). Die Ablagerung erfolgte nach Gams im offenen, ruhenden Wasser.

Auch im oberen Schieferkohlenkomplex fanden sich Pflanzenreste, Picea und Betula wie im unteren Komplex und eine Anzahl charakteristischer Wassermoose:

Drepanocladus revolvens	Calliergon turgescens
intermedius	cf. Scorpidium scorpioides
Sendtneri	Cratoneuron cf. commutatum
Calliergon trifarium	Acrocladium cuspidatum
giganteum	

Die gefundene Flora des festen Bodens ist also recht artenarm, fällt aber ganz in den Bereich derjenigen der Schieferkohlen von Uznach. Es ist auffallend, daß auch der nach Jeannet mit Güntenstall zu parallelisierende untere Schieferkohlenkomplex keine Laubvegetation und keine besonders wärmeliebenden Arten aufweist.

Eine weitere Fundstelle von Schieferkohle, die sich nach Arnold Escher am Ober Buchberg befinden soll, ist in Vergessenheit geraten und konnte auch von Jeannet nicht wieder gefunden werden. Ich selber konnte an diesen Lokalitäten keine

Untersuchungen ausführen. Vgl. dazu auch die Schlußbemerkungen zum Abschnitt der Schieferkohlen von Uznach, S. 85.

12. Die Schieferkohlen von Winden (Walenberg) bei Mollis

Am Hang des Kerenzerberges liegt über dem steil zum Talboden der Linth abfallenden Hang die Terrasse von Winden. Hier war ein Schieferkohlenvorkommnis bereits Arnold Escher bekannt (s. bei Jeannet, 1923). Nach dem ersten Weltkriege wurde es von J. Oberholzer neu entdeckt und daraufhin von A. Jeannet genauer untersucht. Die kohlenführenden Schichten liegen in einer Meereshöhe von 560 m, also 130 m über dem Talgrund. Der Steilhang besteht aus Kreidefels, der von Quartärmaterial überlagert wird, in Form von verfestigten Schottern. Diese weisen Deltastruktur auf und sind nach Jeannet von einem Wildbach in einen See abgelagert worden, dessen Oberfläche mindestens 50 m über dem heutigen Talboden lag. Ihre Gesteinszusammensetzung ist rein lokaler Art. Auf diesem Konglomerat ruht Grundmoräne mit viel Verrukano und Kristallin. Das Schieferkohlenlager dürfte nach Jeannet eine Länge von 60 — 70 m besitzen. Seine stratigraphische Lage konnte nicht ganz gesichert werden. Es scheint, daß die Kohle von Moräne unterlagert ist; sicher ist sie von einer dünnen Moränenschicht überlagert, und jedenfalls ist sie an Ort und Stelle entstanden. Jeannet untersuchte zwei Aufschlüsse, die durch Abgleiten der überlagernden Moräne sichtbar geworden waren. Sie enthielten mehrere schmale Bändchen von Kohle (je 10—20 und einmal 50 cm) mit zwischengelagerten, dünnen Bändchen von grauem oder braunem Lehm. Jeannet betrachtet sowohl die kohlenführenden Schichten als auch die Schotter als interglazial und als gleichaltrig mit dem Schichtenkomplex von Uznach-Kaltbrunn, also die Kohlen entstanden im Interglazial Riß I - Riß II. Für eine Ablagerung auf einer Bergterrasse über die zwei Eiszeiten weggegangen sind, ist allerdings die Überlagerung mit Moränenmaterial außerordentlich gering.

Wir suchten die Lokalität am 15. Mai 1950 auf. Die Schieferkohlenaufschlüsse waren in der Zwischenzeit wieder alle überwachsen worden. Nach längerem Suchen und verschiedenem er-

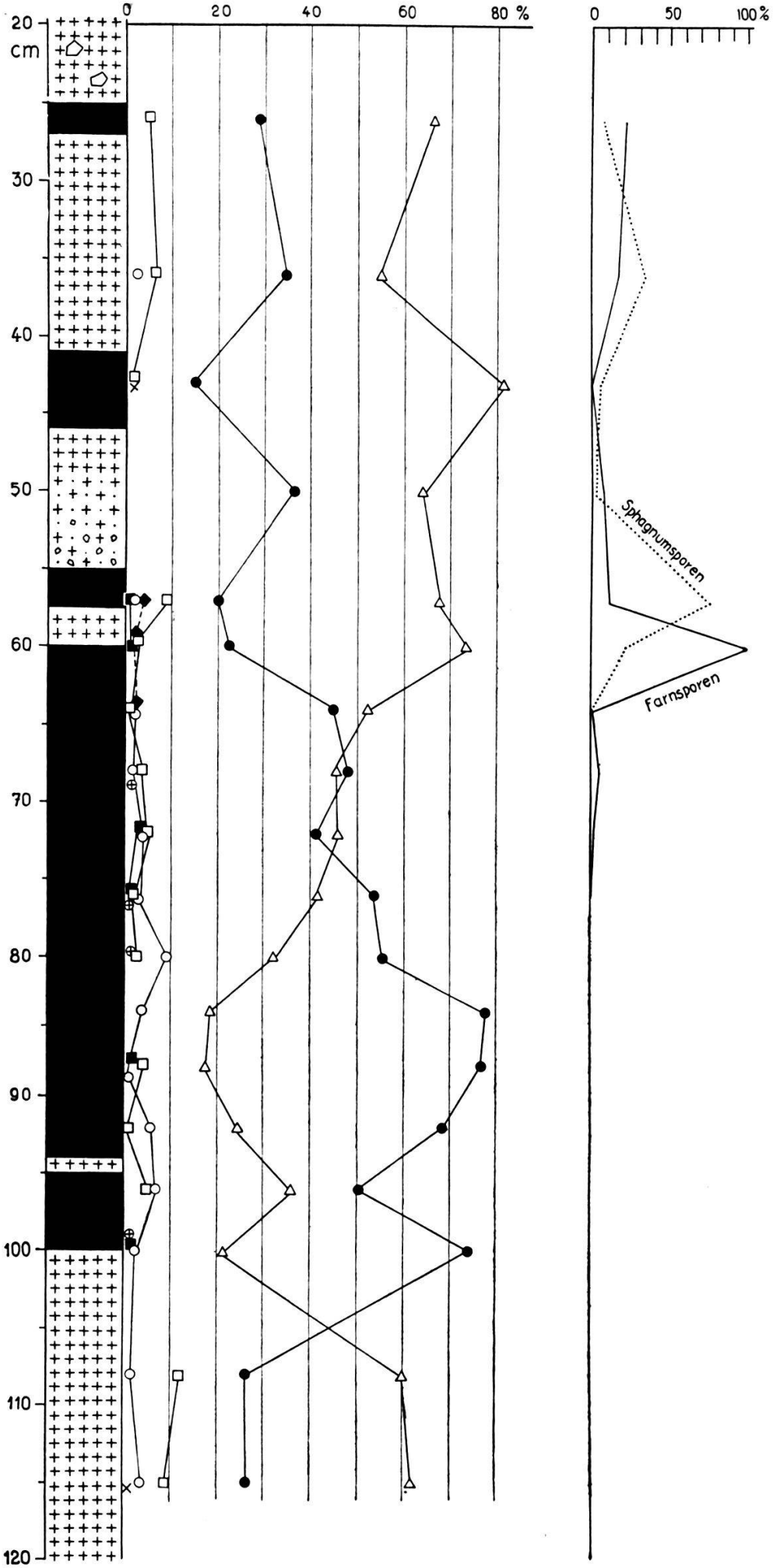


Abb. 17. Pollendiagramm des Schieferkohlenlagers in Winden bei Mollis.

folglosen Nachgraben fanden wir aber einen Aufschluß an einem vorspringenden kleinen Geländehöcker, dicht oberhalb des Waldrandes. Später fanden wir noch Spuren der Kohle am Oberrand des gegen Westen an den Wald anschließenden Tobels. Das Profil unseres Schieferkohlenaufschlusses, dem wir die Probenserien entnahmen, ist in der Abb. 17 dargestellt. Unter der lehmigen Braunerde mit Steinen, die den Weiderasen trägt, liegt in 25 cm Tiefe ein erstes, dünnes Kohlenschichtchen, dem noch vier weitere folgen, von denen das mächtigste 35 cm dick ist. Zwischengelagert und unterlagert sind lehmige Schichten, die zwischen dem 2. und 3. Kohlenband gegen unten hin stark sandig-grusig werden. Unterhalb der Kohle fanden wir im Lehm eine gut erhaltene Schale von Helix pomatia, die nach Dr. Jules Favre, der die Freundlichkeit hatte, den Fund zu kontrollieren, bisher aus interglazialen Schichten der Schweiz nicht bekannt war. Die Kohle selber ist dicht und ziemlich hart, gut gepreßt, von einzelnen hautdünnen Lehmbändchen durchzogen.

Der Pollengehalt war mittelgroß, am kleinsten unten, und die gezählten Pollenzahlen schwanken zwischen 38—168 pro Pollenspektrum. Die Ergebnisse der Analyse sind dargestellt in Abb. 17. Pinus und Picea teilen sich in Dominanz und Subdominanz, wobei Picea unten und im oberen Teil des Diagrammes herrscht. Mit wenigen Prozent findet sich Alnus beigemischt, und in der unteren Hälfte Betula, sparsam in einigen Horizonten des mittleren Teiles Quercus, Ulmus, Tilia, Corylus und Salix, ganz vereinzelt oben und unten Abies.

Der Pinuspollen zeigt die Eigentümlichkeit, daß sehr bedeutende Größenschwankungen auftreten, und daß die kleinen Pollen erst im oberen Teil des Diagrammes vorkommen. Die nachfolgende Zusammenstellung der gemessenen Pollen mag das illustrieren:

Bodentiefe	Pollengrösse		
	45–60 μ	61—75 μ	76—95 μ
20— 85 cm	25 Stück	19 Stück	15 Stück
85—120 cm	—	27 Stück	—

Die Größenunterschiede des Pollens dürften darauf beruhen, daß alle drei Pinusarten unserer Alpen beteiligt sind mit wechselnder Zahl: unten hauptsächlich Pinus mugo, die gegen oben stark

abnimmt, während Pinus silvestris (kleine Pollen) und wahrscheinlich auch Pinus cembra (ganz große Pollen) stark zunehmen. Die Veränderung ist aber nicht leicht klimatisch auszuwerten. Heute liegt die Lokalität in der Fagus-Stufe, mit reichlichen Tilia-Beständen in der Nachbarschaft; aber die oberen Teile der subalpinen Stufe, mit starker Verbreitung von Pinus mugo und cembra, sind räumlich ganz benachbart.

Vereinzelt und zerstreut sind auch die Krautpollen: Gramineen, Caryophyllaceen, Umbelliferen, 1 cf. Galium. Farn- und Sphagnumsporen sind unten selten und verstreut, oberhalb der Mitte, zusammen mit dem neuen Ansteigen von Picea sehr reichlich und von da an häufig bis in die Oberfläche. Sphagnum scheint sich zur Zeit, da das obere Ende der großen Kohlenschicht gebildet wurde, im Moor mindestens vorübergehend stark ausgebreitet zu haben.

Dieses Diagramm schließt sich in seiner Pollenzusammensetzung an die früheren an. Es ist ausgesprochen interglazial. Immerhin kann vielleicht die hohe Vertretung von Pinus mugo-Pollen in den unteren Schichten des Diagrammes und das späte Auftreten des Pollens von Pinus silvestris und Pinus cembra darauf hindeuten, daß das Diagramm im frühen Teil des Interglazials beginnt, als die Einwanderung noch nicht beendigt war. Sehr auffallend ist das beinahe völlige Fehlen des Abiespollens (relativ kontinentales Klima?).

Unter den heutigen Geländeverhältnissen ist die Bildung dieser Talterrasse mit den Kohlen- und Schotterkomplexen nur bei einer hohen Wasserstauung, die das ganze Limmattal hoch auffüllte, möglich. Jeannet nimmt dies an, und er hat an den Hängen des Walensees noch andere kleine Deltabildungen in ähnlicher Höhenlage gefunden. Wenn wir aber annehmen, das Walenseetal sei vor der letzten oder besonders vor der Rißvergletscherung noch wesentlich schmäler gewesen, so kann damals in Winden, als Rest eines alten Talbodens, eine dem Hang parallel laufende Mulde vorhanden gewesen sein, in die sich der Schutt des Wildbaches ablagerte und die später versumpfte. Eine solche zum Teil versumpfte Mulde ist etwas weiter gegen Osten, bei Filzbach-Britterberg in höherer Lage, ± 800 m, noch vorhanden.

13. Die Schieferkohlen von Eschenbach (St. Gallen)

Nördlich vom Zürcher-Obersee liegt in 450—500 m Meereshöhe das flache Tälchen von Eschenbach. Es ist in die miozäne Molasse ausgeteuft und wurde mit Diluvialschutt gefüllt. Längs des Südrandes des Tälchens ist dieser Schutt wieder zum großen Teil wegerodiert worden, und stellenweise bilden die älteren Diluvialablagerungen eine Steilstufe von einigen Metern gegen dieses jüngste Glied der Geländebildung. Das Pleistozän zeigt von unten nach oben folgende Lagerung: Schotter → Lager von sandigem Lehm → Schotter (sandiger Kies, 8 — 12 m) → Grundmoräne (wenig mächtig). Im Lehmhorizont finden sich Schieferkohlenflöze, bald im Lehm eingeschlossen, bald an der Oberfläche direkt unter dem Schotter liegend, aber immer von Lehm unterlagert. E. Baumberger (1923), auf dessen Angaben ich mich hier stütze, hat sie eingehend untersucht.

Die Kohlenflöze sind nur lokal als dünne Linsen vorhanden. Weiter verbreitet sind aber dunkle (bituminöse) Lehme. Bekannt und ausgebeutet sind 3 Kohlenlager, die ziemlich weit voneinander entfernt sind: Utenberg, Oberberg und Goldberg. Im Utenberg liegt das Flöz in ca. 490 m Meereshöhe. Seine Mächtigkeit beträgt im Maximum 2,1 m, nimmt aber gegen die Ränder hin rasch ab. Im Oberfeld war die Lagerung des Flözes ziemlich unregelmäßig. Es stieg dem Hang nach aufwärts von ca. 510 bis 522 m Meereshöhe und war ca. 50 cm mächtig, gelegentlich in zwei kleine Flöze aufgespalten. Etwas höher am Berghang, in ca. 540 m Höhe findet sich ein weiteres kleines Kohlenlager (Gubser) mit 2 Bändern von 50 und 20 cm Dicke. Das bedeutend weiter gegen Süden, jenseits des Tälchens auf dem Bergrücken gelegene Lager von Goldberg hält etwa die gleiche Höhe, wie das von Oberberg, ist aber sehr klein.

Über Pflanzenreste im Schieferkohlenkomplex dieses Gebietes habe ich keine Angaben gefunden. Doch fand ich in der Sammlung in Basel (vgl. S. 96) zwei Kohlenproben von Gubser, die auf den Pollengehalt untersucht wurden. Die eine enthielt sehr wenig Pollen (in 5 zu je $^1/_6$ ausgezählten Präparaten 7 Pinus und 2 Picea), die andere, ein stark zersetzter Torf mit vielen gut erhaltenen Geweberesten, war pollenreich. In 2 Präparaten zählten

wir: Abies 106, Picea 15, Pinus 4, Corylus 12, Betula 2 (groß, 28 μ), Alnus 13, Carpinus 1, Ulmus 3, Tilia 2. Also ausgesprochene Abieszeit mit reichlich Laubholz, guten klimatischen Verhältnissen entsprechend. Spektren dieser Art haben wir bei unserem Gang durch die interglazialen Ablagerungen des Mittellandes verschiedentlich gefunden, nicht aber im Gebiet von Uznach oder im Zürcheroberland.

Die Kohlen von Eschenbach dürften im Alter und in der Art der Entstehung denen von Uznach nahe stehen. Sie bildeten sich in Tümpeln oder kleinen Seen in Zeiten, da die Lehmeinschwemmungen weniger bedeutend waren als vorher und nachher. Immerhin zeigen die kohligen Lehme, daß die feinen, mineralischen Trübungen auch zur Schieferkohlenzeit nicht fehlten. Die sehr aschenreichen Kohlen am Berghang oberhalb Oberfeld sind vielleicht in einem Gehängemoor entstanden.

14. Die Schieferkohlen im Zürcheroberland

Im Zürcheroberland sind im 19. Jahrhundert bei Dürnten, bei Schoeneich (Wetzikon) und bei Goßau Schieferkohlen bekannt geworden, die alle in ähnlicher Höhe gelegen sind (500—540 m). Die Ausbeutung hat schon lange aufgehört, und Schürfungen, die während des ersten Weltkrieges ausgeführt wurden, haben nicht viel Neues ergeben. E. Baumberger (1923) hat alles, was wir nach alten Berichten und den neuen Schürfungen über diese Lager wissen, zusammengestellt. Im nachfolgenden Überblick beziehe ich mich im wesentlichen auf seine Veröffentlichung.

a) *Dürnten* ist eine klassische Schieferkohlenstätte. Hier haben vor rund 100 Jahren Arnold Escher von der Linth und Oswald Heer gearbeitet und die interglaziale Lagerung der Schieferkohlen erkannt.

Die Schieferkohlen finden sich in großen Linsen, immer in Verbindung mit Lehmlagern, in die sie eingeschaltet sind. Sie sind 20—70 cm, gelegentlich bis 1 m, im Maximum 3,5 m mächtig. Im gleichen Lager finden sich nur 1—2 Flöze; aber insgesamt stellt Baumberger nach den Niveauverhältnissen deren 4 fest, die übereinander liegen und teilweise auch durch kohlige Lehme markiert sind. Kohlige Lehme bilden auch oft das Liegende der

Kohlenlager. Das höchstgelegene Flöz ist nur im Oberberg mit Basis von 535,8 m, das tiefstgelegene nur am Behrenbach in 517 m vorhanden. Unter, zwischen und über den Kohlenlinsen sind in sehr unregelmäßiger Verteilung mineralische Schuttmassen, Sande, Kiese und Lehme gelagert, wobei in dem gleichen Niveau ganz verschiedene Sedimente auftreten, so daß Baumberger von Schuttlinsen spricht. Überlagert ist die ganze Bildung von typischer Moräne der letzten Vereisung. Als Unterlagerung wird Grundmoräne angegeben, schon von A. Escher und Oswald Heer (1883) und wieder von Albert Heim (1919). Baumberger fand in einem 29 m tief, auf 515 m abgesenkten Schacht keine Moräne. Er erreichte mit dieser Abteufung beinahe die unterliegende miozäne Molasse, so daß eine unter den Schottern liegende Moräne jedenfalls an dieser Stelle wenig mächtig ist, und keine in die Schotter eingelagerten Moränen vorhanden sein dürften.

Baumberger betrachtet die ganze Bildung als Riß-Würm-Interglazial und stellt sich die Bildung so vor, daß eine breite Wanne zwischen Bubikon und Dürnten während langer Zeit Flußaufschüttungsebene mit wechselndem Gewässernetz war. Gleichzeitig wurden nebeneinander sandige und lehmige Schotter, Sand und Lehm abgelagert und in Mooren Torf gebildet. Moore wurden wieder mit Sand oder Lehm zugedeckt und konnten sich höher oben ein zweites Mal bilden, oder auch nebenan an anderer Stelle. Während der letzten Eiszeit wurde die Landoberfläche zum heutigen Zustand modelliert, vor allem durch Erosion, so daß unter der beim Rückzug des Würmgletschers abgelagerten Grundmoräne bereits die heutige Terraingestaltung vorhanden war.

Dieser Erklärungsversuch wird den Gegebenheiten gerecht unter der Voraussetzung, daß mindestens zeitweise offene, stehende Gewässer von größerem Umfange vorhanden gewesen sind, in die der Mineralschutt abgelagert werden konnte, und aus denen durch die Verlandung die Moore hervorgingen. In diesen wurden torfige Lehme (Lehmgyttja?) und Torfe gebildet. Ferner muß sich, damit bei wiederholtem Wechsel der Ablagerungsform eine Gesamtmächtigkeit von über 30 m entstehen konnte, die Erosionsbasis wiederholt gehoben haben, so daß offenes Wasser in immer höherem Niveau entstand.

Aus Dürnten hat Oswald Heer seine reichste Fundliste interglazialer, pflanzlicher Fossilien angegeben, zu denen später, wie Baumberger mitteilt, keine Neufunde mehr hinzugekommen sind. Heer verzeichnet folgende Holzpflanzen:

Picea abies (Zapfen und Holz)
Pinus silvestris (Zapfen, Holz)
Pinus cf. mugo (Zapfen, Blätter)
Taxus baccata (Nüßchen)
Betula alba (Rinde, Holz)
Acer pseudoplatanus (Blätter)
Corylus avellana var. ovata (Früchte)

Dazu kommen eine Anzahl Krautpflanzen, vor allem Sumpfpflanzen:

Phragmites communis
Schoenoplectus lacustris
Menyanthes trifoliata
Brasenia purpurea (Samen)
Galium palustre
Trapa natans (unsicher)
Vaccinium vitis idaea (unsicher, Blatt)
Rubus idaeus (Samen)
Polygonum hydropiper (Samen, unsicher)

Einige Moosreste die Heer auffand, dürften zu Sphagnum cymbifolium, Calliergon trifarium und Calliergon giganteum zu stellen sein (vgl. S. 140).

Auch diese Florula fällt nicht aus dem Rahmen der von anderen Fundstellen bekannten interglazialen Flora. Neu ist Heers Nachweis von Brasenia purpurea. Diese Seerose ist heute aus ganz Europa verschwunden, findet sich aber in allen 4 anderen Erdteilen und im besonderen im gemäßigten Nordamerika auch unter Klimaverhältnissen, die denen unserer Schieferkohlen-Interglazialzeiten recht ähnlich gewesen sein dürften (Südkanada). Der Braseniafund von Dürnten blieb für die Schweiz der einzige, bis vor kurzem, anläßlich der Revision der Materialien Greppins von St. Jakob in Basel, R. Kräusel die Art auch dort feststellte. Sie ist aber in anderen interglazialen Ablagerungen Mitteleuropas auch gefunden worden und soll sich nach der Untersuchung von W. Szafer (1925) von den rezenten Formen dieser Art unterscheiden. Szafer benannte sie Brasenia Schroeteri.

Auch die Molluskenfauna Dürntens, von der Heer 3 Arten fand, deren Zahl sich aber durch die Bohrungen Baumbergers auf 19 erhöht hat, soll nach den Untersuchungen von G. Bollinger (1921) keine entscheidenden Schlüsse in der Frage nach Alter und Klima gestatten. Sie besteht aus 12 Sand- und 6 Süßwasserformen, die mit Ausnahme einer von Bollinger neu aufgestellten Valvata-Rasse zu den gemeinsten, weit verbreiteten Vertretern unserer Molluskenfauna gehören. Des weitern wur-

den in Dürnten gefunden die Reste einiger Großsäuger: Elephas antiquus, Rhinoceros Merckii, Bos primigenius, Cervus alces, Cervus elephus, von denen die beiden ersten schon während der Eiszeit ausgestorben sind.

In Baumbergers Bericht (1923) über seine Bohrungen vom Jahre 1918 findet sich eine Notiz, er habe Proben dieser Sondierungen im Naturhistorischen Museum in Basel hinterlegt. Auf eine Nachfrage hin hatten die Herren Direktor Prof. Dr. Ed. Handschin und Konservator Dr. E. Gasche die Freundlichkeit, mich Einblick in die Sammlung Baumberger nehmen zu lassen und mir zu gestatten, eine Anzahl Proben zur Untersuchung auf den Pollengehalt zu entnehmen. Von dem Kohlenkomplex Dürnten liegt eine größere Anzahl Proben vor, die nach den einzelnen Bohrungen geordnet sind, auf denen aber leider in der Regel die Tiefenlage nicht angegeben ist. Nur von der Bohrung X zwischen Oberberg und Binzberg ist die Lagerung einiger Proben näher verzeichnet (auch ungenügend genau), und ich untersuchte in erster Linie diese Reihe, obschon sie nur ein schwaches Flöz enthält, das zudem mit keinem der 4 Haupthorizonte Baumbergers sicher identifiziert werden kann. Der Höhenlage nach (521—524 m) gehört dieses Flöz zwischen das 3. und 4. Flöz, näher dem ersteren. Es ist von sandigen Schottern unterlagert und über einer dünnen Zwischenschicht von mehreren Metern Grundmoräne überlagert. Die 4 Proben verteilten sich auf 3 Kohlenbändchen und eine Schicht bituminösen Mergels. Alle waren pollenarm, der Pollen zumeist nicht gut erhalten. Wir fanden folgendes:

	Pinus	Picea	Corylus	Betula	Ulmus	Compositen	Farnsporen
oberes Kohlenband	9			1		1	
dünnes » 5,7 m	20	1					
«Hauptflöz»	25	5					
bitum. Mergel, 6,10–6,15 m	8	16	1		1	3	2

Eine Kohlenprobe aus Schacht II kann mit Sicherheit dem Flöz 3 zugeteilt werden, da in dieser Bohrung nur ein Kohlenflöz gefunden wurde. Sie bestand aus Algengyttja mit etwas Gesteinssplittern und enthielt spärlich Pollen. In 4 zu je $^1/_6$ ausgezählten Präparaten fanden wir:

Pinus	Picea	Corylus	Betula	Alnus	Carpinus
13	11	3	2	1	1

Eine weitere Kohlenprobe aus Schacht I bestand aus stark zersetztem Torf mit vielen Geweberesten. Sie muß von dem untersten Flötz (4) stammen und war pollenreich. In 2 zu je einem $^1/_6$ ausgezählten Präparaten fanden wir:

Pinus	Picea	Abies	Salix	Betula	Sphagnumsporen
39	137	3	1	2	13

Diese Spektren sind den übrigen interglazialen anzureihen, auch wenn sie teilweise einen recht unvollständigen Eindruck machen. Neu für Dürnten weisen sie Abies, Salix, Alnus, Carpinus, Ulmus und Composita sp. auf. Die Probe aus Flöz 4 entspricht einem Fichtenwald mit reichlich Pinus und etwas Abies; die aus Flöz 3 scheint bereits einen bedeutenden Rückgang von Picea im Waldbild wiederzugeben, der sich in den Proben aus Schacht X noch fortsetzt, so daß man geneigt ist, im obersten Spektrum dieses Profils eine ausgeprägte Klimaverschlechterung und das Herannahen einer Vereisung zu sehen. Die kohlenführende Schicht ist hier der überlagernden Moräne sehr nahe und die Zwischenlage von grauem, sandigem Mergel mit Kohlenschmitzen und Linsen aus blauem Ton ist offenbar eine durch den Gletscher erzeugte Aufbereitungsschicht. Der Kohlenkomplex des Schachtes X ist möglicherweise die jüngste Kohlenbildung von Dürnten, die spät erfolgte Auffüllung einer durch fließendes Wasser offen gehaltenen Mulde. Es ist aber auch möglich, daß innerhalb der Bildungszeit der kohleführenden Schichten eine vorübergehende Klimaverschlechterung eingetreten ist, die sich im Pollenbild ausprägt und hier erfaßt worden ist. Es ist außerordentlich schade, daß diese Lagerungsverhältnisse nicht mehr durch umfassende Pollenanalysen geklärt werden können.

b) Die Schieferkohlen von *Schoeneich bei Wetzikon* gehören zum gleichen Aufschüttungsfeld wie diejenigen von Dürnten, liegen auch in gleicher Höhe. Sie wurden 1858 beim Bau der Bahn entdeckt, von 1862 — 1878 ausgebeutet und damals durch O. Heer, A. Escher und J. Messikommer sehr sorgfältig untersucht. 1918 führte E. Baumberger auch hier systematische Tiefenbohrungen aus, die er 1923 beschreibt. Das

Kohlenlager hat nach dem Kärtchen von Baumberger eine Länge von etwa 600 m, eine maximale Breite von etwa 180 m und eine Mächtigkeit von 0,3—2,4 m. Die Unterkante der Kohle liegt nach den von Baumberger mitgeteilten Schürfprotokollen in 533,2—540,6 m Höhe. Das Kohlenlager ist von lehmigen Bildungen unterlagert und teilweise überlagert, und häufig findet sich in der Unterlagerung kohliger Lehm, der auch über die seitlichen Ränder des Kohlenlagers noch ein Stück hinausgeht. Teilweise wird die Kohle auch von Seesand oder seekreidigen Schichten mit Süßwassermollusken unterlagert. Dieser Kohlenschichtkomplex ist in ein weites Feld von Schottern und Sanden eingelagert und wird von ihnen 3—10 m mächtig zugedeckt. Einwandfrei ist hier nicht nur die Moränenüberlagerung, sondern auch die Unterlagerung mit blockiger Moräne festgestellt. Die ganze Schieferkohlenbildung scheint einheitlicher Natur zu sein: eine Geländedepression mit stehendem Wasser verlandete in einer Interglazialzeit, und verwandelte sich in einen Torfsumpf, wobei in den randlichen Teilen die Torfbildung etwas höher oben einsetzte als in den zentralen Teilen. Baumberger betrachtet die Entstehung des Kohlenkomplexes als Riß-Würm-Interglazial.

Heer fand in diesen Kohlenschichten Reste von Picea abies, Pinus silvestris und Betula alba. Der Baumbergerschen Sammlung in Basel konnte ich ebenfalls eine Schieferkohlenprobe zur Untersuchung auf den Pollengehalt entnehmen. Die Probe war pollenreich und ergab in 2 Präparaten, von denen je $^1/_6$ durchsucht wurde, folgende Pollengehalte: Pinus 52, Picea 42, Abies 5, Alnus 3, Quercus 1. Dazu 9 Sphagnumsporen. Also ein typisches interglaziales Spektrum.

c) In der *Krährütti, nördlich von Goßau,* wurden ums Jahr 1880 in ca. 500—510 m Meereshöhe Schieferkohlen gefunden, und bei Schürfungen im Jahre 1891 in Lehmschichten eingebettet ein Lager von kohligem Lehm mit Schieferkohlen in einer Ausdehnung von etwa 2 ha festgestellt. Der ganze Lehm-Kohlenkomplex hat etwa 1,5 m Mächtigkeit. Das Kohlenflöz ist sehr unbedeutend und setzt oft aus, so daß sich die Ausbeutung nicht lohnte. Der Lehm-Kohlenkomplex wird von 1—2 m Kies überlagert, und darüber liegt auf der Oberfläche Moräne der letzten Vergletscherung. Die unmittelbare Unterlagerung des Lehmes ist nicht be-

kannt; aber wenig tiefer liegen die Aatalschotter, die mit der Rißvergletscherung in Verbindung gebracht werden. Die Schieferkohlen von Goßau werden also auch als Riß-Würm-Interglazial betrachtet, gleichalterig mit denen von Dürnten. Über Pflanzenreste ist nichts bekannt.

15. Das Schieferkohlenlager von Mörschwil (St. Gallen)

Östlich von St. Gallen, da wo die Bahn mit großen Windungen zum Bodensee absteigt, liegt zwischen den kleinen Flüßen Goldach und Steinach das Plateau von Mörschwil, ca. 500 m ü. M. In den Erosionsrinnen zweier Bäche tritt dort Schieferkohle offen zutage. Sie wird seit dem Anfang des 19. Jahrhunderts ausgebeutet, intensiv vor allem in den beiden Weltkriegen. Bereits Oswald Heer war sie gut bekannt. J. Weber hat die Lager und ihre Geschichte im Jahre 1923 eingehend beschrieben.

Die Kohlen bilden ein Hauptflöz und stellenweise darüber oder darunter mehrere kleine Flöze. Die Mineralschichten zwischen den Flözen bestehen aus Lehm, sandigem Lehm, dunklen oder kohligen Lehmen oder auch aus Schotter, der manchmal mehrere Meter mächtig ist. Die Unterlage des Kohlenkomplexes sind Lehme und darunter Schotter oder Sande. Unterliegende Moräne konnte nicht sicher festgestellt werden. A. Penck (1909, S. 421) und A. Heim (1919, S. 314) betrachten aber diese Lehme als Grundmoräne, ebenso Heim die Schotter unter dem Lehm als altes Delta der Goldach. A. Ludwig (1911) hat am Schwärzebach und an der Steinach Moränen gefunden, die unter den Kohlenschichten zu liegen scheinen. Der anstehende Fels ist obere Süßwassermolasse. Die Überlagerung des Kohlenkomplexes wird ebenfalls von Lehm mit Geröllen gebildet und ist zur Grundmoräne der Würmeiszeit zu stellen (St. Gallerzunge des Rheingletschers). Nach Weber ist keine zusammenhängende Kohlenfläche vorhanden, sondern diese verteilt sich auf 3 selbständige Teilgebiete: Schwärzebach, Heldbach (Oberbühl), Unterbühl. Diese haben die Form flacher Linsen. Für Unterbühl wurden die Grenzen durch Bohrungen festgelegt, die eine Ausdehnung des Lagers von etwa 3 ha ergaben. Auch liegen die Kohlenlager nicht genau in gleicher Höhe. Die Arbeit von Weber enthält aber darüber nur

wenige Angaben. Zwei Schachtprofile vom Unterbühl, die in der gleichen Linse, ca. 60 m auseinander liegen, geben das Flöz in 456 m Meereshöhe. Für das oberste Flöz am Schwärzebach gibt Weber eine Höhenlage von 480 m an. Darunter liegen mehrere Meter Lehm und feiner Sand worauf das Hauptflöz und wenig unterhalb ein drittes Flöz von geringer Mächtigkeit folgen. Leo Wehrli gibt (cit. nach Weber) für das Flöz Oberbühl eine Höhenlage von 465 m an. Die Landoberfläche, auf welche die Kohlen abgelagert wurden, war also uneben und enthielt vermutlich mehrere verlandende und in Torfbildung übergehende Seen in etwas verschiedener Höhenlage. Die Kohlenflöze selber weisen sehr ungleiche Mächtigkeiten auf, das Hauptflöz meist ca. 80 bis 100 cm (Wehrli fand an der oben angegebenen Stelle 200 cm Kohle). Die Nebenflöze sind oft auf schmale Bänder von wenigen cm Dicke reduziert. Die Kohle ist nach Weber nur wenig verhärtet, und die Inkohlung ist nicht stark vorgeschritten. Zwischen der Kohle und der überliegenden Grundmoräne ist ein scharfer Kontakt. Die Kohlenoberfläche ist oft ganz glänzend gerieben, offenbar durch die Wirkung des darüber fließenden Gletschereises. Dieses hat auch die Ränder der Lager mehr oder weniger deformiert, einzelne Stücke abgetrennt und verschleppt. Die Bohrungen im Unterbühl-Lager ergeben dies besonders deutlich. Im überliegenden Lehm der Grundmoräne werden wiederholt Kohlenfetzen angegeben. Es gibt aber auch Stellen, wo der über dem Flöz liegende Lehm zum Kohlenkomplex zu rechnen ist.

Das Flöz und teilweise auch der Lehm sind reich an Pflanzenresten. Oswald Heer gibt davon ein Verzeichnis, das durch W. Rytz (bei Weber) erweitert worden ist. Es umfaßt folgende Holzpflanzen:

Picea abies (Holz und Zapfen)
Pinus silvestris (Holz, Zapfen, Pollen)
Pinus mugo (wohl unsicher)
Larix europaea (Zapfen, unsicher)
Abies alba (Blätter)
Betula alba (Rinde, Holz)
Alnus sp. (Rinde, unsicher)
Quercus (robur?, Fruchtbecher, Holz)
Corylus avellana, var. oblonga und ovata (Früchte)

Dazu zwei Sumpfpflanzen (Menyanthes trifoliata, Scheuchzeria palustris) und zwei Moose Thuidium cf. delicatulum (vgl. S. 140) und Drepanocladus sp.). Das fossile Holz ist sehr reichlich und soll von Picea, Pinus und Quercus herstammen. Ältere Beobachter sprechen davon, daß das Holz bis $^1/_{10}$ der Kohlenmasse ausmache,

und erwähnen Stämme bis 4 m Länge und bis 1 m Dicke. Wie stets in den Schieferkohlen sind die Hölzer oval gepreßt, aber im Inneren noch recht frisch. Auch mächtige, aufrechte Baumstrünke wurden gefunden. Weber fand im Flöz Unterbühl weniger Holz, aber doch reichlich Holzteile bis Armsdicke und auch Wurzeln von einigen Dezimetern Dicke, die bis 50 cm in den unterliegenden Lehm hinabreichten, was wohl dafür spricht, daß sich auf dem Lehm eine Baumvegetation angesiedelt hat, bevor die Torfbildung einsetzte. Auch E. Scheibener (1915) erwähnt aufrecht stehende Strünke. An einigen Stellen kamen Holzkohlen zutage, wohl Reste von Waldbränden im bewaldeten Moor. Von tierischen Resten wird nur Hirschgeweih genannt.

Das Alter dieser Schieferkohlenbildung wird von Brückner (1909), ebenso von Ludwig (1911) und von Scheibener (1915), in ein würmzeitliches Interstadial verlegt, von den meisten anderen Geologen ins Riß - Würm - Interglazial. Weber meint, daß der langsam zurückgehende Würmgletscher über dem Bodensee lag und eine Stauwirkung zustande brachte, die am Berghang Versumpfung bewirkte, kommt also zu der gleichen Annahme wie Brockmann für das Delta von Güntenstall. A. Penck (1909 II, S. 419) dagegen nimmt offenbar an, der Bodensee sei in der Riß-Würm-Interglazialzeit so hoch gestanden, daß die Sümpfe auf dem Plateau von Mörschwil, in denen die Schieferkohlen entstunden, eine Uferbildung waren.

Während des ersten Weltkrieges ist speziell das Flöz Unterbühl abgebaut worden. Im zweiten Weltkrieg beutete die Firma Corazza in St. Gallen das Kohlenlager auf der linken Seite des Schwärzbaches aus. Ich besuchte das Bergwerk am 5. Juni 1945 und konnte dank freundlicher Förderung durch die Unternehmung in den beiden im Betrieb stehenden Stollen Probenserien entnehmen. Die Stolleneingänge waren am Bachhang gelegen. Im Stollen 8 fand ich ca. 28 m vom Stolleneingang entfernt, nahe dem Vortrieb, eine Kohlenschicht von 80 cm Dicke. Darüber folgte mit scharfem Kontakt sandiger Lehm, darunter ebenfalls mit scharfem Kontakt Lehm (vgl. Abb. 18). Der andere Stollen (11 J) lag etwa 80 m weiter abwärts. Die Proben entnahmen wir etwa 25 m vom Eingang entfernt. Die Kohlenschicht maß 92 cm. Oben war ein scharfer Kontakt gegen den überliegenden Lehm, und die

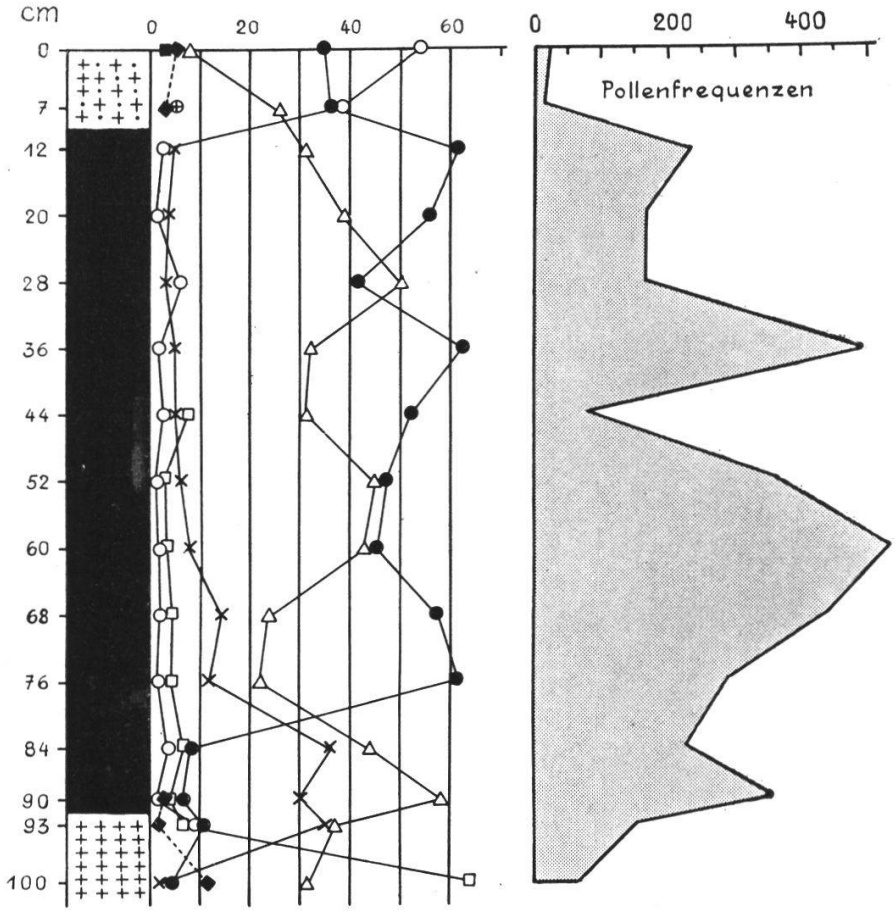


Abb. 18. Pollendiagramm des Schieferkohlenlagers in Mörschwil.

Kohlenoberfläche war oft glänzend gerieben. Unten ging die Kohle mit einer Übergangsschicht von ca. 10 cm in den unterliegenden Lehm über. Im Stollen 8 war die Kohle rein und hart mit wenig Holz, im Stollen 11 J war die Kohle weicher, in den mittleren Teilen mit lehmigen Schichtchen und mit etwas Holz. Verschiedene mitgenommene Holzstücke, darunter eines von einem 30 cm dicken Stamm, bestimmten wir als Pinus und eines als Picea.

Pollenanalytisch wurde das Profil aus dem Stollen 8 durchgearbeitet. Der Pollengehalt war ziemlich hoch mit Ausnahme des obersten, im oberen Lehm steckenden Teiles des Profiles. Das Diagramm läßt 3 gut gesonderte Abschnitte erkennen. Im untersten Abschnitt wird es von Picea zusammen mit Abies beherrscht, und am Grunde dominiert der Pollen von Alnus. Im mittleren Teil, der das Hauptstück des Diagrammes ausmacht, dominieren Picea und Pinus. Die letztere ist anfänglich nur schwach vertre-

ten, ihre Werte steigen aber gegen oben hin rasch an. Abies fällt nach oben rasch ab und verschwindet schließlich, Alnus ebenso. Im obersten Teil, der die beiden im oberen Lehm gelegenen Spektren umfaßt, steigt der bisher nur in ganz bescheidenem Umfange vorhanden gewesene Betulapollen zur Dominanz an, während der Piceapollen stark zurückgeht. Auffallend ist das völlige Fehlen der Laubedelhölzer. Nur in den untersten Horizonten fand sich Corylus, ganz unten mit 11%, dann noch mit 1% und im oberen Teil zweimal ein Corylus- und einmal ein Quercuspollen. Der Piceapollen zeigte einen auffallenden Dimorphismus in der Größe. Es gab große Pollen von ca. 130 μ Länge und daneben kleine, nur etwa 100 μ lang. Beide waren reichlich vorhanden, die großen etwas häufiger. Von ca. 30 cm Profiltiefe an abwärts wurden sie getrennt gezählt. Es lag nahe, bei dem kleinen Pollen an Picea omorica zu denken, die von Firbas (1927) in den Schieferkohlen von Hopfgarten im Tiroler Inntal festgestellt worden ist.

Wir maßen aus 90 cm Tiefe, im KOH-Aufschluß und in Glyzerin-Einbettung, die Pollenlänge und die Luftsackhöhe von 100 Piceapollen, so wie sie beim Durchzählen der Präparate ins Gesichtsfeld kamen und fanden folgendes:

	Zahl	Pollenlänge Mittel	Pollenlänge Extremwerte	Luftsäcke Mittel	Luftsäcke Extremwerte
große Pollen	78	128 μ	(102) 115—145 μ	77 μ	63—91 μ
kleine Pollen	22	106 μ	95—122 μ	52 μ	42—63 μ

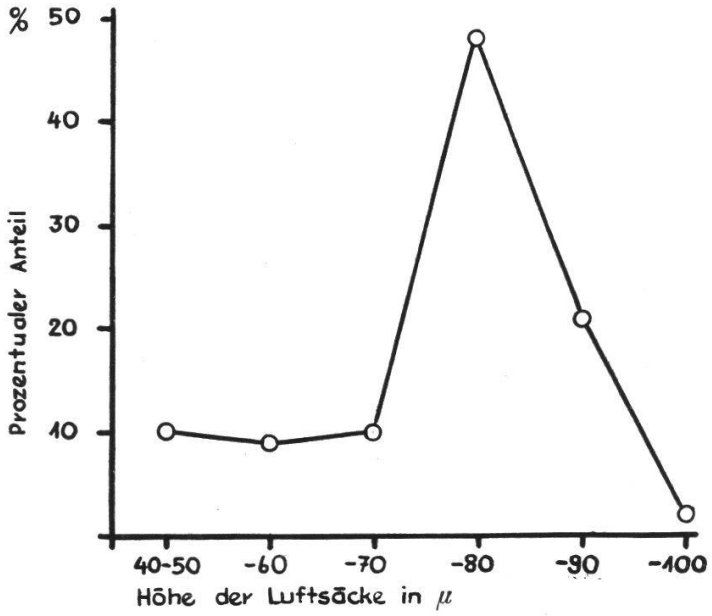


Abb. 19. Größenschwankung der Luftsackhöhe von 100 Picea-Pollen aus den Schieferkohlen von Mörschwil.

Die Pollen unterschieden sich auch in der Färbung, indem die kleinen kräftiger und mehr rötlich gefärbt waren. Auch zeigten sie eine stärkere Wand (besonders deutlich auf dem Rücken des Kornes) und eine deutlichere und schärfere Skulptierung der Luftsäcke mit etwas gröberer Netzzeichnung. Wie man sieht, ist namentlich der Unterschied in der Luftsackhöhe sehr beträchtlich und konstant. Die Extremwerte der großen und kleinen Pollen erreichen sich knapp, ohne sich zu überschneiden. Wir waren kaum je mit der Zuteilung eines Pollens im Unsicheren. In Abb. 19 haben wir die Größenschwankung der gezählten 100 Pollen aufgezeichnet.

Firbas hat auf den konstanten Unterschied in der Luftsackhöhe zwischen Picea abies und Picea omorica aufmerksam gemacht. Er fand für rezente Picea abies als häufigste Werte 65—70 μ, sowie Extremwerte von 47 bis 85 μ, für rezente Picea omorica die entsprechenden Werte 42—52 μ und 33—70 μ.

Diese Werte stimmen gut mit denen unserer großen und kleinen Pollen überein, und es ist wahrscheinlich, daß die kleinen Pollen von Picea omorica herrühren (vgl. S. 145).

Pollen von Krautpflanzen war spärlich, etwas Gramineen, Caryophyllaceen, Umbelliferen, Compositen. Farnsporen fanden sich reichlich im untersten Horizont, sonst nur vereinzelt, Sphagnumsporen einzeln oder wenige in den meisten Horizonten, reichlich in 28 und 68 cm Tiefe. In 20 cm Tiefe fanden wir eine Lycopodiumspore.

Das Diagramm von Mörschwil repräsentiert von unten bis zum Oberrand der Schieferkohlen einen Coniferenwald, der unten mehr mesophytischen Charakter hat, was sich in dem sehr reichlichen Anteil von Abies und Alnus äußert. Die starke Verbreitung von Alnus dürfte lokaler Art gewesen sein (Ufer- und Flachmoorgehölze), deutet aber auf einen etwas feuchten Klimacharakter. Nach oben hin entsteht mehr und mehr ein Picea-Pinus-Wald, der klimatisch geringere Ansprüche macht. Das viele eingelagerte Holz und besonders die Stammstrünke und aufrechtgestellten Stammbasen zeigen, daß diese Schieferkohlenmoore teilweise und zeitweise bewaldet waren. In den obersten Schichten der untersuchten Ablagerung erreichte die langsam vor sich gehende Änderung des Waldbildes einen Extremwert durch das Zurückweichen der Fichte und das starke Vortreten der Birke. Wir dürfen annehmen, daß während der Sedimentation unseres Profiles eine langsame Verschlechterung des Klimas vor sich ging, die schließlich zu subarktischen Verhältnissen führte.

Das Profil ist deutlich interglazial. Es beginnt nicht zu Beginn einer Interglazialzeit, sondern erst in den mittleren Teilen, vielleicht nachdem die maximale Klimaverbesserung bereits vor-

bei war, worauf das Fehlen des Eichenmischwaldpollens hinweist. und führt bis gegen das Ende einer Interglazialzeit hin. Die Pollen von Corylus und Quercus, die in den obersten Schichten auftreten, haben keine Beweiskraft, sondern können umgelagert sein. Immerhin sind die unserem analysierten Schieferkohlenprofil aufgelagerten, lehmigen Schichten noch nicht als Moräne zu betrachten, sondern auf eine Stauung zurückzuführen, die vermutlich mit der Annäherung des Gletschers in Verbindung stand.

Die Wasserstauung am Hang, die zur Versumpfung und zur Schieferkohlenbildung führte, setzt m. E. weder einen in der Nähe liegenden, stauenden Gletscher, noch einen bis auf das Plateau reichenden Stand des Bodenseespiegels voraus. Es ist auch möglich, daß nach der Rißeiszeit ein Moränenwall den Hang gegen den See hin absperrte, der stauend wirkte und später abgetragen worden ist, oder daß in der Interglazialzeit die großen Bäche (Goldach) sukzessive Geröll und Sand aufschütteten und dadurch die Voraussetzung für die Wasserstauung schufen. Der gleiche Bach, der vorerst Geröll aufschüttet, kann später in das gestaute Wasser lehmige Einschwemmungen machen, und kann auch den gebildeten Torf wiederholt mit lehmiger Ablagerung überdecken. Die Kohlenlager zeigen gegenüber dem Haupttal eine auffallende Ähnlichkeit der Lage mit denen von Uznach-Kaltbrunn.

Was das Alter der Schieferkohlenbildung anbetrifft, so können wir auch vom botanischen Standpunkt aus die Einordnung in das Riß-Würm-Interglazial annehmen. Ein Würmstadial, auch das große Interstadial zwischen Würm I und Würm II kommt kaum in Betracht, namentlich auch unter Berücksichtigung der eigentümlichen Glättung der Schieferkohlenoberfläche in einzelnen Teilen der Ablagerung. Als der Gletscher diese Politur vornahm, muß der Torf bereits eine bedeutende Festigkeit und Härte gehabt haben, was seit seiner Bildung einen längeren Zeitraum und wahrscheinlich eine Pressung durch starke Überlagerung voraussetzt.

16. Die Schieferkohlen von Wildhaus (St. Gallen)

Wildhaus liegt im obersten Toggenburg, in der flachen, breiten Wasserscheide von Thur- und Rheintal, also nicht mehr im

Mittelland, sondern bereits im Gebiet der nördlichen Kalkalpen, zwischen der Churfirstenkette und dem Säntisgebirge. Da diese Wasserscheide aber in den Eiszeiten von dem mächtig durch das Rheintal strömenden Gletscher überflutet war, so kann sie doch dem außeralpinen Eiszeitphänomen zugerechnet werden.

Hier hat der Simmi, ein kleiner, gegen den Rhein hin abfließender Bach, in 1030 m ü. M. eine Schieferkohlenschicht angeschnitten, die etwa 1 m mächtig ist, aber teilweise eine gestörte Lagerung aufweist (Schiefstellung, Zerstückelung). Sie war schon Arnold Escher bekannt, wurde aber nicht abgebaut. Arnold Heim und Helmut Gams haben die ganze Bildung näher untersucht (1918; vgl. auch E. Baumberger 1923). Nach Gams handelt es sich um die Verlandung eines kleinen Seeleins, zuerst mit Seekreide (1 m mächtig, reich an Molluskenschalen und Diatomeen, auch Reste von Characeen), dann mit Gyttja (Kalkgyttja, nur wenige cm, mit Potamogeton, Schoenoplectus lacustris, Menyanthes), und schließlich durch Hypnaceentorf, der auch Reste von Scheuchzeria palustris enthält. Diese etwa 2,5 m mächtige Bildung ist nach unten und oben abgeschlossen durch fossilleeren Glazialton. Die Zeit der Bildung der Kohle wird in das Riß-Würm-Interglazial verlegt. Durch den Würmgletscher wurde der ganze Komplex aufgearbeitet und verschoben. Gams fand in der Seekreide und im Torf Picea-Pollen.

17. Interglaziale Ablagerung bei Winterthur

Nördlich der Stadt Winterthur, an der Schaffhauserstraße gegen Ober-Ohringen hin, liegen in 465 m Meereshöhe 2 kleine Moore, die von Moräne begrenzt werden. Eugen Heß hat 1945 ihre Lagerung beschrieben. Eine Torfschicht wird von Lehm oder Sand unterlagert und überlagert. Der untere Lehm umschließt kleine Geschiebe, die zum Teil gekritzt sind, sowie unvollständig zersetzte Pflanzenreste, besonders Epidermen und dicke Rhizome. Der Torf besteht aus einer tieferen sapropelhaltigen Schicht von 5—10 cm Dicke und einer oberen, 40 cm mächtigen Schicht von lockerem Fasertorf. Zwischen beiden Torfschichten und eingelagert in die obere Schicht finden sich wenige cm mächtige Lager von «Seekreide» mit vielen Schneckenschalen

unter denen die Bewohner nasser Wiesen überwiegen. Der obere Lehm liegt scharf abgegrenzt und 40—50 cm mächtig über dem Torf. Er wird gegen oben hin mehr und mehr sandig. In den östlichen Moorteilen fehlt die Lehmbedeckung. Heß vermutet, dieser Lehm sei durch Bäche von den westlich anstoßenden Moränenhängen heruntergeschwemmt worden. Er übergab mir einige Proben aus diesem Torfkomplex, gesammelt beim Schützenhaus Veltheim, zur pollenstatistischen Untersuchung. Die Proben waren pollenarm, doch ergab sich von unten nach oben eine bedeutende Zunahme der Pollenfrequenzen. Unten war die Mehrzahl der Pollen nicht mehr sicher erkennbar. Wir zählten die folgenden:

	Picea	Pinus	Abies	Betula	Alnus	Quercus	Corylus	Salix	Farnsporen
obere Schicht eingelagerte «Seekreide»	17	19	20	5	7	2	1	1	1
mittlere Schicht «Seekreide»	1	5	6	3	8	2			
untere Schicht Torf	2	3	5	4	6				3

Die Spektren sind unter sich nicht wesentlich verschieden und repräsentieren einerseits einen Nadelwald, in dem Abies dominiert, anderseits hygrophile Gehölze von Alnus, Betula und Salix auf dem nassen Boden. Auffallend ist das oben sehr reichliche Auftreten von Picea und das Fehlen von Fagus. Das Pollenspektrum deutet auf interglaziale Entstehung der Ablagerung, vermutlich als Verlandung eines untiefen Tümpels mit Gyttja, worauf sich ein Schoenus-Flachmoor bildete, in dem Kalk ausgefällt wurde (Wiesenmergel, nicht Seekreide s. str.).

Durch die Lagerung läßt sich die Zeit der Entstehung nicht näher fixieren. Nach Heß war das Gebiet in der Würmeiszeit nicht vergletschert, was auch erklärt, daß die Torfe nicht gepreßt sind. Doch kam der Gletscher damals in die unmittelbare Nähe. Vielleicht wurde der Lehm in der letzten Eiszeit vom Gletscher her aufgeschwemmt oder aufgeblasen und dann später wieder teilweise abgetragen.

18. Die interglazialen Tuffe von Flurlingen bei Schaffhausen

Auf einer Talschulter des Rheins, am linken Ufer unterhalb Schaffhausen, finden sich 12—15 m mächtige Tuffbildungen, ca. 450—470 m über Meer. Sie wurden als Steinbruch ausgebeutet und erregten durch ihren Reichtum an pflanzlichen Fossilien, besonders an Blättern von Acer pseudoplatanus gegen Ende des letzten Jahrhunderts die Aufmerksamkeit der Geologen. Leo Wehrli untersuchte den Fossilgehalt eingehend (1894). Er fand bei großem Reichtum an Individuen eine ausgesprochene Armut an Arten.

Mit Sicherheit stellte er folgende Pflanzenreste fest:

Acer pseudoplatanus (94% aller Reste)
Buxus sempervirens (der Hauptteil aller übrigen)
Fraxinus excelsior
Abies alba (1 Same, 1 Blattstück)

Dazu unsicher:

Taxus baccata (1 Blattabdruck)
Hedera (Blattabdruck)
Cyperaceen, Gramineen (Stengel und Blätterreste)
Moos-Stämmchen

Penck (1894) gab nach Wehrli noch an: Cornus sp.

Von diesen Arten kommt heute nur Buxus bei Flurlingen nicht mehr wildwachsend vor (vgl. S. 153).

Dazu kommen nachstehende Tierreste:

In oberflächlichen Taschen des Tuffes, deren Inhalt aber keine Moränenbestandteile enthält und wenig jünger als die Tuffe sein dürfte, fanden sich Knochenreste vom Rind (Dimensionen des Torfrindes) und vom Hirsch. Zwei Jahre später (1896) fand J. Meister in den Tuffen Reste von Rhinoceros Merkii. Außerdem sind Schalenreste von Mollusken eingeschlossen. Wehrli stellte 7 Arten fest, die alle heute noch in der Umgebung leben. Er nahm eine interglaziale Bildung der Tuffe an. H. Gutzwiller sammelte zu gleicher Zeit (1894) die Mollusken vollständiger. Er kaum auf 15 Arten, und diese Molluskenfauna soll mit derjenigen der Niederterrasse übereinstimmen. A. Penck (1902) dagegen konstatiert, daß die Mollusken eine weitverbreitete Gesellschaft repräsentieren, deren Existenzbedingungen gegenwärtig in ganz Süddeutschland gegeben seien. Eine glaziale Ablagerung komme somit nicht in Frage. Die Tuffe seien interglazial ent-

standen. W. A. Guyan und H. Stauber (1941) kommen zum Schlusse, die von Wehrli und Gutzwiller gefundenen Fossilien seien atypisch für ein Interglazial, da sie heute noch alle in der Umgebung leben.

L. Forcart (1943) bestimmte die von Gutzwiller gesammelten Materialien nach. Es zeigte sich, daß Verschiedenes nicht richtig bestimmt war. Drei der im Tufflager gefundenen Arten fehlen heute in der Nordschweiz. Die eine kommt in den Ostalpen vor, die andere am Südfuße der Alpen und die dritte im östlichen Mittelmeergebiet. Das läßt zwar auf ein höheres Alter, aber jedenfalls nicht auf eiszeitliche Verhältnisse schließen. Forcart lehnt die Deutung von Guyan und Stauber ab und findet wie Penck, daß die Mollusken entschieden auf interglaziale Ablagerung deuten.

E. Schmid nahm eine neue Untersuchung der Pflanzenreste vor, gestützt auf Materialien, die Guyan und Stauber gesammelt hatten (in Guyan und Stauber, 1941). Er bestätigte Acer pseudoplatanus und Buxus sempervirens und sicherte Hedera helix. Dazu fand er eine Reihe neuer Arten:

reichlich:	sehr wahrscheinlich:
Tilia platyphyllos	Salix caprea
Corylus avellana	Acer platanoides
Deschampsia caespitosa	Frangula alnus
	Crataegus oxyacantha
spärlich:	Equisetum maximum
Carex pendula	Selinum carvifolia

Schmid kommt zum Schlusse, in der Umgebung der Tuffbildungsstätte habe sich ein Schluchtwald ausgebreitet, ein mesophiler Laubwald, wie er sich heute an Nordhängen der Molasseberge, an Stellen mit mildem, feuchtem Klima noch vorfinde (Cariceto remotae-Fraxinetum).

Das Tufflager ist oben glatt abgescheuert mit Löchern, Verwitterungstaschen, die mit lockerer Tuffmasse gefüllt sind und in denen die oben genannten Knochen gefunden wurden. Darüber kommt mit scharfem Kontakt verschwemmte Moräne. Guyan und Stauber geben an, das Lager habe eine Ausdehnung von ca. 80×40 m. Es bricht in Stufen am linken Gehänge der ehemaligen Rheinrinne ab. Der ganze obere Teil des Lagers liegt dem Anscheine nach nicht mehr primär und ist stark glazial überar-

beitet. Die Unterlagerung ist nicht klar aufgeschlossen. Doch scheint Moräne beteiligt zu sein. A. Heim (1919) spricht von «Riß-Schotter und an einigen Stellen schöne Rißmoräne». Nach diesen Ergebnissen verlegen die meisten Forscher die Bildung der Tuffe in das Riß-Würm Interglazial, so Penck und Brückner, Brockmann (1910), Heim, Gams (1935), J. Hübscher (1951) auf der Zeittafel sogar in den Beginn der Würmeiszeit. Eine Ausnahme macht, wie erwähnt, Gutzwiller, der die Ablagerung als der letzten Eiszeit angehörend betrachtet (Niederterrasse).

In den Jahren 1934/35 wurde die vor dem Tufflager stehende Bindfadenfabrik Flurlingen erweitert, was mit starker Abgrabung des Hanges verbunden war, so daß im Tufflager große Aufschlüsse entstanden. Ich besuchte das Lager wiederholt im Herbst 1934, um Probenserien zur pollenanalytischen Untersuchung zu entnehmen. Beim ersten Besuch fand ich eine ca. 6 m hohe Tuffschicht offenliegend. Die Tuffe waren oben meist hart und wurden gegen unten hin weich und pulverig. Später entstanden neue Anschnitte, die tiefer in den Hang hineingingen und auch unter das Tufflager hinabreichten. Im Südwesten und Nordosten des Lagers tauchte die Molasse direkt unter den Tuffen auf, während gegen die mittleren Teile hin die Molasse in den Untergrund absank, und dadurch eine Mulde bildete, die unten mit Sand und Kies und darüber mit Tuff ausgefüllt war. Der Tuff war in den unteren Schichten locker (Alm, Wiesenkalk?) und darüber lagerte ein harter Tuff mit teilweise unregelmäßigen Bänken, die gegen Nordwesten einsanken. Das ganze ergab das Bild eines in die Molasse eingetieften, nach Nordwesten abfallenden Flußbettes, das zuerst mit Sand und Kies, dann mit lockerem Alm ausgefüllt wurde, worauf sich noch der harte Tuff als eine Art Decke ablagerte. Moräne habe ich unter diesen inneren Teilen des Tufflagers nicht gesehen.

Die Proben zur pollenanalytischen Untersuchung wurden dem ganzen Anschnitt nach, von oben bis unten verteilt, entnommen, in zwei Profilen. Sie umfaßten also weiche und harte Tuffe.

Die Präparation der Proben zur Untersuchung ist einfach: der Kalk wird mit Salzsäure gelöst; die Reste werden zentrifugiert und in Glyzerin übergeführt. Die Kalke sind sehr rein und enthalten neben dem Karbonat nur wenig andere mineralische Bestandteile, aber leider auch wenig mikrosko-

pisch kleine, organische Stoffe. Die Armut an Pollen ist außerordentlich. Viele Proben ergaben überhaupt keine Pollen. Ganz offensichtlich sind die Tuffe zur Konservierung des Pollenniederschlages wenig geeignet. Es wäre näher zu untersuchen, ob der Pollen sich nach der Ablagerung im Tuff zersetzt, was wenig wahrscheinlich ist, da er ja rasch von der Kalkkruste überzogen wird, oder ob andere Faktoren eine Rolle spielen: z. B. Abschwemmung mit dem rieselnden Wasser (Moospolster würden da wohl eine Ausnahme machen und die Pollen zurückhalten), zu rasches Wachstum der Ablagerung, so daß keine Pollenanreicherung stattfindet, Wachstum der Tuffe besonders in der Zeit, da kein Pollen erzeugt wird.

Um die Verteilung der gezählten Pollen übersichtlich darzustellen, wurde versucht, die einzelnen Proben in rund meterdicke Schichten zusammenzufassen, wobei mit der Zählung vom unterliegenden Schotter an aufwärts begonnen wurde. Die Zusammenstellung, die in den Hauptzügen sicher die Verhältnisse richtig wiedergibt, findet sich in Tabelle 2. Aber auch die Sammelhorizonte haben viel zu wenig Pollen, um richtige Spektren zu geben. Man ersieht, daß die einzelnen Schichten zwar ganz ähnliche Pollenflora haben, aber doch recht ungleich viele Pollen lieferten. Am meisten gaben im allgemeinen die mittleren Tuffschichten. Von 6 Proben des untersten Meters haben nur 3 Pollen geliefert, und auch diese nur vereinzelte. Die locker-grusigen Tuffe gaben gar nichts. Wir haben deshalb die Pollen der ganzen Ablagerung noch in ein Gesamtspektrum zusammengefaßt (letzte Kolonne der Tabelle), das einen ungefähr richtigen Mittelwert für die ganze zeitlich und klimatisch wohl einheitliche Tuffbildungsperiode gibt.

In diesem Spektrum dominieren die Pollen der Coniferen, Abies, Pinus und Picea. Sie machen zusammen 54% der gesamten Gehölzpollenzahl aus. Sie sind repräsentativ für die unteren, mittleren und oberen Teile der Ablagerung. Unter den Laubgehölzen ist am reichsten vertreten Corylus mit 14,6%. Ebenfalls reichlich sind Ulmus mit 7%, sowie Alnus, Betula und Quercus mit je ca. 5%. Weitere Laubhölzer finden sich spärlich: Carpinus, Acer, Fraxinus, Salix mit je etwa 2% und Fagus mit 1%. Einzelne Pollen sind unsicher, besonders solche, die zu Quercus und Ulmus gerechnet wurden, da sie stark von der Zersetzung angegriffen waren. Die Krautpollen, einschließlich der unbekannten Pollen, machen nur 15% der Gehölzpollen aus, wobei wir weitaus am häufigsten Compositenpollen fanden, meist in grobstacheligen Formen (cf. Leontodon, Crepis, Hieracium).

Tabelle 2. Übersichtliche Zusammenstellung der Pollenfunde in den interglazialen Tuffen von Flurlingen bei Schaffhausen

oPllentyp	Höhe in Metern über der unterliegenden Schotteroberfläche								
	0—1	1—2	2—3	3—4	4—5	5—6	6—(7)	total	%
Picea		5	1	12	2		5	25	11,8
Pinus	7	4	1	9	1	3	8	33	15,5
Abies		14		32		2	8	56	26,5
Salix		1			2		1	4	1,9
Corylus	1	12		13		2	3	31	14,6
Alnus	2	1		5			3	11	5,2
Betula	1	2		3		2	2	10	4,7
Fagus							2	2	0,9
Quercus	6			4		1	1	12	5,6
Ulmus		6		3	(6)		1	16	7,5
Carpinus				3			1	4	1,9
Acer		2		2				4	1,9
Fraxinus		2		2				4	1,9
Gehölzpollen total								212	100
Gramineen						3		3	
Cyperaceen	1							1	
Caryophyllaceen							1	1	
Umbelliferen				1				1	
Galium				1			1	2	
Compositen	4		1	4	1	2	7	19	
Krautpollen total (einschl. unbekannte)								33	15,5
Farnsporen				1				1	

Der Vergleich mit den makroskopischen Funden ergibt eine starke Zunahme der festgestellten Artenzahl. Neu kommen hinzu: Picea, Pinus, Alnus, Betula, Fagus, Quercus, Carpinus und verschiedene Arten von Krautpflanzen, während andere, durch Blattfunde festgestellte Arten im Pollenbild nicht aufgefunden werden konnten, so Taxus, Buxus, Tilia, Frangula, Hedera, Crataegus und Cornus. Das mag teilweise zufälliger Art sein, teilweise aber auch davon herkommen, daß ihre Pollen nicht erhaltungsfähig sind.

Befremdlich ist, daß kein einziger Tiliapollen gefunden wurde, während E. Schmid Blattabdrücke von Tilia platyphyllos in reichlicher Zahl bestimmte. Tilia ist ein Pollen, der nicht nur leicht und sogar in Bruchstücken kenntlich ist, sondern auch gegen die Zersetzung recht widerstandsfähig ist. Schmid hat auf meine Veranlassung hin seine Handstücke nochmals sorgfältig überprüft und ist zum Schluß gekommen, die Bestimmung sei wahrscheinlich irrtümlich und es handle sich ausnahmslos um Corylus-Blattreste. Bruchstücke der Blattabdrücke beider Arten

sind nicht leicht zu unterscheiden. Die pollenanalytische Untersuchung eines Tuffstückes, in dem Tiliablattabdrücke gemutmaßt worden sind, ergab: 4 Corylus, 1 Abies, 1 Alnus, 1 cf. Salix, 1 Graminee, 1 Composite. Tiliapollen wäre allerdings in Flurlingen zu erwarten gewesen; in anderen interglazialen Floren haben wir ihn immer wieder gefunden.

Bemerkenswert ist das Auftreten von Fagus im obersten Horizont. Man könnte an eine Einwanderung gegen das Ende des Interglazials denken, ähnlich wie wir es für die Bohrung von Montfleury festgestellt haben (vgl. S. 24). Doch erlauben die 2 gefundenen Pollen noch keine weitreichenden Schlüsse. Sie können von Ferntransport herrühren. Nach der Gesamtvegetation zu schließen, ist aber das Vorkommen von Fagus klimatisch gut möglich.

Die Flora von Flurlingen hat nicht nur qualitativ eine Erweiterung erfahren, sondern quantitativ eine ausgesprochene Verschiebung durch das starke Hervortreten der Nadelhölzer, von denen bisher nur Abies durch zwei Funde gesichert war. Der Grund dazu liegt offenbar darin, daß die makroskopischen Ablagerungen aus der nächsten Umgebung stammen und an dem feucht-schattigen Hang die Laubhölzer, besonders Acer pseudoplatanus dominierten, das Pollenbild dagegen uns das regionale Waldbild vermittelt. Von Einfluß mag auch sein, daß einzelne der Laubgehölze, so Acer, einen Pollen besitzen, der sich leicht zersetzt. Das bisherige, durch die Makrofossilien vermittelte Waldbild aus der Zeit der Ablagerung dieser Tuffe hat sich als sehr unvollständig und lokal bedingt erwiesen und damit auch die Sonderstellung, die es einnahm. Es schließt sich jetzt gut an unsere anderen interglazialen Waldspektren an. Was die Geologen auf Grund der Lagerung feststellten, die interglaziale Entstehung der Tuffe, erhält durch die Pollenanalyse Bestätigung.

19. Das Interglazial von Niederweningen (Zürich)

In Niederweningen im Surbtal, in ca 460 m Höhe, wurde im Jahre 1890 beim Bahnbau eine Materialgrube ausgebeutet und dabei ein großer Fund von Mammutknochen gemacht, der von A. Lang (1892) unter Mitarbeit von J. Früh, A. Heim und

C. Schröter beschrieben worden ist. Im Aufschluß folgten sich nach der Darstellung von Albert Heim von oben nach unten: 2—4 m verschwemmte, kiesige Moräne → 1—1,5 m Lehm → 1—1,6 m Torf → hellgrauer, sandiger Lehm und Schlammsand, abgedeckt bis auf 1 m Tiefe. Die Mammutknochen lagen im Torf, zum Teil auch im unmittelbar überliegenden oder unterliegenden Lehm. Der Torf ist komprimiert, doch wenig blätterig, mit Lehmstreifen im oberen Teil. Er enthält zylindrische, senkrecht stehende Eintiefungen, die mit dem aufgeschwemmten Ton gefüllt sind und als Fußstapfen des Mammut gedeutet wurden. Die ganze Ablagerung muß als Auffüllung einer kleinen Geländemulde gedeutet werden. Nach J. Früh ist der unterliegende, glimmerhaltige Sandton als glazialer Detritus anzusehen. Er vermengte sich nach oben hin immer mehr mit Pflanzenresten, die wohl während der Aufschüttung des Sandtons an Ort und Stelle gewachsen sind. Die Mulde vermoorte schließlich, wobei stets wieder Sandton-Einschwemmungen in den entstehenden Torf stattfanden. Es bildete sich ein Flachmoor mit Moosdecken (Hypneto-Caricetum nach der Terminologie von Früh), aus dem Climacium dendroides, Calliergon trifarium und Camptothecium nitens bestimmt werden konnten. An Resten höherer Pflanzen fand C. Schröter Samen von Menyanthes trifoliata, Trichophorum caespitosum, Eleocharis pauciflora, Potamogeton cf. acutifolius und Wurzelstöcke von Polygonum bistorta. Später wurde nach Früh das Moor neuerdings von Sand und Schlamm führendem Wasser berieselt, die Moorvegetation langsam unterdrückt, und es entstand zuerst ein schwärzlich-humoser Sandton, wie er auch unterhalb der Torfschicht ausgebildet ist und dann wieder der reine, glimmerhaltige Sandton der Moorunterlage. Es gelang Früh, Pollen von Pinus und Betula zu finden, und Schröter konnte einige Hölzer als Picea und Betula bestimmen. An tierischen Resten stellte Lang neben dem Mammut noch solche des Bison, des Pferdes, des Wolfes, der Wasserratte und des Grasfrosches fest.

In seiner Geologie der Schweiz betrachtet A. Heim das Torflager von Niederweningen als glazial, «während oder kurz nachdem das Gletscherende der letzten Vergletscherung bei Schöfflisdorf stand» (1919, S. 315; Schöfflisdorf bedeutet das

äußerste Ende eines Lappens des Linthgletschers zur Zeit des Hochstandes der Würmvergletscherung). Leider ist der Aufschluß zugedeckt und gegenwärtig unzugänglich, und die Bodenproben, die nach Angabe Frühs aufbewahrt worden sind, konnten nicht mehr aufgefunden werden. Hingegen wurde es schließlich doch möglich, zu Untersuchungsmaterialien zu kommen. Im zoologischen Museum der Universität Zürich werden die in Niederweningen gesammelten Knochen aufbewahrt, und beim Nachsuchen, das ich infolge des freundlichen Entgegenkommens von P. D. Dr. E. Kuhn vornehmen konnte, ergaben sich Bodenreste in einem Mammutröhrenknochen und in einem Bisonhorn. Der Röhrenknochen des Mammuts enthielt unter einem Lacküberzug versteckt, etwas sandig-torfige Erde, offenbar der gleichen Art, wie sie nach Früh der Torfschicht unterliegt und aufliegt. Im Bisonhorn fanden sich kleine, harte Torfstücklein. Beide enthielten Pollen, der Knochen sehr spärlich, der Torf des Hornes ziemlich reichlich, dazu gut erhaltene Hypnaceenblätter und Epidermiszellen von Cyperaceen. In je 5 zu ca. $^1/_6$ ausgezählten Präparaten fanden wir folgende Pollen:

	Picea	Pinus	Salix	Corylus	Betula	Alnus	Ulmus	Gramin. cf.	Ranunculus
Bisonhorn	17	17	4	4	24	11	2	5	13
Mammutknochen	13	14		1	8	1			

Dazu einige Farnsporen im Bisonhorn. Einige Pollen vom Betulatyp waren vierporig, stimmten aber sonst mit Betula ganz überein. Die Pinuspollen im Bisonhorn waren groß (die gemessenen 67—70 μ), ein Betulapollen maß 21 μ. Im Mammutknochen maßen einige gemessene Betulapollen 16—18 μ.

Die Pollenspektren reihen sich also den übrigen interglazialen ein: Waldzeit mit starker Betonung hygrophiler Gehölze (bewaldetes Flachmoor). Die Ablagerung von Niederweningen dürfte einer jungen Interglazialperiode angehören oder doch dem großen Interstadial zwischen Würm I und Würm II, nicht aber dem Hochstande der letzten Vergletscherung. Das Fehlen einer Moränenbedeckung und die relativ schwache Pressung der Torfe ist nicht als Beweis für nacheiszeitliche Entstehung zu betrachten, da die Würmvergletscherung nicht ganz bis nach Niederweningen reichte.

20. Die Schieferkohlen auf dem Sulzberg bei Wettingen

Auf dem Sulzberg bei Wettingen, in ca. 480—490 m Meereshöhe, liegt die Formsandgrube der Gebrüder Meier. Um die Ausdehnung der Formsandlager genauer festzustellen, wurden im Jahre 1941 durch den Geologen Carl Friedländer Tiefenbohrungen ausgeführt, die unter den Sanden auch auf Torflager stießen. Einzelne Torfproben, die wir zur Begutachtung erhielten, erzeigten sich als leicht gepreßter Radizellentorf, der reichlich Pollen enthielt, dominant Picea, viel Pinus und etwas Betula. Drei kleine Holzstücke waren gut erhalten und wiesen wenig Flachpressung auf. Sie wurden als Picea-Holz bestimmt. Die Zusammensetzung der Pollenspektren erlaubte, die Fundstelle den Interglazialzeiten einzuordnen.

Friedländer (1942) gibt eine Übersicht über die Lagerstätte. Eine langgestreckte, flache Mulde von 50—100 m Breite im anstehenden Sandstein der marinen Molasse (Vindobon) zieht sich von SE nach NW über den Rücken des Sulzberges. In der Mulde sind von unten nach oben eingelagert: Tone (nur in wenigen Sondierungen erbohrt) → Torf → Ton → sandige Tone → lockere Sande, eventuell in nochmaligem Wechsel mit sandigem Ton → reine bis sandige Tone → Humus. Auf dem Torf liegt stellenweise eine dünne Schicht von feinem, seekreideähnlichem Kalk (Wiesenkalk), häufig schwarzer bis kohliger Lehm. Die ganze Bildung ist maximal 20 m mächtig; die Torfe allein messen 2—4 m (Friedländer in man.). Die Sandschichten sind feinkörnig, meist karbonatfrei, häufig mit schwachen bis starken Tonbeimischungen. In den Sanden und in den erwähnten Kalkschichten wurden neben einem Rest des Edelhirsches, Cervus elaphus, Molluskenschalen gefunden, nach den Bestimmungen von Jules Favre alles Landmollusken. Friedländer betrachtet die Sande als ursprüngliche Lößbildungen, die zur Zeit des Vorstoßes der Rißvergletscherung abgelagert und in der Riß-Würm Interglazialzeit entkalkt, verlehmt und in die Mulde verschwemmt wurden. Das Fallen dieser Interglazialbildungen geht von SW nach NE. Rißgrundmoräne bildet die Bodenoberfläche des östlich an die Mulde anschließenden Hanges.

Es erhebt sich die Frage, wie die Mulde auf dem Bergrücken entstanden sei. Unter diesem Gesichtspunkt ist es aufschlußreich, daß die Oberfläche des anstehenden Molassesandsteins gegen die Mulde hin ausgeprägte Erosionsränder aufweist, gerundet und zum Teil unterhöhlt, ganz wie unsere rezenten Flußläufe in den Sandstein eingeschnitten sind. Der Löß-Sand lag an den Rändern direkt auf dem Fels. So macht die ganze Mulde den Eindruck eines Flußlaufes. Aber dieser Flußlauf liegt heute auf dem Berg. Die Erosionsmulde ist in ca. 480 m Meereshöhe, der Fuß des Sulzberges ca. 370 m. Vielleicht läßt sich die Erklärung der ganzen Erscheinung durch nachstehende Erwägungen finden:

Die Mindel-Riß Interglazialzeit brachte eine starke Eintiefung des Limmattales, nach allgemeiner Annahme wesentlich tiefer als in der Gegenwart. Es kann sein, daß die Mulde damals schon vorhanden war, also einen Flußlauf repräsentiert, der im Interglazial Mindel-Riß verlassen wurde, verlandete und beim Vorrücken des Rißgletschers mit Löß ausgefüllt wurde. In diesem Falle wäre aber anzunehmen, daß die Torfe vom Gletscher stark gepreßt wurden, und es sollte oberflächlich reichlich Gletscherschutt vorhanden sein, da der Gletscher in der Rißeiszeit hoch über den Sulzberg wegging. Auch müßte man die Einwirkung des Gletschers auf die Unterlage in Form einer Aufbereitungsschicht feststellen können. All dies fehlt und deshalb erscheint es uns wahrscheinlicher, daß die Sulzbergtorfe und -sande zur Rißeiszeit noch nicht existierten.

Während der Rißeiszeit wurden die Täler wieder stark mit Schutt gefüllt. Es ist wohl möglich, daß damals das Limmattal mit Moränen und Schottern bis auf die Höhe des Sulzberges aufgefüllt worden ist, die Limmat nach dem Rückgang des Eises einen neuen Weg suchte und ihn über den Sulzberg fand. Dort höhlte sie in die Meeresmolasse ihr Bett aus, das uns heute als lange, schmale Mulde wieder zum Vorschein kommt. Später erodierte sie den Schutt im alten Tal und verließ den Lauf über den Sulzberg, der nun verlandete, zuerst lokal mit Lehm (Ausspülung aus den Rißmoränen) und dann allgemein mit Torf, der meist reich ist an anorganischen Einschwemmungen und schließlich nach Aufhören der Torfbildung wieder mit Lehm, als Ausschwemmung vom höheren Hang. Der Torf entstand also nach dieser

Auffassung in der Riß-Würm-Interglazialzeit. Der Linthgletscher der Würmeiszeit erreichte den Sulzberg nicht. Die Endmoränen des Maximalstandes der Würmvergletscherung liegen aber ziemlich nahe, etwa 2 km talaufwärts, bei Killwangen. Ausblasungen aus den dem Gletscher vorgelagerten Schotterfeldern überdeckten den Bergrücken und bildeten im Laufe der Würmeiszeit und früh-nacheiszeitlich die Lößauflagerung. Diese wurde zu den Sanden und tonigen Sanden, wobei wohl auch wiederum Abspülungen vom höheren Hange her mithalfen, die Auflagerung zu erhöhen. In den Sanden eingeschaltete Schichten von Lehm oder sandigem Lehm können vielleicht mit interstadialen Bildungen in Verbindung gebracht werden. Schließlich gelangten postglazial wieder Teile der Rißmoräne zur Abspülung und bildeten da und dort auf dem Sulzberg eine deckende Lehmschicht. Die Ablagerung wurde nach dieser Auffassung nie vom Eise bedeckt und erst langsam im Laufe der Zeiten durch Auflagerung verstärkt. Das erklärt die schwache Pressung des Schieferkohlenlagers.

Im zentralen Teil der Mulde entnahmen wir in größerer Bodentiefe eine Serie von Sedimentproben und arbeiteten sie pollenanalytisch durch (vgl. Abb. 20). Das Profil begann in 8,5 m Bodentiefe unter einer Lehmschicht mit ca. 40 cm Gyttja und dann folgten gegen unten hin 270 cm Torf, ohne daß das Unterende dieser Schicht erbohrt werden konnte. In 11 m Bodentiefe war eine tonig-sandige Gyttjaschicht eingeschaltet. Der untere Torf enthielt viel Holz. Pollen waren im allgemeinen ziemlich reichlich vorhanden. Im Pollendiagramm dominiert Picea, und subdominant ist Pinus, die im zweiten Viertel und vorübergehend auch im oberen Viertel zur Dominanz aufsteigt. Zu unterst und in der Mitte des Diagrammes ist bei Piceadominanz auch viel Abiespollen vorhanden. Er kann 14% der Baumpollen erreichen. Alnus ist besonders unten und oben reichlich, Corylus gegen oben hin. Betula zieht sich mit kleinen Unterbrüchen durch das ganze Profil, am sparsamsten ganz unten und in der mittleren Piceazeit. Pollen von Edelhölzern (Quercus, Ulmus, Tilia, Carpinus, Juglans, Ostrya, Fraxinus) ist sparsam eingestreut, am häufigsten bei 9 und 11 m Tiefe. Vereinzelt wurde auch Faguspollen gefunden (900, 960 cm). Ebenso einzelne Hippophaëpollen. Krautpollen

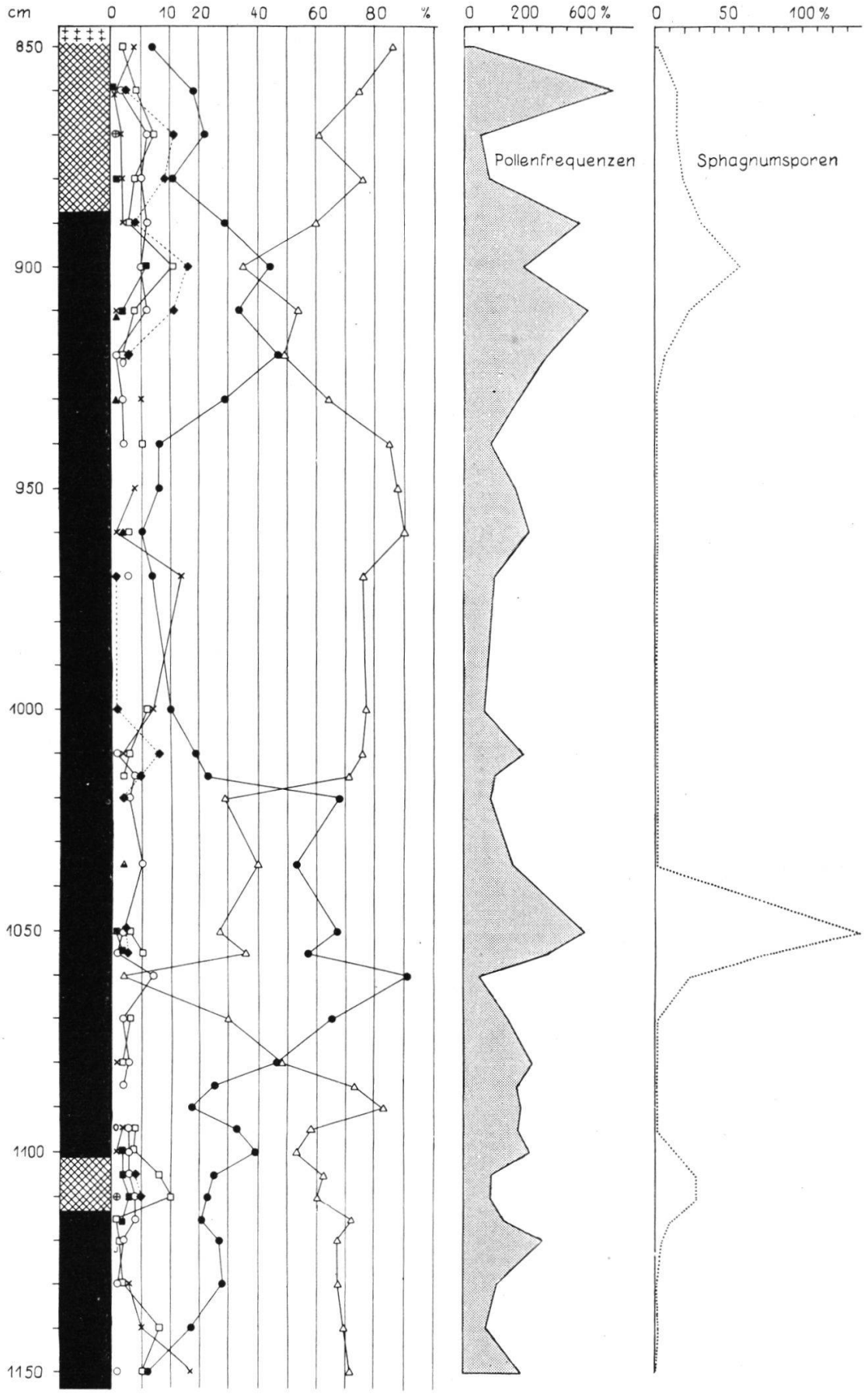


Abb. 20. Pollendiagramm der interglazialen Torfe vom Sulzberg b. Wettingen.

fehlt oder ist doch sehr spärlich. Die Sphagnumsporen bilden im Profil drei deutliche Maxima und sind in den übrigen Horizonten sehr spärlich. Das deutet auf verschiedene, sich wiederholende Entwicklungsstufen des Sumpfes hin.

Unser Pollendiagramm repräsentiert einen Picea-Pinus-Nadelwald, in dem zeitweise viel Abies eingestreut war. Lokal, längs des Flußlaufes, waren Erlen- und Birkenbestände vorhanden, ebenso reichlich der Haselstrauch. Edle Laubgehölze traten immer sehr zurück und waren vermutlich auf besonders günstige Örtlichkeiten beschränkt. Das Klima wird während der ganzen Zeit der Bildung der Schieferkohlen gemäßigt, von kühl-kontinentalem Charakter gewesen sein, zur Zeit der reichlichen Abiesbeimischung wahrscheinlich etwas feuchter, zur Zeit der ausgesprochenen Föhrendominanz deutlich ungünstiger. Eiszeitliche Verhältnisse lassen sich nicht erkennen; doch entspricht vielleicht die ausgesprochene Pinusdominanz mit dem Ansteigen der Betulakurve in 10,60 m Bodentiefe einer kräftigen, aber rasch vorübergehenden Klimaverschlechterung.

21. Interglaziale Mergel von Weiherbach bei Sursee (Luzern)

Paul Müller (1950) untersuchte in der Moormulde von Weiherbach, 715 m über Meer, eine 15 m mächtige Ablagerung von Seekreide und Mergel unter dem Torfe eines abgebauten Moores auf ihren Pollengehalt (Abb. 21). Er fand unten langdauernde Dominanzen von Pinus und Subdominanz von Picea, darüber Picea-Dominanz mit reichlich Abies-Pollen und oben neue Pinus-Dominanz ohne Picea und Abies, aber mit Birkenanstieg und dominanten Krautpollen (Artemisia, Helianthemum alpestre). Müller betrachtet die ganze Ablagerung als glazial, würmeiszeitlich, am Rande eines Lappens des Aare-Reußgletschers. Meiner Auffassung nach (Lüdi, 1950) handelt es sich aber, mit Ausnahme der oberen Artemisia - Helianthemum-Schichten, um eine Ablagerung von interglazialem Charakter, die vielleicht in das große Interstadial zwischen Würm I und Würm II fällt und sich dann durch Würm II in die Spät- und Nacheiszeit fortsetzt. Nach anderer, mir gegenüber geäußerter Auffassung, soll es sich um eine Allerödbildung handeln, was schon infolge der großen

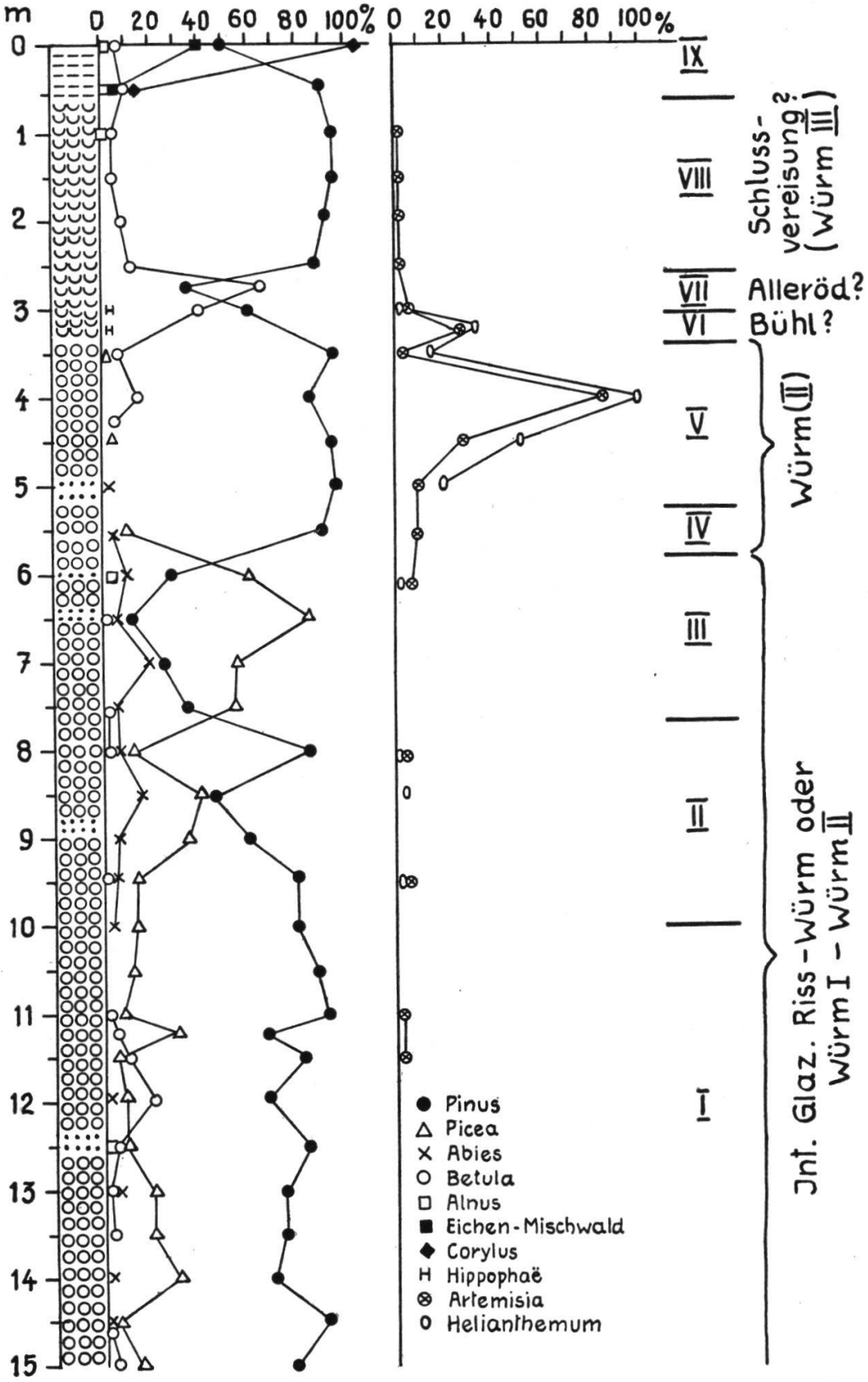


Abb. 21. Pollendiagramm von Weiherbach I, nach P. Müller vereinfacht und mit neuem Deutungsversuch (aus W. Lüdi, 1951).

Mächtigkeit der Schichten mit viel Picea- oder Abiespollen (mindestens 9 m) unwahrscheinlich erscheint. Noch andere Autoren ziehen eine glazialzeitliche Umlagerung von Pollen früherer Interglazialzeiten in Betracht. Diese würde aber kaum ein so regelmäßiges Pollendiagramm abgeben und sollte außerdem hier, am Rande des Gletschers, doch auch reichlich Pollen von Krautpflanzen enthalten, wie dies in den von mir als glazial gedeuteten oberen Schichten der Fall ist. So komme ich dazu, vorläufig an meiner Darstellung festzuhalten. Alleröd könnte aber vielleicht etwas tiefer liegen, als im Diagramm angedeutet ist.

22. Das interglaziale Torflager von Safenwil (Aargau)

Das Torflager von Safenwil liegt tief im Boden vorborgen auf der Wasserscheide zwischen dem Wiggertal und dem Suhrtal in 483 m Höhe und wurde durch einen Geländeeinschnitt beim Bau der Bahnlinie Zofingen - Aarau im Jahre 1874 aufgefunden. F. Mühlberg (1878) und Paul Niggli (1912) beschrieben es. Im Jahre 1950 wurde der Torf anläßlich der Erstellung einer Straßenüberführung wieder aufgeschlossen und Paul Müller erhielt die Möglichkeit zur genaueren Untersuchung (Müller, 1952). Das Torflager ist von sehr ungleicher Beschaffenheit. Mühlberg gibt 5′ Mächtigkeit an, wobei aber der Torf oben sandig sei. Müller fand mehr oder weniger mächtige Lagen von lehmigem oder sandigem Torf mit eingeschalteten Schichten von reinem Torf. Nach seinen Profilen ist diese ganze Bildung etwa 1 m mächtig. Unterlagert wird der torfige Komplex von grünlichem, sandigem Lehm, überlagert wird er ebenfalls von Lehm, der unten blaugrün, gegen oben braun gefärbt ist und sandige Linsen und vereinzelte grobe Gerölle enthält (meist Quarzite). Die Überlagerung ist nach Mühlberg ca. 10′ mächtig, Müllers Profile geben ca. 4 m an. Mühlberg vermutet, es handle sich um eine diluviale Ablagerung. Niggli kommt zum Schluß, die Torfe seien von verschwemmter Moräne, resp. Lehmen der Rißeiszeit bedeckt.

Nach der Rißeiszeit erreichte der Gletscher das Gebiet nicht mehr. Falls die Überlagerung Moräne ist, kann also das Alter der Torfe nicht jünger sein als Riß II.

Müller analysierte den torfigen Komplex in drei der vier Baugruben, die zur Fundamentierung der Brücke abgestuft wurden, auf den Pollengehalt. In den Profilen 1 und 4 liegen die torfigen Schichten in ca. 4—5 m Tiefe. Der Pollengehalt war klein. Die Analyse ergab nur Pinus- und Piceapollen in mehrmals wechselnder Dominanz, dazu einen vereinzelten Abiespollen. Beide Diagramme zeigen unten Picea-Dominanz, oben Pinus-Dominanz. Dazu fanden sich im Profil 4 in der untersten Lage reinen Torfes Fichtenholz und Zapfen, sowie Stücke von Birkenrinde.

Im Profil 2 liegt ein Rest Torf im gelben Lehm in 7 m Tiefe und der torfige Komplex in 8—9 m Tiefe. Auch die unter- und überliegenden Lehmschichten wurden untersucht, so daß das Diagramm von 6,3—10,4 m Bodentiefe geht. Der Pollengehalt beschränkte sich im wesentlichen auf Picea und Pinus. Er war im torfigen Komplex am größten, im Lehm meist klein, besonders in den überliegenden Horizonten. Das Diagramm zeigt von unten bis oben ausgeprägte Picea-Dominanz, mit einigen Pinusvorstößen, die zu vorübergehender Dominanz führten und vielleicht zufälliger Natur sind. Von anderen Holzpflanzenpollen fanden sich Betula (große Pollen: 24—28 μ), Alnus (große Pollen: 24 μ), Abies und Salix, besonders innerhalb des Torfkomplexes. Im oberen Lehm setzten sie ganz aus. Ferner ergab die Untersuchung Moosblätter, einzelne Pteridophytensporen, Pollen von Krautpflanzen (vg. Tab. 4 und 6). Der Föhrenpollen war in allen Profilen meist der kleine Typ cf. Pinus silvestris.

Müller weist auf die Ähnlichkeit dieser Diagramme mit denen von Weiherbach hin (s. S. 20) und meint, die Ablagerung sei gegen den Schluß der letzten Eiszeit entstanden.

Wenn wir Müllers Diagramme betrachten, so kommen wir zum Schluß, daß sie, wenigstens in den Teilen mit Picea-Dominanz, einer Waldzeit entsprechen, was auch durch den Fund von Picea-Holz und -Zapfen erhärtet wird. Postglazial sind diese Torfkomplexe nach Lage und Pollengehalt sicher nicht, also interglazial. Und da die begleitenden Lehme vermutlich glazialer Entstehung sind, in der letzten Vereisung aber der Gletscher nie in die Nähe kam, so ist mit Wahrscheinlichkeit Entstehung zwischen R I und R II anzunehmen.

Daß die Torfe nicht hart und geschiefert sind, ist wohl darauf zurückzuführen, daß sie nie oder doch nur schwach vom Eise bedeckt waren. Auffallend ist die um 4 m tiefere Lage eines Teiles der Torfe (Prof. 2). Rutschung kommt wohl kaum in Betracht. Möglicherweise erfolgte aber die Ablagerung nicht zugleich, sondern in zwei verschiedenen Interglazialen, ähnlich wie in Gondiswil.

23. Interglaziales Torflager vom Distelberg bei Aarau

Auf dem Distelberg, ca. 1,5 km südlich vom Bahnhof Aarau und 434 m über Meer gelegen, wurde im Jahre 1933 bei der Verbreiterung der Straße ein kleines, schon früher bekanntes und ausgebeutetes Torflager neu angeschnitten. Das Lager war aufgewühlt, der obere Teil abgeschürft und ein Stück weiter verfrachtet, teilweise auch mit Molassebrocken und Moräne vermischt. Ad. Hartmann (1937) sieht hier eine Gletscherwirkung, und da der Rhonegletscher nur zur Zeit seiner größten Ausdehnung (nach Mühlberg Riß II = 4. Eiszeit) bis in dieses Gebiet reichte, muß das Torflager voreiszeitlich sein, resp. aus dem Interglazial Riß I / Riß II stammen. Wenn nach Jayet angenommen wird, daß die Würmeiszeit die größte gewesen sei, so wäre die Bildung viel jünger, Riß / Würm Interglazial. A. Heim (1916) betrachtet sie sogar als spätglazial. Sie lieferte nach ihm auch Elephas primigenius, Rhinoceros tichorrhinus, Equus caballos.

H. Härri (1937) hat das Torflager näher untersucht. Das von ihm bearbeitete Profil war 45 cm mächtig und bestand aus sandiger Gyttja. Doch fehlten die obersten Schichten des Lagers. Einzelne abgescherte Stücke waren bis 1 m dick. Die Pollenanalyse ergab von unten bis oben das gleiche Pollenbild: ausgeprägte Picea-Dominanz (75—94% der Baumpollen), dazu etwas Abies und Pinus, im untersten und im obersten Horizont je 1 Coryluspollen. Die Pinuspollen waren klein (55—62 μ), so daß sie vermutlich Pinus silvestris zugehören. Vier Holzproben aus dem Aufschluß erwiesen sich sämtlich als Abies.

Das Pollendiagramm vom Distelberg repräsentiert also einen Picea-Wald mit etwas Abies und Pinus. Härri nimmt an, das Klima sei zur Zeit dieser Torfbildung kühler gewesen als heute (feucht-kühl).

24. Die interglazialen Ablagerungen von St. Jakob an der Birs (Basel)

Im Jahre 1875 fand J. B. Greppin (1879) anläßlich der Tieferlegung einer Straße unmittelbar westlich von St. Jakob in Basel (279 m), eingeschaltet in mächtige Schotter und 6,6 m unter der Oberfläche, eine 1 m dicke Schicht von sandigem Mergel und darin eine große Menge von Pflanzenresten, meist Blättern, sowie von Molluskenschalen und Insekten. Oswald Heer bestimmte diese Fossilien und beschrieb den Fund in der 2. Auflage seiner Urwelt der Schweiz (1879, S. 532).

Er stellte 15 Pflanzenarten fest:

Pinus silvestris (Zapfen, auch eine Form mit scharf abgesetzten Haken, var. reflexa Heer)

Phragmites communis	Vaccinium uliginosum
Carex sp.	Vaccinium vitis idaea
Salix cinerea	Cornus sanguinea
Salix aurita	Frangula alnus
Betula alba	Menyanthes trifoliata
Corylus avellana var. ovata.	Ligustrum vulgare
Carpinus betulus	Viburnum lantana

Die Fundstücke liegen sorgfältig geordnet in der geologischen Sammlung des Naturhistorischen Museums in Basel, und dank der Freundlichkeit von Direktor Prof. Dr. Ed. Handschin und Konservator Dr. E. Gasche konnte ich die Sammlung ansehen und Proben des Gesteins zur pollenanalytischen Untersuchung entnehmen. Dabei war festzustellen, daß die meisten Pflanzenreste aus Blättern bestehen, die in dem feingeschichteten Gestein eingelagert und gut erhalten sind. Bei weitem überwiegen die Weidenblätter, besonders die von Salix cinerea. Alle anderen Fossilien treten ziemlich vereinzelt auf. Nach einer beiliegenden Etikette hat R. Kräusel im Frühling 1933 die Fossilien nachbestimmt und die Bestimmungen von Heer bestätigt mit einer Ausnahme: die sog. Carex-Frucht betrachtet er als Brasenia purpurea, die damit in der Schweiz ein zweites Mal festgestellt ist (vgl. S. 95). Nach der ganzen Art der Lagerung und der Erhaltung der Feinstrukturen muß die Ablagerung in einem ruhigen Gewässer erfolgt sein, vermutlich in einem Altwasser, das zeitweise auch Sand und schlammige Trübung führte und auf dessen Boden die Blätter der benachbarten Gehölze, wenn sie im Spätherbst und Vorwinter abfielen, liegen blieben und in den Schlamm eingeschlossen wurden.

Die Pollenanalyse gab ein gutes Ergebnis. Das Gestein ist ziemlich pollenreich. Wir untersuchten 5 Sedimentproben, die in ganz auffallender Weise in ihrem Pollengehalt übereinstimmten. Die Zählung erfaßte 302 Gehölzpollen:

218 Pinus	5 Salix
31 Ulmus	4 Quercus
28 Corylus	1 Alnus
15 Betula	

Außerdem 2 Pollen vom Compositen-Typ und 4 Farnsporen. Pinuspollen meist in der Größe von 62—69 μ.

Zu den makroskopischen Funden kommen also neu hinzu Ulmus, Quercus und Alnus. Auffallend ist der geringe Gehalt an Salix-Pollen, trotzdem, nach den makroskopischen Funden zu schließen, Salix - Gehölze offenbar den Wasserlauf säumten. Die Erfahrungen an rezenter Vegetation ergeben aber, daß bei uns der Salix-Pollenniederschlag immer im Verhältnis zur Vertretung von Salix in der lokalen Vegetation sehr gering ist, teilweise wohl weil die Weiden im wesentlichen insektenblütige Pflanzen sind, teilweise weil dieser bei der Mehrzahl der Arten recht zarte Pollen der Zersetzung leicht anheimfällt und teilweise weil die regionale Vegetation das Pollenspektrum beherrscht. Ein Analogon dazu gibt der spärliche Gehalt an Acer-Pollen in den Tuffen von Flurlingen (vgl. S. 113).

Pollenspektrum und makroskopische Funde geben das Bild eines Waldes aus Föhren und Laubgehölz, wobei namentlich das reiche Vorkommen der wärmeliebenden Ulme hervorgehoben werden muß. Diese Zusammensetzung kann nur einem warmen, vermutlich trockenen Klima entsprechen. Verglichen mit unseren anderen, in dieser Arbeit analysierten Spektren, ist das völlige Fehlen von Picea auffällig.

Das Alter und die Bedeutung der von Greppin gemachten Funde hat zu zahlreichen Diskussionen Anlaß gegeben. Bei der Beurteilung ist darauf hinzuweisen, daß die Gegend von Basel nie vergletschert war. Zur Zeit der größten Ausdehnung, als das Eis die Jurakette überstieg, gelangte der Gletscher bis in die Gegend von Liestal-Möhlin. In der Würmeiszeit blieben die Gletscher schon im Molasseland zurück bei Wangen an der Aare, Staffelbach im Suhrtal, Killwangen im Limmattal. Die glazialen Ablagerungen Basels sind also nur ferntransportierte Rheinschotter oder

Löße. Die Datierung der Ablagerungen und vor allem das Erkennen und die richtige Wertung von Grenzflächen in den Schotterschichten ist sehr schwierig. Heer betrachtete das Pflanzenlager Greppins in St. Jakob als interglazial. Auch die gefundenen Insekten und Mollusken stimmen mit dieser Datierung überein.

Später hat sich vor allem A. Gutzwiller eingehend mit diesen Ablagerungen beschäftigt. Er machte eine Nachgrabung und traf dabei in den Schottern auf eine lehmige Schicht mit Molluskenresten, die er der Fundschicht von Greppin gleichsetzte (1894). Wir konnten auch von dieser Lehmschicht eine Probe auf den Pollengehalt untersuchen. Dieser war sehr klein und bestand nur aus Pinus- und Betulapollen. Wir zählten in 7 Präparaten 22 Pinus- und 4 Betulapollen, dazu 5 Farnsporen. Im als gleichalterig betrachteten Niveau wurde 1902 an benachbarter Stelle (Kiesgrube) ein Eichenstamm gefunden. Gutzwiller bezeichnet den ganzen Schotterkomplex über und unter den Fundschichten als Niederterrasse der letzten Eiszeit, aus Rheinkies aufgeschüttet. Ursprünglich (1894) meinte er, die ganze Ablagerung sei während des Hochstandes der Würmvereisung entstanden. Später (1908) modifizierte er seine Erklärung, namentlich unter der Einsicht, daß zur Zeit des Gletscherhochstandes kaum ein so reiches Pflanzenleben zu erwarten gewesen wäre. Er nahm nun an, die zur Zeit des Hochstandes der Würmeiszeit abgelagerte Niederterrasse sei bei einem ersten Rückzug des Eises teilweise erodiert worden, worauf die Ablagerung der fossilführenden Schichten erfolgt sei. Bei einem neuen Gletschervorstoß wurde dann der obere Teil des Schotters auf die mergelig-sandigen Zwischenschichten aufgelagert. Er verlegt also die Bildung der fossilführenden Schichten in eine Interstadialzeit, und zwar in die Achenschwankung, vor den Bühlvorstoß.

Früh und Schröter (1904) und Brückner (1909) schließen sich in der Deutung der Greppin'schen Fundstelle an Heer an. Brockmann (1910) greift auf die erste Deutung von Gutzwiller zurück. Auch Heim (1919, S. 317) lehnt das interglaziale Alter ab. Nach unseren gegenwärtigen Kenntnissen über die Flora der letzten Eiszeit müssen wir sagen, daß die von Greppin gefundene Ablagerung von St. Jakob mit ihrem starken Anteil an thermophilen Gehölzen nicht während

der Eiszeit entstanden sein kann, sondern interglazial sein muß, wahrscheinlich Riß-Würm Interglazial. Das ganz besonders auffällige Fehlen von Picea scheint darauf hin zu deuten, daß dieser Baum damals nicht über das Alpenvorland in die oberrheinische Tiefebene vorgedrungen war und diese, wie in der Gegenwart, die Vegetation eines trocken-warmen Klimas besaß. Es ist außerordentlich zu bedauern, daß wir von diesem so interessanten Aufschluß kein ganzes Profil zur Untersuchung besitzen. Die von Gutzwiller gefundenen Lehme dagegen, die nur Betula und Pinuspollen enthalten, dürften in eine kältere Periode fallen (Würminterstadial oder Spätglazial?).

25. Flora der Glazialzeiten

Über die Flora und Vegetation der eigentlichen Eiszeiten ist aus dem schweizerischen Alpenvorland nur sehr wenig Sicheres bekannt. Die meisten pflanzenführenden Ablagerungen, deren Entstehung von einzelnen Forschern in die Gletscherzeit verlegt worden ist, erweisen sich, wie aus den vorstehenden Einzelbeschreibungen hervorgeht, bei kritischer Betrachtung als interglazial oder doch nur am Rande einer Eiszeit entstanden (interstadial, spätglazial). Doch lebte auch während des Hochstandes einer Vergletscherung in den Alpen und ihrem Vorlande eine Flora von Blütenpflanzen und blütenlosen Pflanzen auf den aus dem Eise auftauchenden Nunatakern, sowie am Rande und im Vorfelde der Gletscher. Dafür spricht vor allem auch die heutige Verteilung der Flora in unseren Alpen, deren Disjunktionen sich ohne die Annahme von eiszeitlichen Refugien innerhalb der Alpen und im Alpenvorlande nicht befriedigend erklären lassen. Auf eine nähere Betrachtung dieses sehr weitschichtigen Forschungsgebietes können wir hier nicht eintreten, sondern verweisen auf die spezielle Literatur, besonders auf John Briquet (1907), Heinrich Brockmann-Jerosch (1910, 1926), Helmut Gams (1949 u.a. O.), Walter Rytz (1949), H. Merxmüller (1952) und dort zitierte weitere Arbeiten.

Es ist anzunehmen, daß diese kältezeitliche Pflanzenwelt Ähnlichkeit besaß mit der heutigen Alpenvegetation und zugleich mit der nordischen Tundra. Völlige Übereinstimmung mit dieser

letzteren ist nicht zu erwarten, weil bei dem höheren Sonnenstande unseres weit südlicher gelegenen Landes die Klimaverhältnisse mit Bezug auf die Besonnung und dadurch auch die Wärmeverteilung und der Bodenzustand immer wesentlich verschieden von den nordischen gewesen sein müssen.

Makrofossilien einer solchen alpin-nordischen Flora sind nur an wenigen Stellen des schweizerischen Alpenvorlandes gefunden worden. Sie sind sämtlich innerhalb der Endmoräne der Würmvergletscherung gelegen und stammen aus der Zeit des Würm-Spätglazials. Die ersten Funde dieser Art machte im Jahre 1872 A. Nathorst im Krutzelried bei Dübendorf und in Hedingen, beide Örtlichkeiten in der Nähe von Zürich gelegen, sowie im Wauwilermoos nordwestlich von Luzern. Carl Schröter konnte in den folgenden Jahren noch drei weitere Fundstellen entdekken: Bonstetten nahe von Hedingen, Schönenberg südlich von Zürich, Niederwil bei Frauenfeld, und etwas später kam noch Mellingen hinzu (vgl. das Kärtchen, Abb. 1). Diese 7 Fundstellen befanden sich stets in spätglazialen, meist gebänderten Tonen.

Schröter hat 1882 und wiederum 1904 die Kenntnisse über unsere Flora der Eiszeit zusammengefaßt. Trotzdem sich später noch viele Forscher mit dem Suchen nach Glazialpflanzen beschäftigten, konnten keine weiteren Fundstellen gefunden werden. Dagegen wurde die Zahl der Arten für die klassische Station Krutzelried noch etwas ergänzt durch E. Neuweiler (1901) und H. Gams und R. Nordhagen (1923). Insgesamt sind bis jetzt aus dem schweizerischen Alpenvorlande 15 Arten von Blütenpflanzen bekannt geworden, die in der Tabelle 3 zusammengestellt sind. Außerdem nennt Neuweiler noch einige Moose (Calliergon trifarium, Cratoneuron falcatum, cf. Hypnum Lindbergii, cf. Hypnum insubricum Farneti, Hypnum oder Amblystegium sp., Pseudoleskea atrovirens, cf. Bryum bimum), und Brockmann (1926) erwähnt von Bonstetten das reichliche Vorkommen einer Nitella-Art. In Krutzelried wurden Reste von Käfern (12 Arten, bei Schröter [1882] und O. Heer [1879] aufgezählt) und von Wassermilben (Gams und Nordhagen) gefunden.

Diese groben Reste unserer Spätglazialfundorte umfassen zwei

Gruppen von Blütenpflanzen: Landpflanzen mit hartlaubigen Blättern und Wasserpflanzen. Die ersteren werden unter dem Begriffe der Dryasflora zusammengefaßt. Sie sind heute bei uns hauptsächlich von alpiner Verbreitung mit Ausnahme von Betula nana und Salix myrtilloides, die beide als Seltenheiten auf hoch-

Tabelle 3. Zusammenstellung der im schweizerischen Alpenvorlande bisher als Makrofossilien in den Dryastonen gefundenen Glazialpflanzen

	Krutzelried	Hedingen	Bonstetten	Schönenberg	Niederwil	Wauwil	Mellingen
Salix polaris	I						
S. herbacea	I	I					
S. retusa	I						
S. reticulata	I				I		I
S. hastata	I						
S. myrtilloides	I						
Betula nana	I	I	I	I	I	I	
Polygonum viviparum	I						
Dryas octopetala	I	I			I		
Loiseleuria procumbens	I						
Arctostaphylos uva ursi	I						
Potamogeton natans	I						
P. filiformis	I						
P. sp.	I			I			
Phragmites communis	I						
Myriophyllum spicatum	I						
M. sp.	I				I		

gelegenen Mooren leben. Arctostaphylos uva ursi steigt an trockenen Orten, besonders in kontinentalen Alpengebieten, bis in Tieflagen herab. Auch Dryas wird nicht selten herabgeschwemmt. Nur die arktische Salix polaris fehlt heute dem Alpengebiet. Als ganzes ist die Dryasflora, die sich in ähnlicher Zusammensetzung auch anderswo im ehemals vergletscherten Gebiete gefunden hat, nach der heutigen Artenverbreitung beurteilt, charakteristisch für einen kalten Klimacharakter, wie er der Eiszeit entsprochen haben wird. Die Gruppe der Wasserpflanzen dagegen, zu der wir auch Nitella stellen müssen, steigt in den Alpen nicht über die Baumgrenze, sondern zieht ausgesprochen die Tieflagen vor. Ihr

Zusammenleben mit den Dryaspflanzen darf wohl dahin gedeutet werden, daß in der ausgehenden Eiszeit eine kräftige Sonnenstrahlung im Sommer die Wassertümpel im Gletschervorland so stark aufwärmte, daß die Wasserpflanzen gedeihen konnten, während anderseits der kühle Klimacharakter den Lebensansprüchen der alpinen Arten noch genügte, die zudem vermutlich durch die mangelnde oder doch schwache Konkurrenz von Arten mit gemäßigten Klimaansprüchen auf den mineralischen Rohböden begünstigt wurden.

In den Tiefen unserer Moore und Seen sind überall spätglaziale Ablagerungen vorhanden, die in den letzten Jahren auch auf ihre mikroskopisch kleinen Fossileinschlüsse untersucht wurden. Dabei hat sich, vor allem durch den eingeschlossenen Pollen, eine ganz ungeahnte Vielgestaltigkeit ergeben. Wir finden, wenngleich meist spärlich, Pollen von Strauch- und Baumpflanzen: Salix (Zwerg- und Spalierweiden?), Betula (wohl meist B. nana), Pinus, Hippophaë, der allerdings teilweise von fern hergetragen wurde. Viel häufiger ist der Pollen von Krautpflanzen, vor allem Gramineen, Artemisia, Helianthemum alpestre, daneben aber auch von Cyperaceen, Caryophyllaceen, Umbelliferen, Compositen, Thalictrum, Galium, Plantago alpina und montana, Sporen von Selaginella selaginoides u. a. m. Dieses Teilgebiet der Eiszeitforschung ist gegenwärtig in voller Entwicklung begriffen und verspricht, unsere Kenntnis der Vegetationsverhältnisse am Ende der letzten Eiszeit schön abzurunden. Es zeigt sich jedenfalls deutlich, daß die Vorstellung, die eiszeitliche Vegetation sei eine arktische Zwergstrauchtundra gewesen, zu eng ist. Wir können hier auf eine eingehende Diskussion dieser Probleme nicht eintreten. Über die spätglazialen Holzfunde in den Höhlen bei Schaffhausen vgl. S. 180.