

**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  
**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:** 09.08.2025

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

**Veröffentlichungen**  
**des Geobotanischen Institutes Rübel in Zürich**  
**27. Heft**

---

**Die Pflanzenwelt des Eiszeitalters**  
**im nördlichen Vorland der**  
**Schweizer Alpen**

von  
**WERNER LÜDI**

Zollikon / Zürich



**VERLAG HANS HUBER, BERN**

**1953**

Alle Rechte vorbehalten

Copyright by Verlag Hans Huber, Bern 1953

In der Schweiz gedruckt — Imprimé en Suisse — Printed in Switzerland

Druck : Walter Fischer, Bern

## Inhaltsübersicht

Einleitung . . . . .	5
Historisches; Kennzeichen interglazialer Ablagerungen, heutige Verbreitung der großen Vegetationseinheiten	
Spezieller Teil: Die einzelnen Fundstellen . . . . .	17
1. Umgebung von Genf . . . . .	17
a) Cartigny . . . . .	17
b) Chancy . . . . .	19
c) Montfleury . . . . .	21
d) Alluvion ancienne in Genf . . . . .	25
e) Mornex . . . . .	27
2. Signal de Bougy bei Aubonne am Genfersee . . . . .	28
3. Grandson . . . . .	30
4. Pont-La-Ville an der Saane (Freiburg) . . . . .	35
5. Wasserfluh im Glütschtal bei Thun . . . . .	39
6. Gundelsey im Glütschtal bei Thun . . . . .	41
7. Mutten bei Signau . . . . .	43
8. Gondiswil-Zell . . . . .	44
9. Küßnacht am Rigi . . . . .	67
10. Uznach-Kaltbrunn . . . . .	69
11. Wangen (Schwyz) . . . . .	86
12. Winden bei Mollis . . . . .	88
13. Eschenbach bei Rapperswil . . . . .	92
14. Zürcheroberrand . . . . .	93
a) Dürnten, b) Wetzikon, c) Goßau	
15. Mörschwil bei St. Gallen . . . . .	99
16. Wildhaus, Toggenburg . . . . .	105
17. Winterthur . . . . .	106
18. Flurlingen bei Schaffhausen . . . . .	108
19. Niederweningen (Zürich) . . . . .	113
20. Sulzberg bei Wettingen . . . . .	116
21. Weiherbach bei Sursee . . . . .	120
22. Safenwil bei Zofingen . . . . .	122
23. Distelberg bei Aarau . . . . .	124
24. St. Jakob, Basel . . . . .	125
25. Flora der Glazialzeiten . . . . .	128

Allgemeiner Teil . . . . .	132
Übersicht über die Lagerstätten und die Ablagerungen . . . . .	132
Die Flora der interglazialen Ablagerungen . . . . .	136
Die Vegetation der Interglazialzeiten . . . . .	156
Vegetationsveränderungen innerhalb der von unseren interglazialen Pollendiagrammen erfaßten Zeitabschnitte . . . . .	162
Klimaverhältnisse der Interglazialzeiten nach unseren Pflanzenfun- den beurteilt . . . . .	165
Die Tierwelt der Interglazialzeiten . . . . .	169
Die Einordnung der interglazialen Pflanzenfundstellen in die geo- logische Chronologie . . . . .	174
Vergleich unserer Ergebnisse mit der interglazialen Flora und Ve- getation benachbarter Gebiete . . . . .	182
Zusammenfassung . . . . .	197
Verzeichnis der zitierten Literatur . . . . .	202

	Schieferkohle		Picea
	Torf		Abies
	Hypnaceentorf		Pinus
	Sphagnumtorf		Alnus
	Gyttja		Betula
	Lehmige Gyttja		Fagus
	Seekreide		Eichenmischwald (Quercus, Ulmus, Tilia)
	Mergel		Castanea
	Lehm		Ostrya
	Sand		Juglans
	Steine		Carpinus
	Kies		Corylus
	Schnecken		Salix
			Hippophæ

Übersicht über die in den Pollendiagrammen verwendeten Zeichen für die Sedimente und Baumpollen-Typen.

## Einleitung

*Historisches.* Als um die Mitte des 19. Jahrhunderts durch die Forschungen von Ignaz Venez, J. de Charpentier und anderer der Beweis geleistet wurde, daß die Alpengletscher einst in das Alpenvorland hinuntergestiegen waren, nahmen die Forscher zuerst eine einzige Eiszeit an, die sich zwischen das Spättertiär und die Gegenwart hineingeschoben habe. Genauere Untersuchungen zeigten aber in der Folge, daß die Eismassen wiederholt vorgestoßen sind und daß zwischen den Ablagerungen der Gletscher solche ganz anderer Art liegen, die in einem milden Klima entstanden sein müssen. Es ist das Verdienst von Oswald Heer in Verbindung mit seinem Freund Arnold Escher von der Linth, diese interglazialen Ablagerungen näher studiert und richtig gedeutet zu haben. Bei Dürnten und Wetzikon im Zürcher Oberland, bei Uznach in der Linthebene und bei Mörschwil östlich von St. Gallen fanden sie zwischen glazialen Ablagerungen hart gepreßte Torfe, die beim Trocknen blätterig aufspalteten und danach Schieferkohlen genannt wurden. Sie waren zum Teil in mächtigen Lagern vorhanden und enthielten in Menge gut erhaltene Reste von Holzpflanzen, beinahe ausschließlich von *Picea abies*, *Pinus silvestris* und *Betula alba*, vereinzelt auch von *Quercus robur*, *Taxus baccata*, *Abies alba*, *Acer pseudoplatanus*, *Corylus avellana*, *Larix decidua* und *Pinus mugo*, ferner Reste von krautigen Wasser- und Sumpfpflanzen, sowie von Moosen. Alle diese Pflanzen werden heute noch an den gleichen Örtlichkeiten gefunden mit Ausnahme von *Larix* (*decidua*, vgl. S. 150) und einer Seerosenart, *Brasenia* (*purpurea*, vgl. S. 95).

Schon im Jahre 1865 gibt Oswald Heer in seiner Urvwelt der Schweiz eine klare Darstellung der Verhältnisse. Neben den Vorkommnissen von Uznach, Dürnten, Wetzikon, Mörschwil, waren ihm als interglaziale Fundstellen in der Schweiz noch Wangen und Eschenbach, beide in der Umgebung von Uznach gelegen, sowie Strättligen (Gundelsey) bekannt, ferner aus dem benachbarten Ausland Chambéry und Sonnaz in Savoyen, Cannstatt und Stuttgart in Süddeutschland. Er findet, das Klima der Schiefer-

kohlenzeit müsse dem heutigen ähnlich gewesen sein, vielleicht etwas kälter. Er versucht bereits, die Zeiträume zu berechnen, die zur Ablagerung der Schieferkohlenlager von Dürnten benötigt wurden (vgl. S. 63). Seine Überlegungen ergeben auch, daß die Gestaltung der Landoberfläche in der damaligen Zeit wesentlich anders als heute gewesen sein muß. So nimmt er an, zur Zeit der Bildung der Schieferkohlen von Uznach sei dort 90—100 m über der heutigen Talsohle ein See vorhanden gewesen.

In der Folge wurden die Forschungen über die pflanzlichen Reste der Diluvialzeit fortgesetzt, ohne daß aber das von Heer gezeichnete Bild sich wesentlich verändert hätte. J. B. G r e p p i n entdeckte im Jahre 1875 Reste diluvialer Pflanzen in einer Rheintalterrasse in St. Jakob bei Basel.

Die Pflanzenwelt des Eiszeitalters entwickelte sich naturgemäß vor allem in den Interglazialzeiten; aber auch Reste eiszeitlicher Vegetation wurden gefunden. Heer erwähnt 1865 nach A. M o r l o t Zapfen von *Picea abies* aus Moränen bei Thonon und beim Signal de Bougy. Der schwedische Quartärforscher A. G. N a t h o r s t fand 1872 fossile Glazialpflanzen im tonigen Untergrund des Torfmoors von Krutzelried bei Dübendorf. Einige weitere Fundstellen folgten, deren Entdeckung wir vor allem Carl S c h r ö t e r verdanken. Sie ergaben den Beweis dafür, daß zur ausgehenden Eiszeit im Mittelland arktisch-alpine Arten wuchsen.

Die als interglazial oder interstadial zu deutenden Pflanzenfundstellen haben sich in der Folge bedeutend vermehrt. 1892 fand J. F r ü h in der Mammutfundstätte Niederweningen neben andern Pflanzenresten auch Pollen von *Pinus* und *Betula*. 1894 untersuchte Leo W e h r l i die interglazialen Tufflager von Flurlingen bei Schaffhausen nach Pflanzenresten, wobei eine auffallende Dominanz von *Acer pseudoplatanus* und daneben *Buxus sempervirens* festgestellt wurde. Lignite fanden sich an der Rhone bei Genf an verschiedenen Orten, Schieferkohlen bei Grandson, bei Gondiswil-Zell und bei Wildhaus. E. N e u w e i l e r gab uns 1905 eine kritische Zusammenfassung der bis dahin bekannten Funde. Im Jahre 1912 veröffentlichte Frd. C. M ü l l e r eine Zusammenstellung der Schieferkohlenfundstellen in der Schweiz, die sachlich nichts Neues brachte.

Dagegen ergaben die Forschungen der Quartärgeologen A. P e n c k und E. B r ü c k n e r um die Jahrhundertwende eine Gliederung des Eiszeitalters in vier Eiszeiten. Während von den beiden älteren Eiszeiten im schweizerischen Alpenvorland nur isolierte Reste vorliegen, sind die beiden jüngeren noch in zusammenhängender Verbreitung erhalten, und es zeigte sich, daß zur Zeit der größten Vereisung (3. Eiszeit) das ganze Gebiet unter dem Eise begraben lag und daß auch zur Zeit des Hochstandes der letzten Vereisung nur kleine Teilgebiete eisfrei blieben (vgl. das Kärtchen, Abb. 1). Auf dieser Grundlage bauten die Forscher weiter, und es entstand eine ganze Wissenschaft des Eiszeitalters, des Diluviums oder Pleistozän. Bereits von P e n c k und B r ü c k n e r und in der Folge von zahlreichen andern Quartärforschern wurde immer wieder versucht, die interglazialen Fossilfundstellen in das System der Vereisungen einzubauen, wobei die Schieferkohlenbildung meist in die dritte Interglazialzeit verlegt wurde.

Ganz neue Gesichtspunkte über Klima und Vegetation des Diluviums brachten die Forschungen von Heinrich B r o c k m a n n - J e r o s c h in Kaltbrunn bei Uznach. Er vertrat (1910) die Auffassung, daß das Klima der Glazial- und Interglazialzeiten in unserem Lande in hohem Maße ozeanisch gewesen sei, und daß während des ganzen Diluviums, in Gletscherzeit und Zwischenzeit, sich ein mesophiler Laubwald über das eisfreie Land ausgebreitet habe (vgl. S. 72). Der Kampf der Meinungen entbrannte heftig, ohne daß aber eindeutige Beweise für oder gegen B r o c k m a n n s Anschauungen gebracht werden konnten. B r o c k m a n n selber kam noch wiederholt auf diese Probleme zurück und verteidigte seine Ansichten (z. B. 1919, 1921). Die Mehrzahl der Forscher lehnte sie jedoch ab. Eine Ausnahme machte z. B. Alb. H e i m (1919, S. 327, 333). Auch E. S c h e i b e n e r (ca. 1915) vertritt, wenngleich nicht klar formuliert, ähnliche Ansichten wie B r o c k m a n n. Unsere Schieferkohlen sind nach ihm interstadialer Entstehung, bei ausgesprochen ozeanischem Klima charakter gebildet.

Einen bedeutenden Fortschritt in unserer Erkenntnis der Schieferkohlenvegetation brachte der erste Weltkrieg mit sich. Um der Kohlennot zu steuern, wurden die Schieferkohlenlager nach Möglichkeit ausgebeutet, wobei sorgfältige geologische Kon-

trollen vorgenommen wurden. Die Ergebnisse sind in dem großen Sammelband «Die diluvialen Schieferkohlen der Schweiz» vereinigt, der 1923 erschien. Das Werk enthält viele pflanzliche Neufunde von H. G a m s , A. J e a n n e t , W. K o c h , Ch. M e y l a n und W. R y t z . W. R y t z schildert die Flora und Vegetation der Schieferkohlen von Gondiswil-Zell und versucht, die Vegetationsveränderungen im Laufe der Kohlenbildungszeit aufzuhellen. A. J e a n n e t gibt uns eine große Synthese der besonders schwierig zu deutenden interglazialen Bildungen von Uznach. Schon etwas früher bearbeitete H. G a m s (A. H e i m und H. G a m s 1918) die Flora der Schieferkohlen von Wildhaus, die in einer Darstellung der Vegetationsverhältnisse gipfelte.

Seither sind wieder einige neue Aufschlüsse bekannt geworden, und während des letzten Weltkrieges setzte von neuem eine intensive Ausbeutung der Schieferkohlenlager ein, wie sie kaum mehr wiederkehren wird. Andererseits gibt uns die Pollenanalyse ein neues und außerordentlich wertvolles Mittel zur Erforschung der Waldgeschichte in die Hand. So entschloß ich mich, die günstige Gelegenheit zu benützen und verschaffte mir von einer möglichst großen Zahl von Lagerstätten Probenserien, die nun sukzessive im Geobotanischen Forschungsinstitut Rübel in Zürich pollenanalytisch durchgearbeitet wurden. Für Mitarbeit bin ich besonders verpflichtet den Herren Dr. Heinrich Z o l l e r , Assistent, und Hans S i e g l , Laborant.

Der Stiftung A m r e i n - T r o l l e r , Gletschergarten, Luzern, sprechen wir hiermit für einen Druckbeitrag unseren besten Dank aus.

*Kennzeichen interglazialer Ablagerungen. Heutige Verteilung der großen Vegetationseinheiten.* Bevor wir unsere Untersuchung beginnen, dürfte es nötig sein, uns darüber klar zu werden, *was wir unter Interglazialzeit verstehen.* Der Begriff wurde als Gegensatz zu Glazialzeit, Eiszeit geprägt, und da in der Eiszeit in den Alpen oder im hohen Norden sich Eisströme bildeten, die sich flächenhaft über große Gebiete ausbreiteten, so muß die Zwischeneiszeit einen Zeitabschnitt zwischen 2 Eiszeiten umfassen, als diese Eismassen wieder verschwunden waren. Im Alpengebiet bedeutet dies, daß in der Eiszeit Gletscher von den Höhen

der Alpen ins Vorland hinunterstiegen und dieses überfluteten, während in der Zwischenzeit das Eis sich zurückzog und mehr oder weniger verschwand. Da wir die heutigen Verhältnisse als zwischeneiszeitlich empfinden, so beansprucht dieser Begriff nicht ein völliges Verschwinden der Gletscher aus den Alpen, sondern nur ein Zurückziehen auf die höchstgelegenen Gebiete, wobei beträchtliche Schwankungen der Gletscherenden aufwärts und abwärts eingeschlossen sind. Wir dürfen wohl als Anfang einer Eiszeit den Augenblick bezeichnen, da die Gletscher, im Begriffe ins Vorland vorzustößen, in die großen Haupttäler der Alpen eintreten, und als Ende den Zeitpunkt, da sie auf ihrem Rückzug diese Haupttäler wieder verlassen.

Das ist an den Moränenbildungen verhältnismäßig leicht festzustellen. Schwierig wird aber das Problem, wenn Ablagerungen im Vorland daraufhin beurteilt werden sollen, ob sie glazial- oder interglazialzeitlich seien. Die von den Geologen gewöhnlich angewandten Kriterien sind sehr unsicher, und ihre auf lokale Vorkommnisse gegründete Verwendung hat viel Verwirrung gebracht. Schotterlagen zwischen Moränen können ebensogut von zwei verschiedenen Vergletscherungen als auch von einer bloß lokalen oder stadialen Gletscherschwankung herrühren. Auch Terrassenbildungen haben oft getäuscht. Viel besser wird es natürlich, wenn solche Erscheinungen sich als regional erweisen oder vom Vorland bis ins Alpeninnere verfolgt werden können. Durch Erkenntnisse dieser letzteren Art wurde es möglich, die Hauptzüge des Geschehens in der Pleistozänzeit festzustellen.

Pedologen und Biologen können verhältnismäßig sichere Aussagen über die Klimaverhältnisse zur Zeit der Entstehung ihrer Untersuchungsobjekte machen und damit auch zur Frage, ob ihre Entstehung in eiszeitlicher oder zwischeneiszeitlicher Umgebung erfolgt sei. Diese Erkenntnisse beziehen sich aber nur auf lokal begrenzte Ablagerungen, die zudem in der Regel selten oder doch vereinzelt auftreten.

So deuten *fossile Schwarzerden, Braunerdeböden, verlehnte Löße*, meist wohl auch Podsolböden und Torflager auf interglaziale Klimaverhältnisse. Interglaziale Torfe weisen starke Verdichtung, im intramoränen Gebiet ausgesprochene Zeichen von Pressung und Schieferung auf. Aber das Fehlen solcher Boden-

bildungen in Sedimentfolgen, die zwischeneiszeitliche Schichten vermuten lassen, hat keine Beweiskraft, da sie abgetragen sein können, sei es durch Wassererosion oder in intramoränem Gebiet namentlich auch durch die schürfende Tätigkeit des Gletschers. Umgekehrt sind Brodelböden, Fließerden, Eiskeilspalten und gewisse andere Bodenbildungen, die zusammen als periglazial bezeichnet werden, unter glazialen Umweltbedingungen entstanden. Im intramoränen Gebiet sind sie aber nur selten zu finden.

Von *tierischen Resten* können in erster Linie die Molluskschalen zur Klimabestimmung ausgewertet werden. Die Mollusken sind verhältnismäßig standortbeständig, und viele von ihnen machen gut begrenzte Klimaansprüche. Die Schalen bleiben meist am Ort, wo das Tier gelebt hat, liegen und sind oft in großer Menge vorhanden, was die Wahrscheinlichkeit ihrer Auffindung erhöht. Ebenso bleiben Reste von Käfern und andern Arthropoden, von gewissen Protozoen und andern niedern Tieren erhalten und könnten wohl noch in etwas höherem Maße ausgewertet werden, als dies gewöhnlich geschehen ist. Höhere Tiere sind im allgemeinen unsicherer, da die Knochenreste leicht verschleppt werden, vor allem aber das lebende Tier an klimatische Verhältnisse sehr anpassungsfähig ist. Das äußert sich auch darin, daß manche Art, von der wir nach der heutigen Verbreitung eine gewisse klimatische Stenözie anzunehmen geneigt sind, dem Anscheine nach doch in Interglazialzeiten *und* Glazialzeiten gelebt hat (vgl. dazu im Abschnitt über die Tierwelt der Glazialzeiten S. 173).

*Die besten Klimaindikatoren bieten ohne Zweifel die höheren Pflanzen*, da sie bestimmte Klimaansprüche stellen, mit Grenzen, die nicht überschritten werden. Sie besitzen zudem mannigfaltige zur Fossilisation geeignete Organe (Holz, Früchte, Samen, Blätter, Pollen), deren Ablagerung schichtbeständig ist. Der Nachweis der allgemeinen Besiedelung mit Pflanzen (oder Tieren), die ein glaziales Klima nicht vertragen, die heute nur entfernt von den großen Gletschergebieten leben können, die in den Alpen normalerweise nicht über die subalpine Höhenstufe oder die Waldgrenze hinaufsteigen können, bedeutet zugleich auch den Nachweis des interglazialen Klimas. Alpiner Vegetation, sei es Rasen oder Zwerggesträuch, entspricht bereits die Gletschernähe. Als sichere Zeugen für ein interglaziales Klima können wir vor

allem die Wälder betrachten, wobei naturgemäß manche Übergangsstufe von dem kälteertragenden Baumwuchs eines Klimas, das noch ans glaziale grenzt, bis zum Baumwuchs eines warmen Klimas verschiedenen Grades und verschiedener Tönung zu erwarten ist.

Zur Beurteilung der Vegetation der Interglazialzeiten dürfen wir in unserem Gebiete von der heutigen Vegetation ausgehen. Denn wir wissen, daß die Flora damals von der heutigen nicht wesentlich verschieden war und daß die Geländebildung und die Großklimalage des Alpenvorlandes in den Interglazialzeiten jedenfalls ähnlich gewesen sind wie heute.

In der *heutigen Pflanzenwelt des Alpenvorlandes und der Alpen* finden wir 1. daß die herrschende Vegetationsform bis zur klimatischen Waldgrenze diejenige eines ausgesprochenen Waldlandes ist und 2. daß die Wälder sich nach Höhenstufen und innerhalb einer Höhenstufe nach Standorten differenzieren.

Die Wälder in den tiefstgelegenen, klimamilden Gebieten setzen sich aus gemischtem Laubholz zusammen mit *Quercus* (Eiche), *Ulmus* (Ulme), *Tilia* (Linde), *Acer* (Ahorn), *Fagus* (Buche), *Carpinus* (Hainbuche), *Populus tremula* (Zitterpappel) und vielgestaltigem Gebüsch, vor allem auch *Corylus avellana* (Hasel) (Klimaxgebiet des Querceto-Carpinetum). In montanen Lagen, den größten Teil unseres Vorlandes einnehmend, herrscht *Fagus silvatica*, gegen oben hin bei zunehmender Humidität des Klimas mehr und mehr mit *Abies alba* (Tanne) vergesellschaftet (Klimaxgebiet des Abieto-Fagetum). Auf trockenen, flachgründigen Böden kann in diesen beiden Höhenstufen die Waldföhre (*Pinus silvestris*) kleine Bestände bilden, ebenso auf Mooren. Die Fichte (*Picea abies*) und die Bergföhre (*Pinus mugo*) steigen in dem Baumwuchs ungünstigen Lagen im natürlichen Wald weit in die *Fagus-Abies*-Stufe hinab, letztere vor allem auf Hochmooren. *Alnus incana* und *glutinosa* (Grauerle und Schwarzerle), *Fraxinus excelsior* (Esche), *Populus nigra* (Schwarzpappel), *Betula verrucosa* (Birke), hochwüchsige Weiden (*Salix*-Arten) wachsen in den Sumpfgebieten dieser beiden Laubholzgürtel und begleiten die Flußläufe.

Heute ist auch *Picea abies* im schweizerischen Mittelland

außerordentlich verbreitet und in weiten Gebieten dominant. Die starke Ausbreitung dieser Art ist aber auf die Waldkultur durch den Menschen zurückzuführen. Im Mittelland ist *Picea* erst im Laufe des Neolithikums eingewandert und würde im natürlichen Waldgebilde sehr zurücktreten, sich im wesentlichen auf ungünstige Lagen und minderwertige Böden beschränkend. Immerhin nimmt ihre natürliche Verbreitung mit steigender Höhenlage stark zu, so daß ihr oberhalb von etwa 800 m im natürlichen Walde vermutlich vielerorts bereits ein beträchtlicher Anteil zukommt. Die natürlichen Verbreitungsverhältnisse der Waldtypen sind heute im Mittelland im einzelnen schwierig gegeneinander abzugrenzen. Man vergleiche dazu die Arbeiten von H. und M. Brockmann-Jerosch (1910), J. Braun-Blanquet (1932), W. Lüdi (1935), E. Stamm (1938), E. Furrer (1942), W. Koch (1944) und neuerdings besonders von H. Etter (1943, 1947), M. Moor (1952). Als Ganzes sind unsere gegenwärtigen Wälder das Ergebnis einer während der ganzen Postglazialzeit dauernden Entwicklung, die durch Einwanderung, durch Klima- und Bodenveränderung und schließlich durch die Einwirkung des Menschen hervorgerufen worden ist, wobei sich Reste früherer Waldperioden als Relikte an besonderen Lokalitäten halten konnten.

In den feuchtkühlen nördlichen Alpen schließt sich von rund 1200 m an aufwärts an die *Fagus-Abies*-stufe die subalpine *Picea*-stufe an (Klimaxgebiet des *Piceetum abietis*). Die Fichte bildet hier die Waldgrenze, die von den Randketten in die Nordalpen hinein von ca. 1600 m bis 1900 m ansteigt. Im oberen Teil der subalpinen Stufe und etwas über die Waldgrenze hinaus aufsteigend, finden wir Bestände von strauchigen Föhren (*Pinus mugo*, Bergföhre) und Erlen (*Alnus viridis*, Grünerle). Die Bergföhre bildet in baumförmiger Rasse (*ssp. uncinata*) stellenweise, so in der Alpenrandkette zwischen Thunersee und Vierwaldstättersee, einen schmalen Gürtel über dem Fichtengürtel und damit auch die Baumgrenze. Niedrige Baumbirken (*Betula pubescens*-Formen, weniger auch *Betula verrucosa*) vergesellschaften sich mit diesem Gehölz.

Schon im oberen Teil des *Picea*-gürtels ist das azidophile Ericaceen-Zwerggesträuch sehr verbreitet. Oberhalb der Wald-

grenze bildet es auf den gereiften Böden einen geschlossenen Gürtel, in dem neben Fichtenvorposten in einzelnen Gebieten noch zerstreute Arven oder Lärchen stehen, wahrscheinlich Reste einer früheren größeren Verbreitung (Klimaxgebiet des Rhodoreto-Vaccinietum bis etwa 200 m über die Waldgrenze, und höher bis gegen 2400 m Klimaxgebiet des Loiseleurietum procumbentis, mit *Vaccinium uliginosum* und des Nardetum strictae). Zwerg- und Spalierweiden sind in diesem Vegetationsgürtel allgemein verbreitet.

Über dem Zwergstrauchgürtel breiten sich auch auf den gereiften Böden alpine Rasen aus, bis gegen die klimatische Schneegrenze hin, die in ca. 2400—2900 m Meereshöhe anzusetzen ist (Klimaxgebiet der alpinen Grasheide, des Caricetum curvulae).

In den zentralen Alpen, die im allgemeinen ein kontinentales Klima besitzen, ist die Höhengliederung der Vegetation wesentlich anders, von unten nach oben:

Quercetum pubescentis-petraeae-Stufe mit ausgedehnten *Pinus silvestris*-Beständen und starker Beimischung von Steppenvegetation (Waldsteppe).

Piceetum-Stufe mit *Pinus silvestris* und höher oben *Pinus mugo*.

*Pinus cembra* - *Larix decidua* - Stufe (Rhodoreto-Vaccinietum cembretosum) z. T. mit dominanter *Pinus mugo*.

Die Birke ist im zentralalpinen Gebiet allgemein weiter verbreitet.

Arven (*Pinus cembra*), Lärchen (*Larix decidua*), Bergföhren bilden die Waldgrenze, die höher liegt als in den Nordalpen und bis 2300 m steigen kann. Die Arven-Lärchenstufe umfaßt auch die Rhodoreto-Vaccinietumstufe der Nordalpen, da Arve und Lärche annähernd bis zur oberen Grenze der geschlossenen Bestände von *Rhododendron ferrugineum* reichen. Die darüber folgenden alpinen Vegetationsstufen sind ähnlich beschaffen wie in den Nordalpen; doch liegen auch bei ihnen die oberen Grenzen höher, und die Klimaxgesellschaften sind viel weiter verbreitet, was mit dem Vorwiegen der Silikatgesteine in Verbindung zu bringen ist. Die klimatische Schneegrenze kann bis über 3000 m hinaufrücken (Monte Rosa Gebiet 3200 m).

Einzelne Zwergweiden und vor allem Spalierweiden steigen noch hoch in die alpine Stufe hinauf (*Salix herbacea* ca. 3300 m, *Salix retusa* ca. 3000 m, *Salix serpyllifolia* ca. 3000 m und *Salix reticulata* ca. 3100 m).

Der gereifte Boden ist in den Alpen und ihrem Vorlande bei genügender Feinerdebildung in den Laubwaldstufen Braunerde, in den höheren Lagen Podsol oder podsolige Braunerde (über Schiefer). Vereinzelt finden sich Podsole oder podsolige Böden unter ungünstigen Verhältnissen auch in tieferen Lagen.

Wenden wir jetzt diesen Überblick über die gegenwärtige Vegetationsverteilung auf unsere Interglazialprobleme an, unter der Annahme, die kausalen Beziehungen zwischen Klima und Vegetationstyp seien damals im wesentlichen gleich gewesen wie jetzt. Ein im Interglazial festgestellter Querceto-Carpinetum Typ läßt unter dieser Voraussetzung auf ein Klima schließen, wie es jetzt in den mildesten Gebieten unseres Mittellandes herrscht, ein Mischwald von *Abies* und *Picea* (*Fagus* fehlt unseren Interglazialen, wie wir sehen werden) auf ein gemäßigtes Klima, bei dominanter *Abies* mit ausgesprochener Luftfeuchtigkeit, ein *Picea*-Wald auf ein kühlfeuchtes Klima, bei starker Beimischung von *Pinus silvestris* vielleicht auf ein moorreiches Gebiet oder auf kontinentale Verhältnisse, wie heute in unseren Zentralalpentälern.

Alle diese Waldtypen kennzeichnen noch ausgesprochen interglaziale Klimaverhältnisse. Es ist m. E. unrichtig, in den Alpen von subarktischen *Picea*wäldern zu sprechen. *Picea* hält sich an die subalpine Stufe. Subarktischen Verhältnissen kann in den Alpen erst der *Rhodoreto-Vaccinietum*-Gürtel entsprechen, mit Grünerlen-, Bergföhren-Flaumbirkenbeständen und den höchstgelegenen Arven und Lärchen. Aber zwischen Waldgrenze und Schneegrenze bleibt ein vertikaler Zwischenraum von 800 bis 900 m, und auch von den höchststeigenden Bäumen und Hochsträuchern ist die Schneegrenze in vertikaler Richtung noch etwa 600 m entfernt. In diesem Raume tritt eine langsame Verarmung der Vegetation ein.

Ausgehend von den heutigen Verhältnissen können wir also erst eine völlig baumfreie Vegetation mit glazialer Umgebung parallelisieren und *Pinus mugo*-, *Betula*-, *Alnus viridis*-, *Salix*-Bestände als nächste Annäherung etwa mit Vorstoß- und Rückzugsstadien oder doch mit wesentlicher Entfernung vom Eisrand gleichsetzen, vielleicht ähnlich auch die Arven-Lärchenbestände,

während alle übrigen Waldtypen ein klares Interglazialklima verlangen.

Immerhin müssen zu diesen Ableitungen einige Einschränkungen gemacht werden. Einmal liegt die Gefahr vor, daß wir da, wo nicht Makrofossilien sondern Pollen zur Bestimmung des Vegetationstypus verwendet werden, eine Vegetation vermuten, die in Wirklichkeit einst erst in größerer Entfernung wuchs, weil der gefundene Pollen durch Ferntransport hergebracht wurde. Diese Fehlerquelle können wir aber im allgemeinen erkennen, soweit Waldvegetation in Frage kommt, indem nicht nur die Pollenfrequenzen klein sind — das ist auch bei dichter Bewaldung oft der Fall — sondern indem der Krautpollen einen sehr großen Anteil am Pollenspektrum nimmt, ja den Baumpollen an Menge übertreffen kann.

Des weiteren ist nicht von vornherein gesagt, daß die Gleichsetzung der heutigen klimatischen Schneegrenze mit dem eiszeitlichen Gletscherrand richtig sei, also zur Eiszeit der Alpen am Eisrand des Vorlandes und auf Nunatakern keine Baum- oder Waldvegetation existieren konnte. Die heutigen Talgletscher reichen ja auch weit in das Waldgebiet hinab, und über ihren Rändern gedeihen Bestände von Arven, Lärchen, Birken und Bergföhren. Allerdings ist das Inlandeis der Glazialzeiten wiederum nicht mit unseren postglazialen Talgletschern zu vergleichen, und vom heutigen Inlandeis des Nordens bleiben die Wälder fern; aber wir müssen doch bei Rückschlüssen auf Klimaverhältnisse diese Möglichkeiten erwägen und die wirklichen Zustände aufzuklären versuchen, wie dies für das Spätglazial und Postglazial der Würmeiszeit mit Erfolg durchgeführt worden ist.

Wir betrachten in der Folge zuerst die einzelnen untersuchten Lagerstätten, wobei wir von den bisherigen Ergebnissen der Forschung ausgehen und auch die von mir nicht eingehend untersuchten Ablagerungen mit Bezug auf pflanzliche Fossilien berücksichtigen. Ihre Lage ist in dem Kärtchen, Abb. 1, eingezeichnet. Schließlich werden wir versuchen, eine Gesamtdarstellung zu geben und allgemeine Schlüsse auf unsere Wald- und Klimageschichte zu ziehen.

### Legende

- äusserste Grenze der grössten Vergleichsicherung (Riss)
- ..... äusserste Grenze der letzten Vergleichsicherung (Würm)
- Fundstellen von Schieferkohle
- andere interglaziale Pflanzen- Fundstellen
- + Fundstellen von Dryasflora
- +++ Landesgrenze

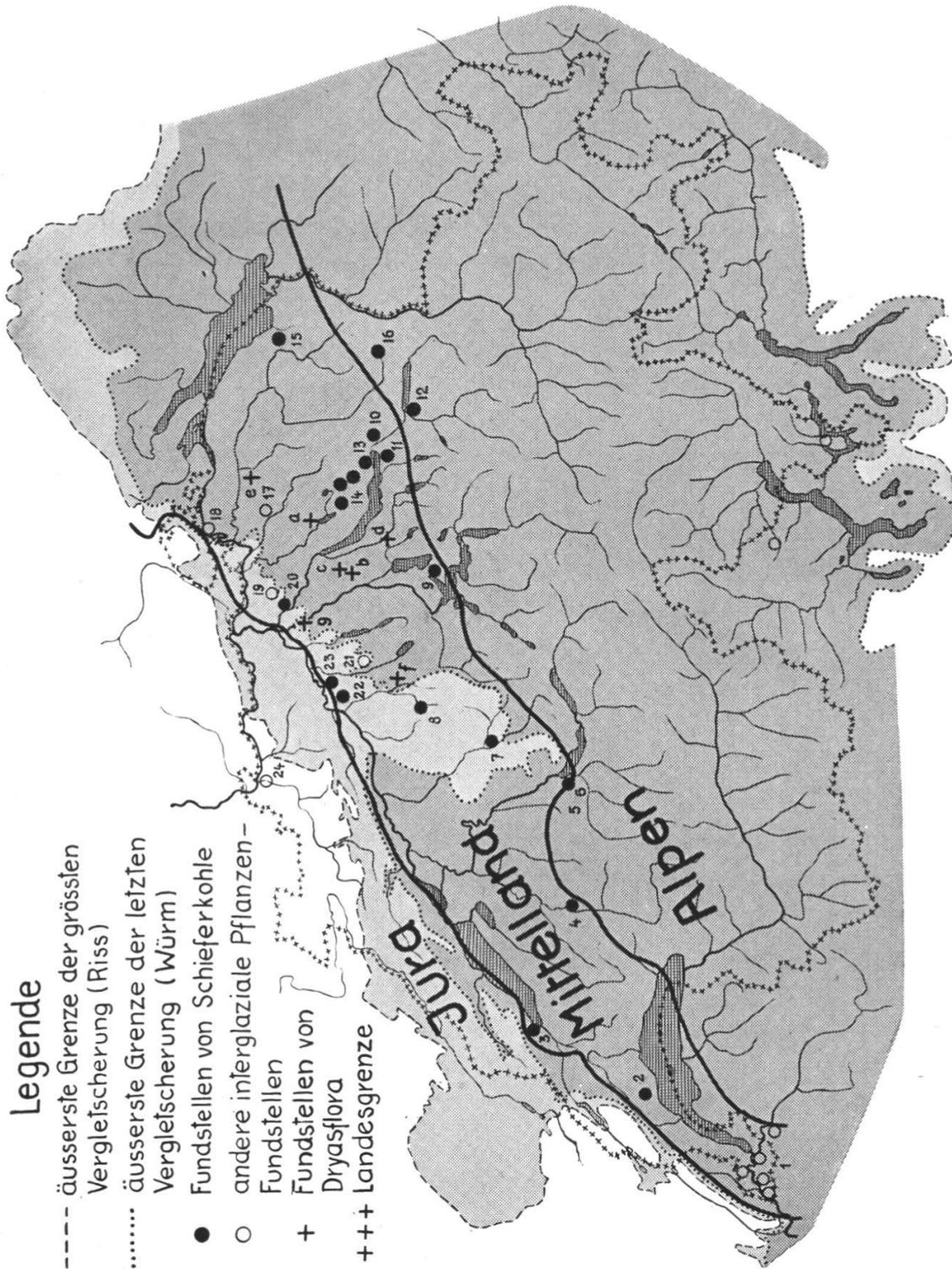


Abb. 1. Kartenskizze der Schweiz mit Einzeichnung der vergletscherten Räume und der pleistozänen Pflanzenfundstellen.  
 1—24 = Interglaziale Pflanzenfundstellen (Reihenfolge entsprechend der Behandlung im Text; vgl. die Nummern der Inhaltsübersicht, S. 3). a—g = Fundstellen der Dryasflora (a = Krutzehried, b = Hedingen, c = Bonstetten, d = Schönenberg, e = Niederwil, f = Wauwil, g = Mellingen).

Spezieller Teil:

**Die einzelnen Fundstellen**

**1. Die Umgebung von Genf**

Die Untergrundverhältnisse der Ebene unterhalb Genf sind verhältnismäßig gut bekannt (vgl. Ed. P a r é j a s , 1938; E. J o u - k o w s k y , 1941; E. J a y e t , 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. J a y e t (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. J o u k o w s k y , Jules F a v r e und Ad. J a y e t 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. J o u k o w s k y 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

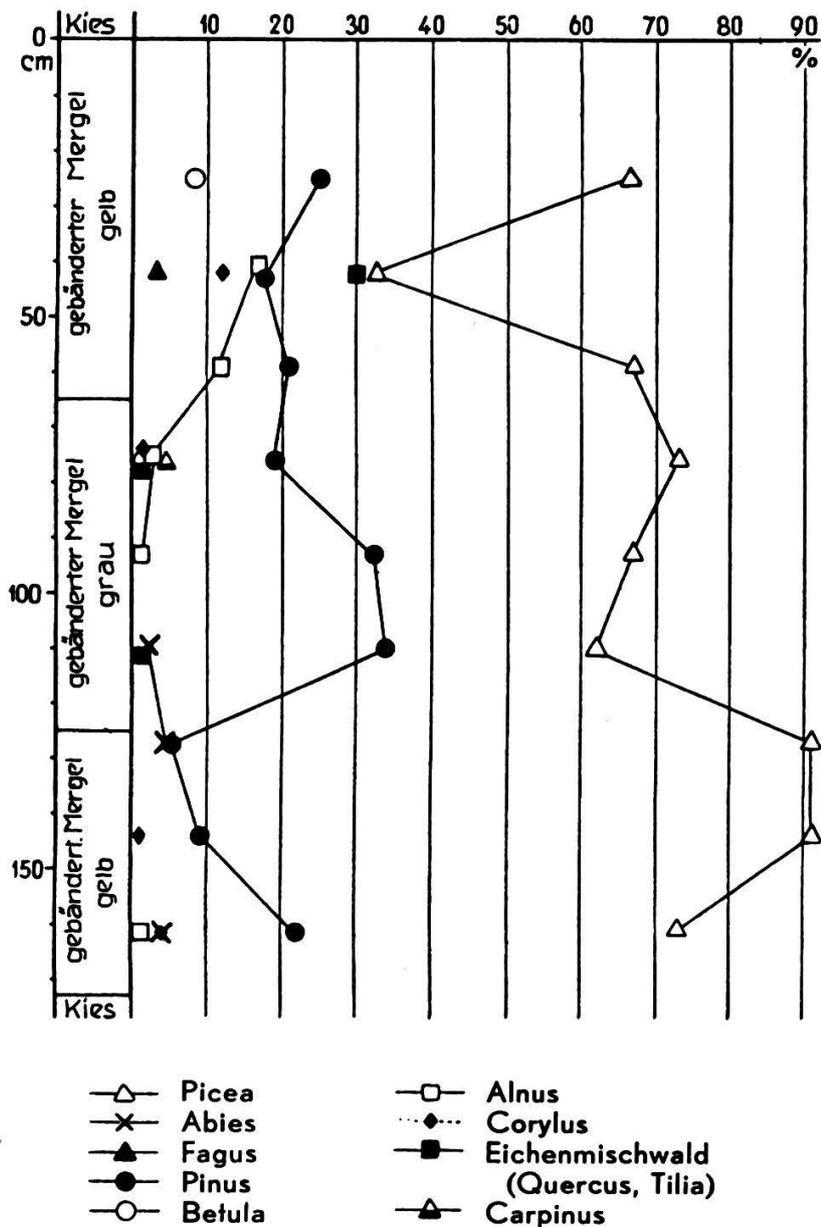


Abb. 2. Pollendiagramm der Mergel von Cartigny.

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. J o u k o w s k y spricht von Quercus. Verschiedene Holzproben, die ich von Dr. J o u k o w s k y erhielt, waren nicht sicher zu bestimmen, nach Beurteilung von Dr. E. N e u w e i l e r vielleicht Alnus, sicher nicht Quercus. Dagegen hat Dr. J. F a v r e 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 Inter-glazialzeit schließen. Der geringe Pollengehalt und der schwache Anteil an anderer organischer Substanz, sowie das von F a v r e 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. J o u k o w s k y 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. J o u k o w s k y mit den Mergeln von Cartigny gleichaltrig sein. J o u k o w s k y 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

vereinzelt 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 während 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. J o u k o w s k y 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.

J o u k o w s k y, 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.

J o u k o w s k y (in litt. XI. 1946) gibt folgende Funde von makroskopischen, organischen Resten an:

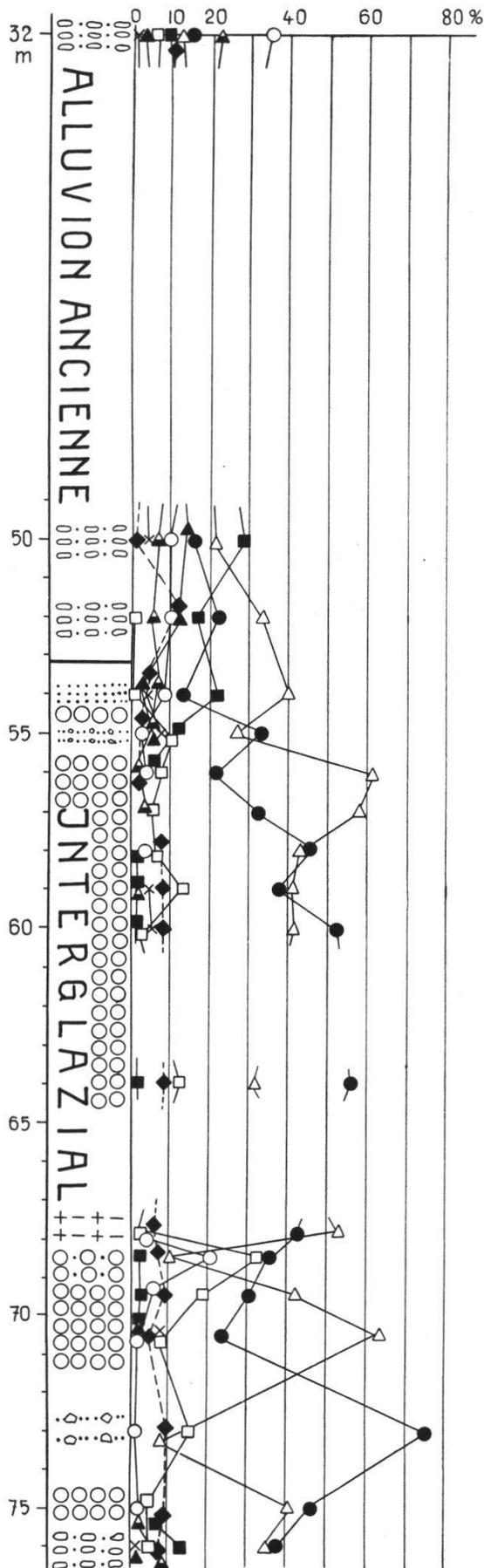
in 67,6—68,1 m Tiefe: Lignit, schweres Holzstück.

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. F r e y - W y ß l i n g 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 Gramineepollen. 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 Kraut- pfl. u. unbekannt	Pteridophyten- sporen
32	K u. S, locker	9	1	11	28	4	2	1	4	17					2	9	4	4		95	16	4	2	4	19 <sup>1</sup>	45		
50	K u. S, locker	41	7	32	19	1	31	38	7	2	10	3		7	4	2	2	5	3	204	9	11	1	1	2	24		
52	K u. S, locker	25	4	17	8	1	9	10	2	4	1	1			4	9	1	1		87	13 <sup>2</sup>	1			1	15		
54,5	fester Sand	19	4	12	8		6	18	3	1	5	4		2	4	7	1	1		94	11	4	1	2		18		
54,8	brauner Mergel	44	2	8	5			2		10				1		1	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			1	14		
55,5	brauner Mergel	5	2	12	2	1														20	2				1	1		
56,2	grauer Mergel	18	9	3	2	1	1			1						1				30	2				2	2		
56,5	grauer, fein. M	17	3	8		3	1			2	1									28					2	2		
57,2	grauer, fein. M	14	8		2	1				1	1									24	5				2	2		
58,2	grauer, fein. M	15	8		2					1										27						5		
58,6	grauer, fein. M	15	23	1	1	4										1	4	1		48	1					1	1 <sup>3</sup>	
59	grauer, fein. M	19	3	21	1	4										4	4			52	2				2	4	3	
59,3	bräunl. Mergel	26	2	22		10			1							5	2			68	2				2	4	1	
59,8	sandig-mergelig	14	3	32		2	1									2	1			55	3	1				4	1	
60,3	grauer Mergel	27	1	20						1						8	5			53	1			2		3	6 <sup>5</sup>	
63,8	blauer Mergel	31		57		12														109						3		
67,8	schwärzl. oder torf. Lehm	32	27	2	2	1										3	3			65				2		2		
68,2	feinsandiger M	6	17	5	5	17			2							6	1	3		57	1				21 <sup>6</sup>	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					1	2	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	1	3	4			62	9	1	1		1	11	7 <sup>7</sup>	

K = Kies, S = Sand, M = Mergel, L = Lehm.  
 Die Klammern links außen bedeuten die Vereinigung von Proben in der Zeichnung (Abb. 3).  
<sup>1</sup> 1 Artemisia-Pollen; <sup>2</sup> 4 Pollen cf. Getreide; <sup>3</sup> cf. Selaginella helvetica; <sup>4</sup> 1 Pollen cf. Getreide; <sup>5</sup> davon 3 cf. Selaginella selaginoides; <sup>6</sup> davon 20 von ulmoidee Form; <sup>7</sup> 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 Klimaänderung zur Voraussetzung. Jedenfalls ist nicht an eiszeitliche Verhältnisse zu denken.

Besonders auffallend ist das reichliche Auftreten von *Fagus*-pollen 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-kie-sigen 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 *J o u k o w s k y* 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 Kies-schichten es bilden, Pollen eingelagert haben. Nach Angabe von *J o u k o w s k y* 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 vereinzelt 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 Pollenprozentage:

<i>Pinus</i>	45	<i>Quercus</i>	28
<i>Picea</i>	19	<i>Carpinus</i>	1
<i>Abies</i>	2	<i>Ulmus</i>	0
<i>Betula</i>	2	<i>Tilia</i>	2
<i>Alnus</i>	1	<i>Corylus</i>	4
<i>Fagus</i>	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 subrezentenen 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 Buchenvorkommen 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 J o u k o w s k y (zit. nach J e a n n e t , 1923) beim Bau des Pont de Butin in Genf in der Grube des rechtsufrigen Pfeilers ebenfalls Mergel mit Hölzern, von denen J e a n n e t zwei durch Prof. Paul J a c c a r d in Zürich bestimmen ließ. Das eine wurde mit Sicherheit als *Picea* erkannt, das andere mit großer Wahrscheinlichkeit als *Quercus*.

J e a n n e t stellt diese Lignit führenden Mergel im Untergrund Genfs, die wahrscheinlich innerhalb der Alluvion ancienne liegen, samt der Alluvion ancienne selber in Anlehnung an Ed. B r ü c k n e r und W. K i l l i a n in die Laufschwankung (Würm I/Würm II).

Um weitere Anhaltspunkte für die Pollenspektren der Alluvion ancienne zu erhalten, entnahm ich unter Führung der Herren J. F a v r e und A. J a y e t 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
<i>Picea</i>	4	9	15	28
<i>Abies</i>			1	1
<i>Pinus</i>	6	7	4	17
<i>Corylus</i>		1		1
<i>Betula</i>		1		1
<i>Ulmus</i>	2	9	1	12
<i>Tilia</i>		1		1
cf. <i>Ligustrum</i>		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 Reißmoräne, die Sande als Interglazial Reiß-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
<i>Picea</i>	10	—	27	3
<i>Pinus</i>	7	2	3	
<i>Corylus</i>		(1)	5	
<i>Betula</i>	5	22	4	
<i>Alnus</i>			2	
<i>Carpinus</i>		4		1
<i>Quercus</i>			1	
<i>Ulmus</i>			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. J e a n n e t scheint dieser Auffassung zuzustimmen.

Der Aufschluß ist heute verschüttet und überwachsen. Auch Prof. J e a n n e t konnte ihn nicht mehr finden. Auf seine Empfehlung hin erhielten wir aber von Prof. Eugen W e g m a n n in Neuchâtel zwei seinerzeit von J e a n n e t 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  $65-80\mu$ , 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. J e a n n e t (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. R e n e v i e r, stützte. Die Zugänge zum alten Bergwerk waren damals verschlossen.

Das Kohlenlager liegt am Berghang, unweit oberhalb Grandson (s. Lagekarte bei J e a n n e t), in einer Meereshöhe von ungefähr 470 m und besteht nach J e a n n e t 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. J a c c a r d 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. B r ü c k n e r in ein Würminterstadial verlegt, von L. R o l l i e r der Niederterrasse zugeordnet, während J e a n n e t 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 B e a t i und Ing. B a r b e y 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

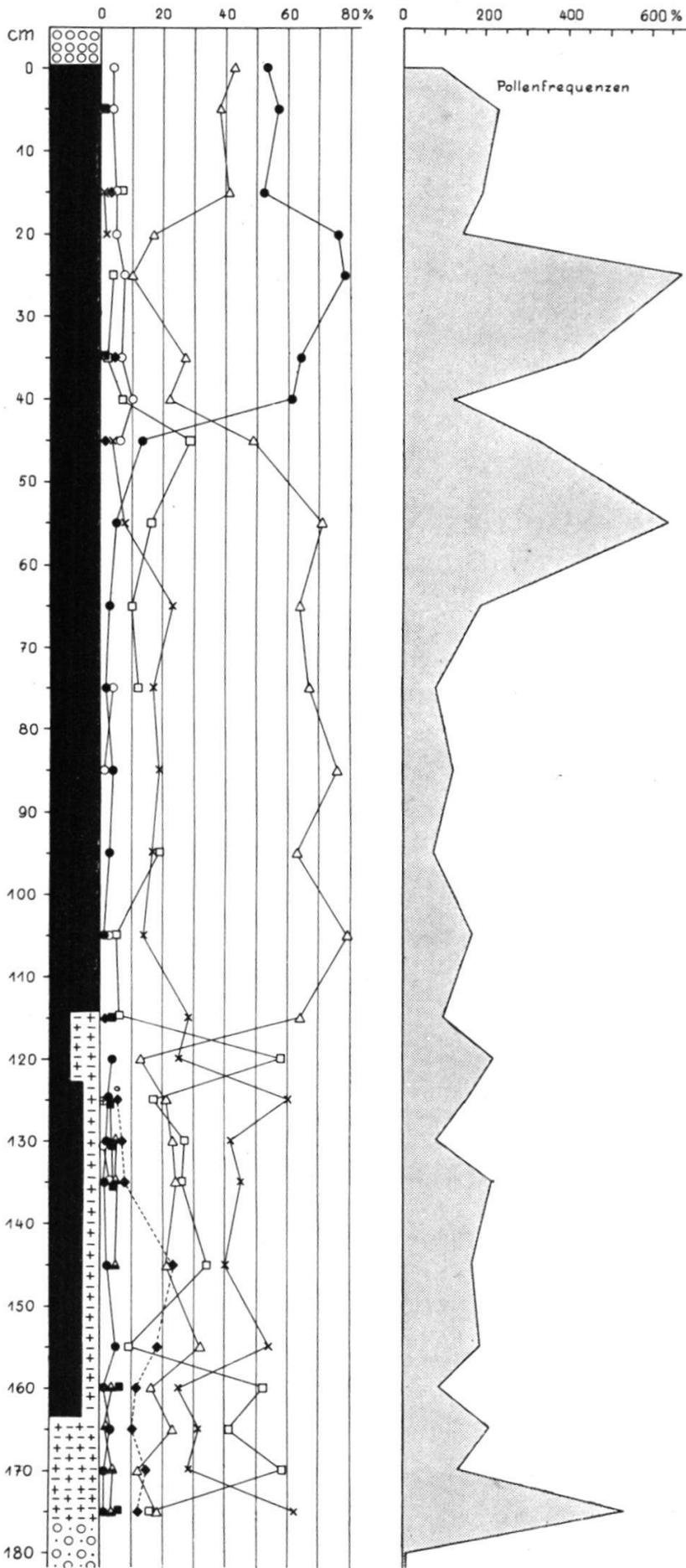


Abb. 4. Pollendiagramm des Schieferkohlenlagers von Grandson I.

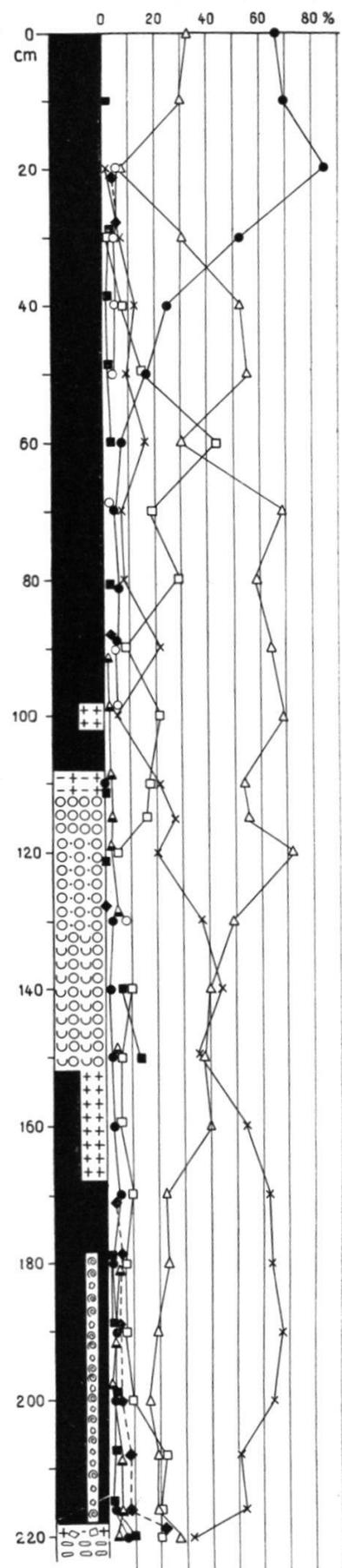


Abb. 5. Pollendiagramm des Schieferkohlenlagers von Grandson II.

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 *Renavier* gegebenen: Das Flöz ist aufgespalten in eine obere Kohlschicht 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 beige-mengt, mit vereinzelt, 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:

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

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 *Picea*dominanz (z. T. *Picea cf. ormorica*, vgl. S. 145) mit langsam abnehmender *Abies* und gegen oben hin ansteigender *Pinus*. Im obersten Teil *Pinus*dominanz mit *Picea*-Subdominanz und verschwindender *Abies*. Diese schöne und klare Folge des regionalen Waldbildes wird im Pollendiagramm durch den *Alnus*pollen beeinflußt, der in der Abieszeit und wiederum gegen das Ende der *Picea*zeit hohe Werte erreichen kann. Im Diagramm aus Stollen 12 tritt diese Erscheinung nur schwach hervor, ganz zu unterst und in der zweiten Hälfte der *Picea*zeit. Im Diagramm aus Stollen D dagegen dominiert der *Alnus*pollen wiederholt zu Anfang und Ende der Abieszeit. Wir haben es hier offenbar mit einer ausgesprochen lokalen Erscheinung zu tun, kleinen *Alnus*gehölzen 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 *Osmunda*-sporen. Vereinzelt *Sphagnum*sporen wurden in den obersten piceazeitlichen und in den untersten pinuszeitlichen Horizonten gefunden.

Unsere beiden Profile umfassen offensichtlich nicht eine ganze Interglazialzeit<sup>1</sup>. 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

---

<sup>1</sup> Versuche, im Profil D (Abb. 4) Pollenspektren aus dem sandigen Mergel unter der Schieferkohle zu erhalten, schlugen fehl. Wiederholte Aufschlüsse ergaben nur vereinzelt 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 *Lycopodium*sporen.

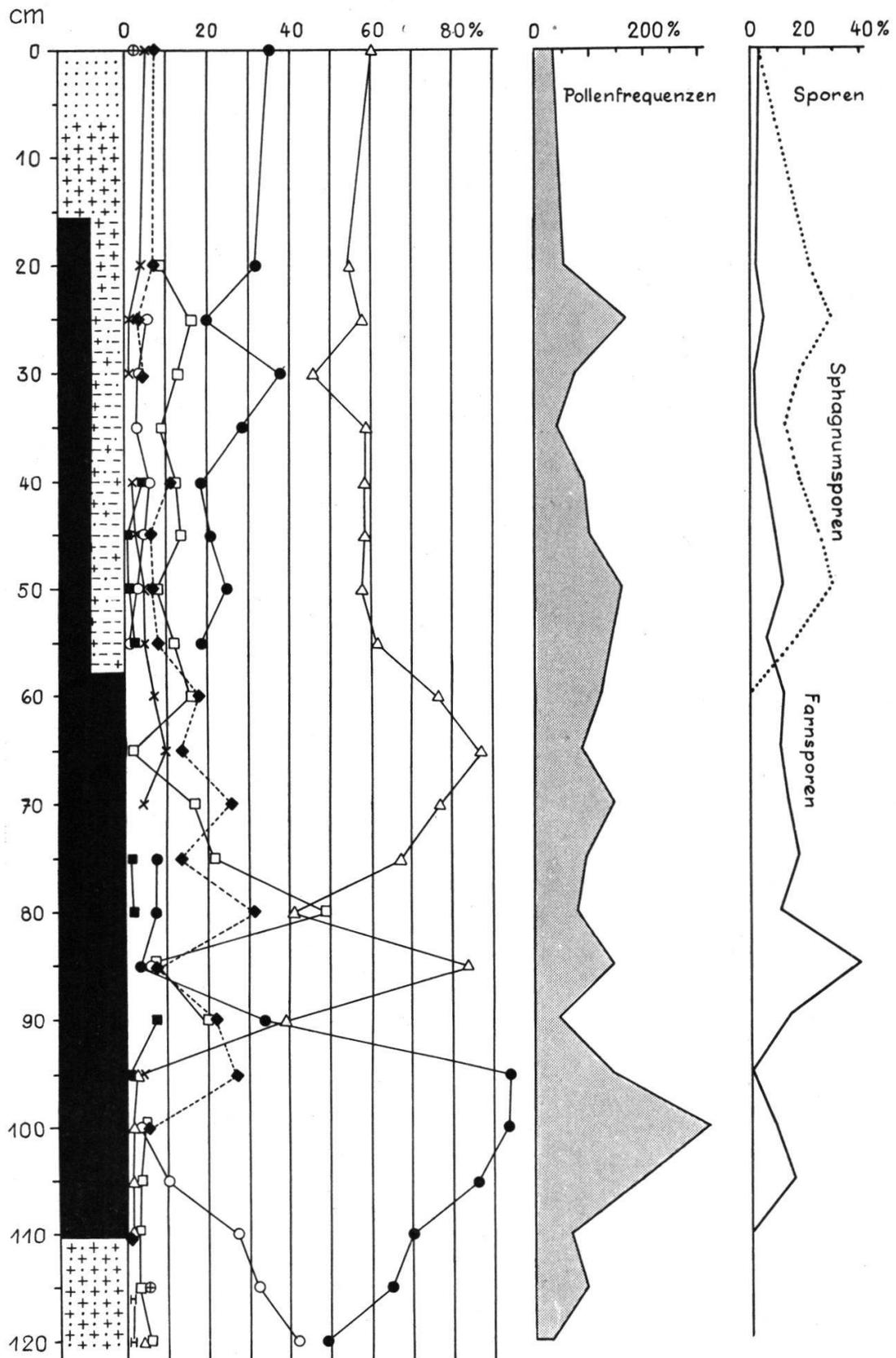


Abb. 6. Pollendiagramm des Schieferkohlenhorizontes von Pont-La-Ville.

eine dicke Lehmschicht, dann mächtige, verfestigte Schotter und schließlich Oberflächenmoräne. Unter dem Kohlenlager liegt, nach frdl. mündlicher Mitteilung von Prof. J. T e r c i e r in Freiburg, Moräne bis zum Talboden. Die Bildung fällt in die Riß-Würminterglazialzeit. J a y e t (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 charakterisiert 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*, vereinzelt 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  $\mu$ . Die meisten Betulapollen maßen 16—21  $\mu$ , einzelne in dem untersten Horizont nur 11  $\mu$  und sind wahrscheinlich *Betula nana* zuzurechnen. Die Größe der gemessenen Pinuspollen lag zwischen ca. 50 und 80  $\mu$ ; doch übersteigen nur ganz vereinzelt, in den unteren Schichten, 70  $\mu$ . Es ist zu vermuten, daß es sich meist um *Pinus silvestris* handelte. Die Größe der Alnuspollen lag zwischen 14 und 21  $\mu$ , 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,

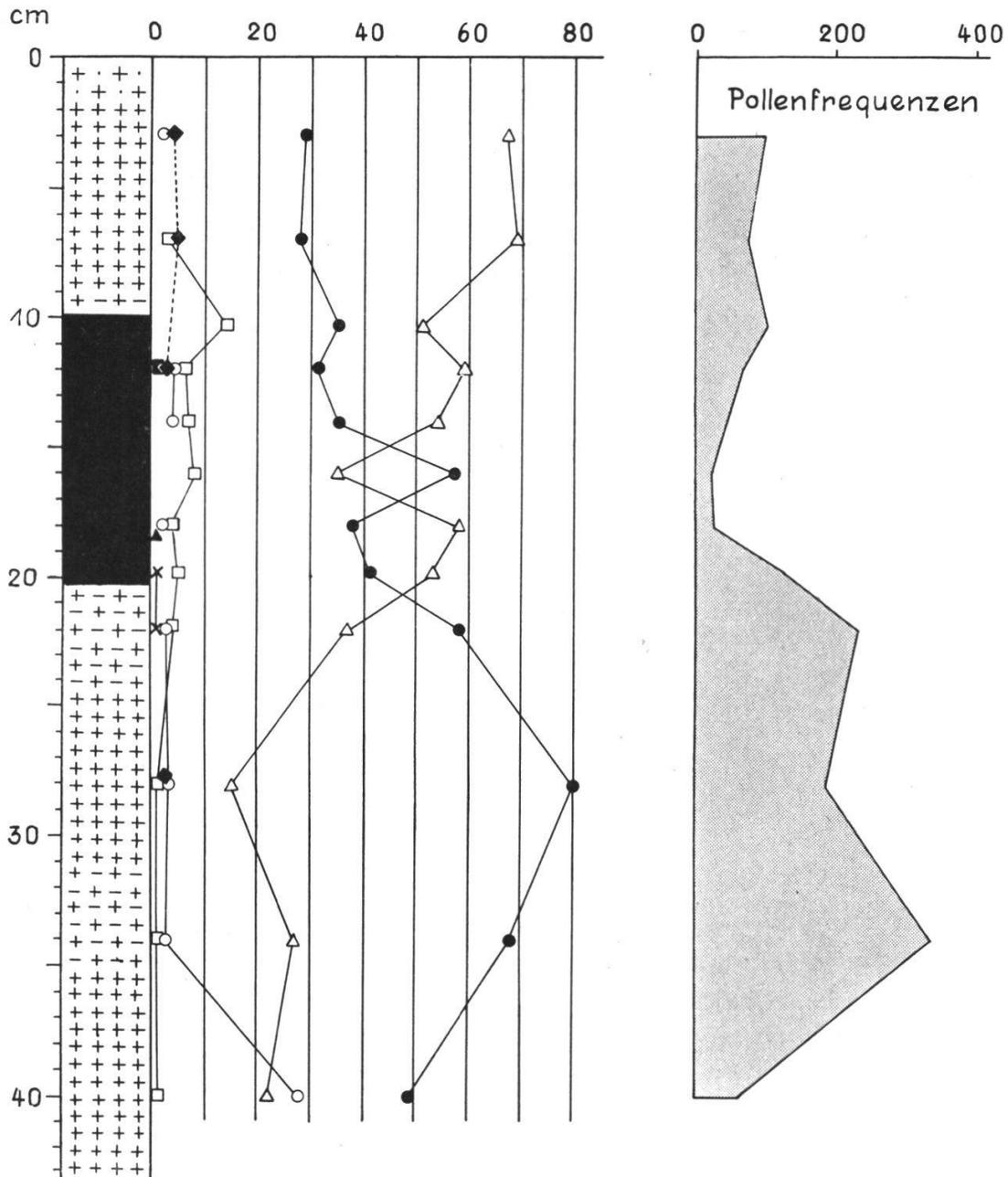


Abb. 7 Pollendiagramm des Schieferkohlenhorizontes von Wasserfluh.

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

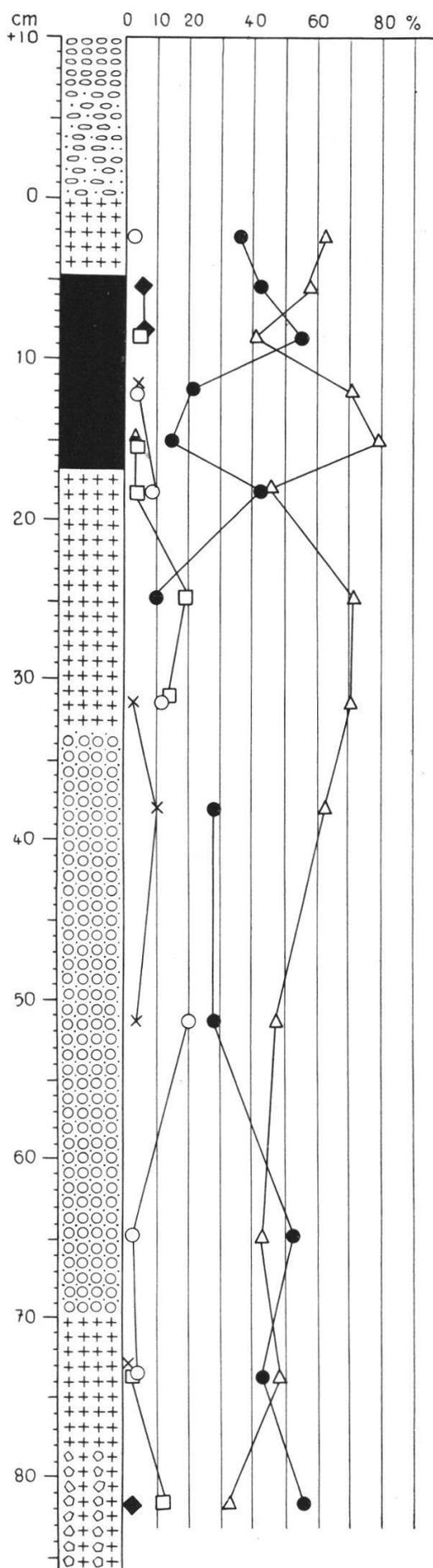
Die Größe des Pinuspollens schwankt zwischen 40 und 70  $\mu$ , wobei in den tieferen Schichten der Pollen zwischen 60—70  $\mu$  vorwiegt, in den mittleren und oberen Schichten der Pollen unter 60  $\mu$ . Das kann vielleicht einem Wechsel von herrschender

*Pinus mugo* zu herrschender *Pinus silvestris* entsprechen. Der meiste Alnuspollen mißt 17—20  $\mu$ , der meiste Betulapollen 19 bis 21  $\mu$ . 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 Hurifluch, wie sie auch genannt wird, liegt in rund 600 m Meereshöhe im mittleren Glütschtal und ist derjenigen der Wasserfluch sehr benachbart (ca. 1 km oberhalb). Sie ist seit langem bekannt. Ed. Gerber zitiert, nach einer Mitteilung von A. Jeannot, 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 Wasserfluch für gewöhnlich durch Vegetation bedeckt ist, und nur durch gelegentlichen Erdbeben 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 Schieferkohlschicht



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<sup>1</sup>.

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-

<sup>1</sup> 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  $\mu$ ) und deutet somit auf die baumförmigen Arten hin. Daneben fanden sich auch kleine Betulapollen (18—21  $\mu$ ) in den unteren Horizonten (Betula nana?). Der Pollen von Pinus erreichte zum Teil 55—65  $\mu$ , zum Teil 70—76 (—85)  $\mu$ , 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. G e r b e r 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, kohligter 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  $\mu$ , gehörte die große Mehrzahl; zum größeren, von 70 bis 72  $\mu$ , gehörte die Minderzahl (ca. 3 : 1). Der Durchschnitt der Pollenlänge für alle gemessenen Pollen betrug 67,5  $\mu$ . 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

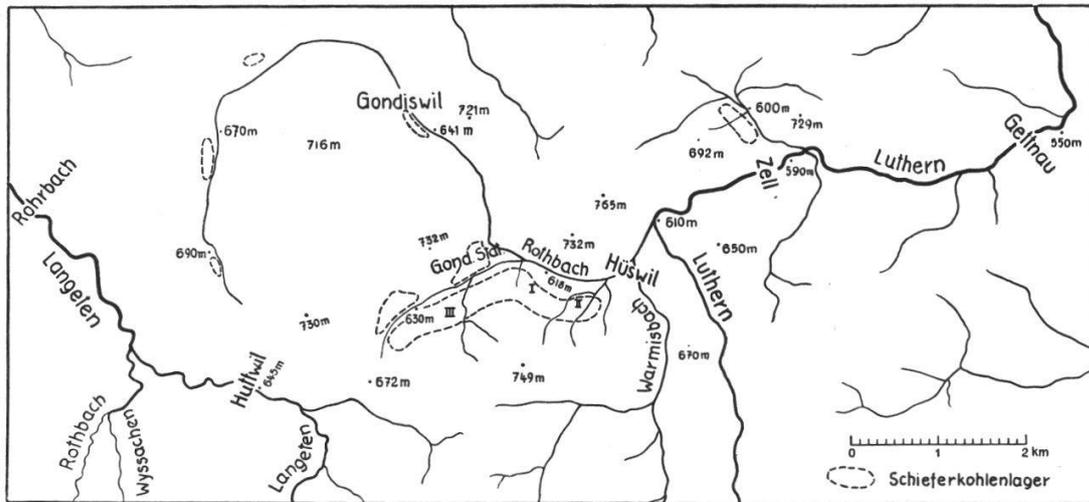


Abb. 9. Kartenskizze des Gebietes von Gondiswil—Hüswil—Zell;  
I, II, III: Stellen der Profilentnahme.

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 Luthern-tal 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 Unter-rand 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

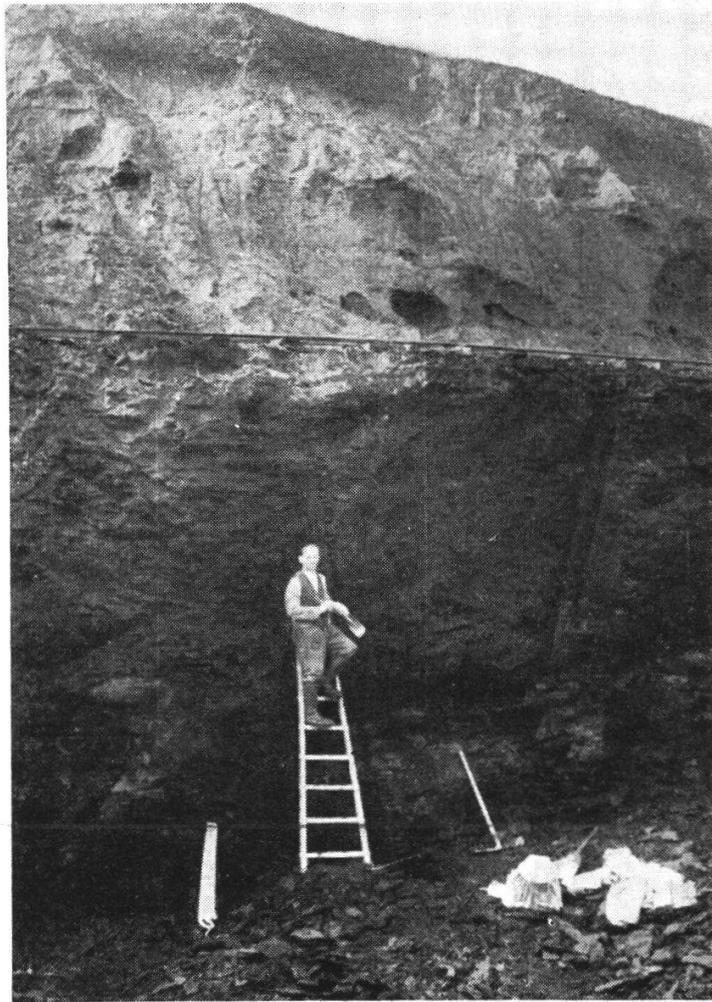


Abb. 10. Schieferkohlenabbau in Gondiswil-Hüswil an der Stelle des Diagramms Abb. 12. Basis = Gyttja, dunkle Steilwand = Flöz, darüber Rollbahn und dann sandig-lehmige Deckschichten. Phot. W. Lüdi 4. X. 1941.

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 Hüs wil 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 Radzellentorfen. Ebenso sind die Schwemmtorfe reichlich entwickelt, mit viel Holz und Rindenresten von *Betula*, *Alnus* (nach R y t z , 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 Radzellentorfe 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 R y t z 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 R y t z *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. G e r b e r 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 G e r b e r 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. G e r b e r 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 G e r b e r in die Rißeiszeit verlegt. Er gelangt zu nachfolgender Deutung der Ereignisse: Wie F. M ü h l b e r g unterteilt er die Rißeiszeit in 2 Eiszeiten, nimmt aber im Gegensatz zu M ü h l b e r g 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. G e r b e r 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. R y t z kommt zum Schluß, die vorhin skizzierte Entwicklung der Vegetation setze eine ausgesprochene Klimaverschlechterung voraus, die mit der Tundra abschloß. S t u d e r, 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 Rhinoceros 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 andererseits nach A. E r n i bis wesentlich unter ihn hinab. G e r b e r verlegt ihre Bildung als Hochterrasse an den Beginn von Riß I (Vorstoßschotter). Sie wären also um eine Eiszeit älter als die Schieferkohlen.

A. E r n i (Erni, Forcart und Härr i, 1943) untersuchte die in diesen Schottern eingeschlossenen Sandlager und Sandlinsen und fand dort reichlich organische Einschlüsse. Die von L. F o r c a r t 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. H ä r r i (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 J a y e t 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. G e r b e r 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. B a e s s l e r 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 Lehmhändchen 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 Kohlschicht in Gyttja und dann in bräunlichen Lehm über. Überlagert wurde sie von ca. einem halben Meter Sand mit einem Kohlschmitz 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. B a e ß l e r). Im mittleren und unteren Teil waren einige Lehmhändchen 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 G e r b e r und R y t z hervorgehobene Vielgestaltigkeit in der Ausgestaltung der Kohlenflöze im Gebiet zwischen Hüs wil 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-

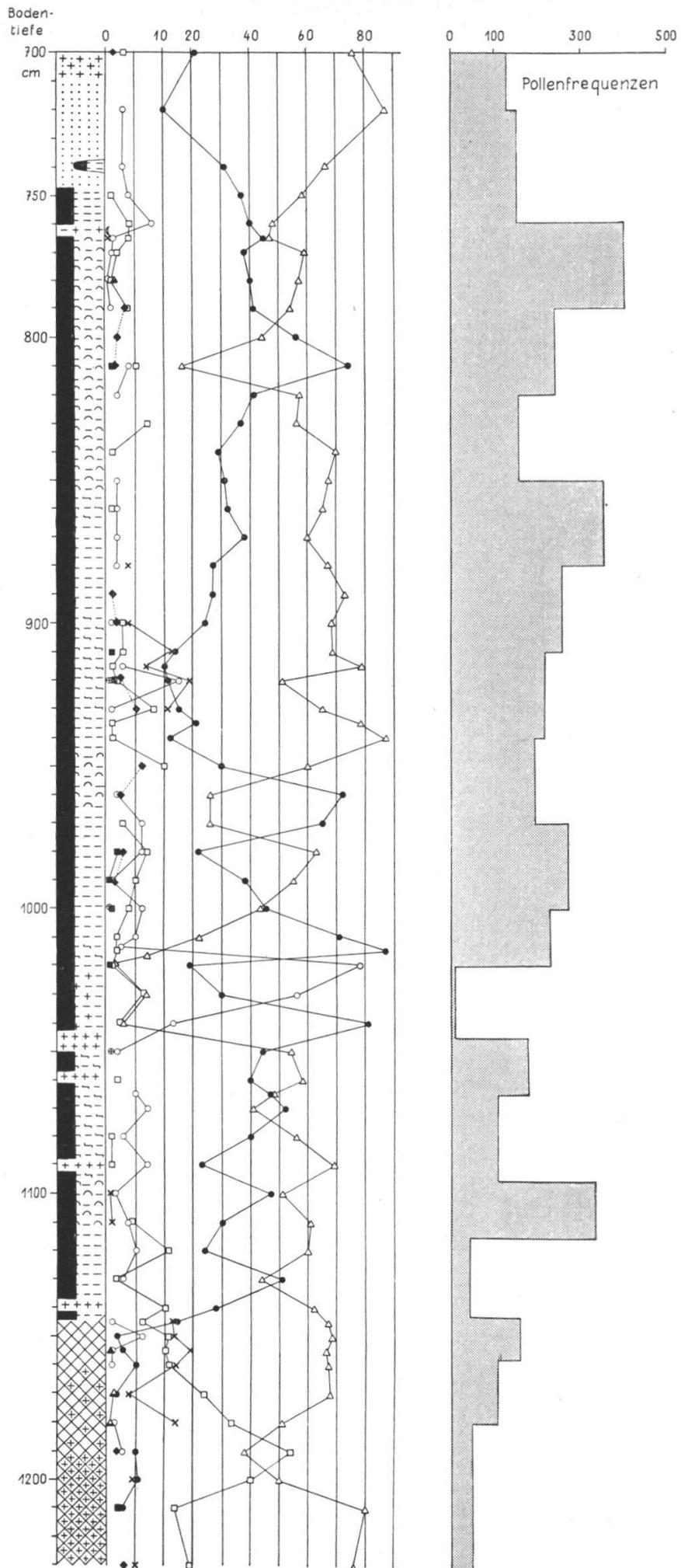


Abb. 12. Pollendiagramm des Kohlenflözes Fuchsmatt bei Gondiswil-Hüswil (Profil a, I in Abb. 9).

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 Gytja 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  $71 \mu$ , die der kleinen  $50 \mu$  (KOH-Präparate). Die geringste gemessene Luftsackhöhe der großen Pollen war  $63 \mu$ , die größte der kleinen Pollen  $60 \mu$ . Überschneidungen kamen also nicht vor. Sehr wahr-

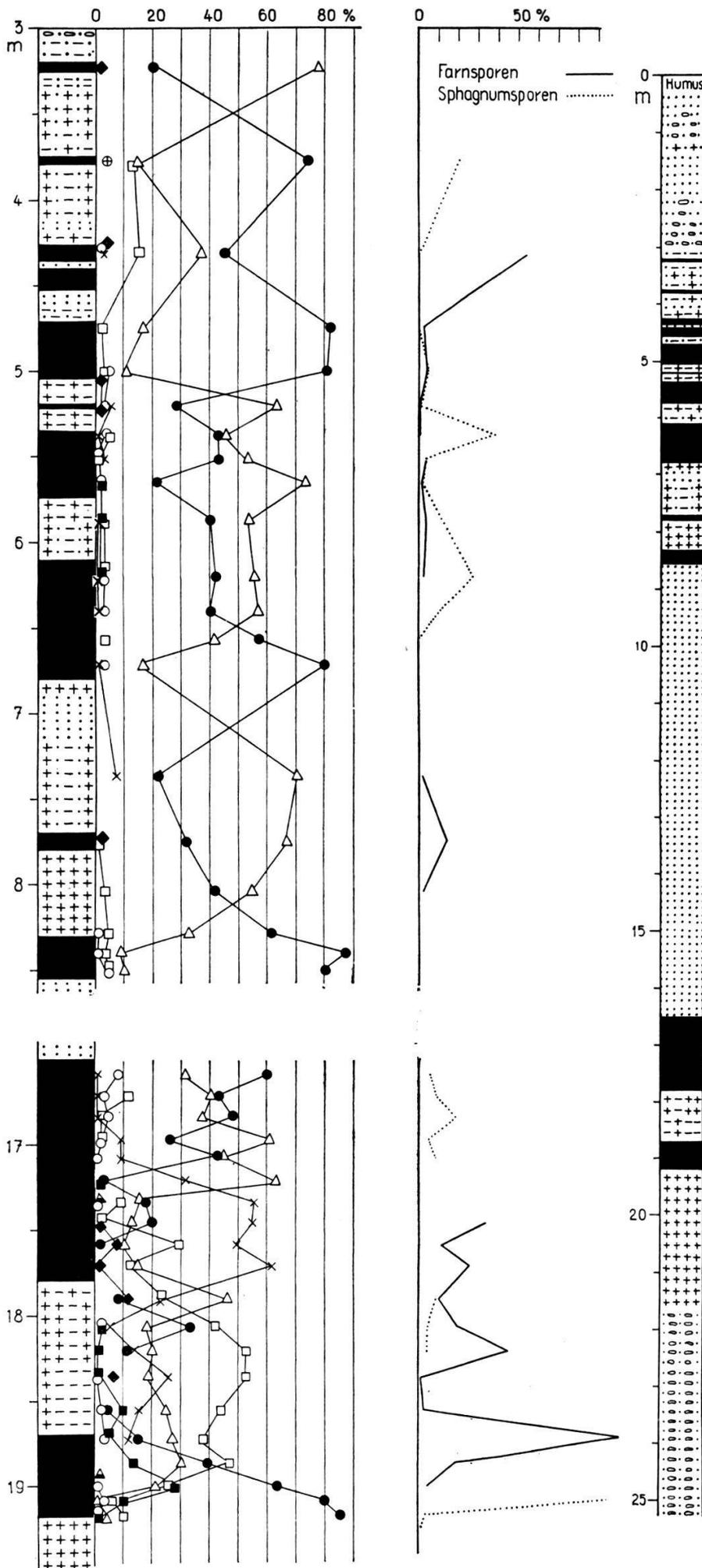


Abb. 13. Pollendiagramm des Schieferkohlenkomplexes im Berenmösli bei Gondiswil-Hüswil (Profil c, III in Abb. 9). Rechts ist das ganze erbohrte Profil im richtigen Maßstab dargestellt.

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 *Pinus*dominanz. Doch fällt die *Pinus*kurve rasch ab und verschwindet zeitweise aus dem Spektrum, während zuerst *Alnus*, dann kurz *Picea* und dann *Abies* dominiert. In diesen Horizonten (auch denen mit *Pinus*dominanz) 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 wärme-liebenden Gehölze bis auf ein Minimum zurückgehen, *Betula* aber in geschlossener Kurve auftritt.

Der obere Kohlenkomplex beginnt mit einer ausgesprochenen *Pinus*dominanz bei ganz spärlichen Werten aller anderen Arten. Dann erhebt sich die *Picea*kurve, 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 *Picea*dominanz. 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 *Sphagnum*moor 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-

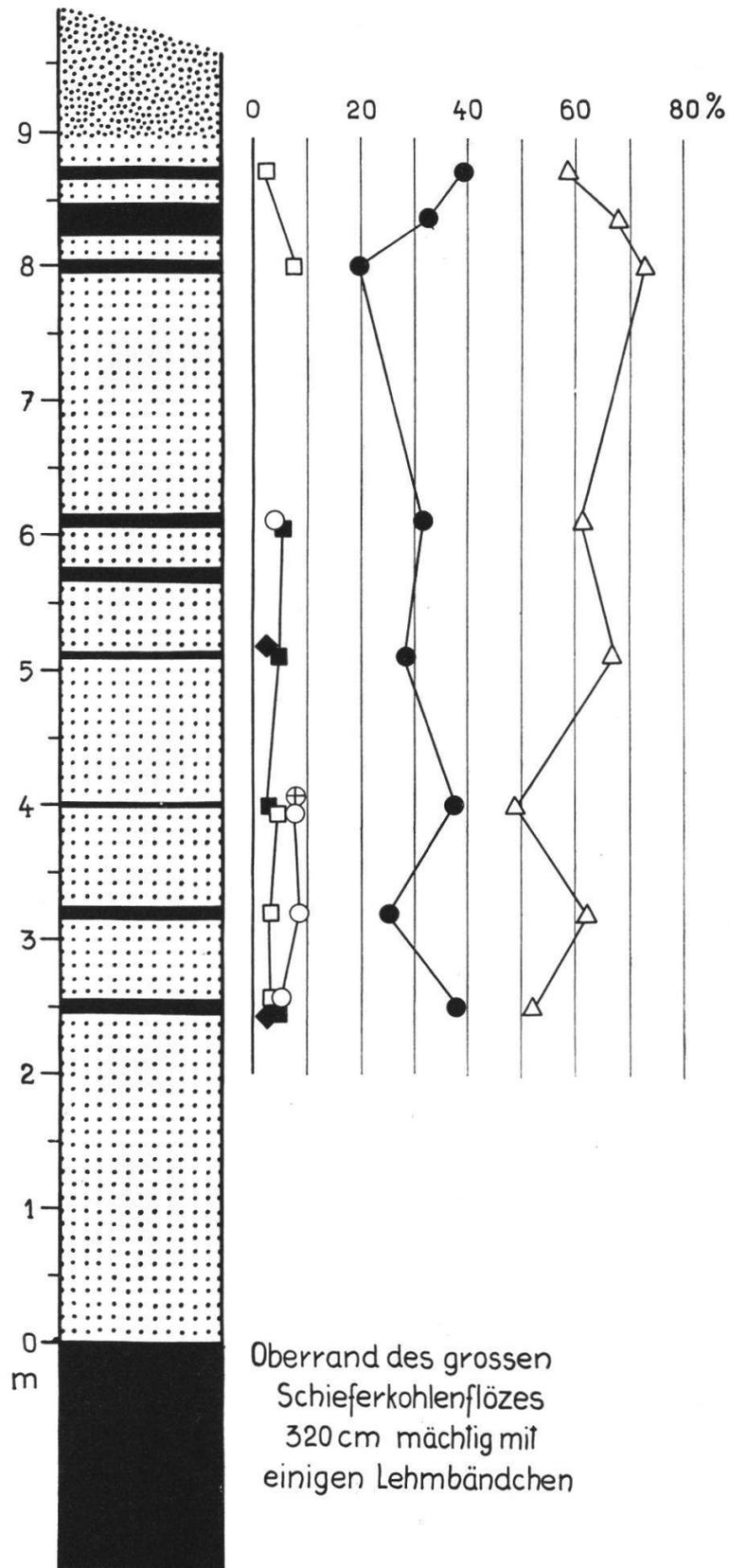


Abb. 14. Pollendiagramm der über dem Hauptflöz liegenden Kohlschichten in der östlichen Fuchsmatt bei Gondiswil-Hüswil (II in Abb. 9).

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 *Sphagnum*sporen 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. B a e ß l e r wurden in der Fuchsmatt unterhalb der untersuchten Schieferkohlschichten 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 *Pinus*-dominanz und dann in jedem der beiden Diagramme ein zweimaliger Wechsel von *Pinus*-dominanz und *Picea*-dominanz. Bei beiden Diagrammen ist hier in der mittleren *Picea*-zeit 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-Fagus*wald, 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 *Picea*dominanzen 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 H e e r 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<sup>1</sup>. 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-

---

<sup>1</sup> 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 Gletscher-  
randtal erhielt. Es diente sowohl dem Abfluß des Gletscherwas-  
sers, als auch den Bächen aus dem Napfgebiet, einschließlich der  
Emme, ähnlich wie weiter nordwestlich das Tal von Wynigen,  
das einem wesentlich weniger weitreichenden Gletscherstand ent-  
spricht. Wenn dieses Tal später versumpfte und sich Ablagerun-  
gen 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 Dis-  
lokationen, durch den Gletscher, der den Hang abschloß, durch  
Bäche, die Schutt häuften.

Erdkrustenbewegungen zur Erklärung der Sedimentationsvor-  
gänge beizuziehen, erscheint uns nicht gegeben, da wir über  
solche nichts wissen, und sie kaum so lokal, gerade in der ge-  
wünschten 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 abspernte. Pa-  
rallel 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 Hutt-  
wil gegen Willisau hin suchten. Dieser Vorgang kann sogar wäh-  
rend 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 Schieferkohlen Sümpfe 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 Hüsweilerabschnitt 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 Gytjtja 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 Gytjtjabänder 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 einrodierte, 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. J a y e t 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 J a y e t (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). J a y e t 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 Schieferkohlschichten 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  $\mu$ ).

## 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. J e a n n e t (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. J e a n n e t 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 H e e r 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. H e e r 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 Schluß, 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 (Penck 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 Reiß-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<sup>3</sup> 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)	Ilex aquifolium (Blatt)
Salix incana (Blatt)	Acer pseudoplatanus
Salix cf. caprea (Blatt)	(Blatt, Teilfrucht)
Populus nigra (Blatt)	Acer platanoides (Blatt, Teilfrucht)
Populus alba (Blatt)	Tilia cordata (Frucht)
Alnus incana	Tilia platyphyllos (Frucht)
(Fruchtzäpfchen mit Samen)	Hedera helix (Blatt)
Alnus cf. glutinosa (Blatt)	Fraxinus excelsior (Frucht)
Quercus robur	Viburnum opulus (Blatt)
(Früchte mit Cupula, Blatt)	Fagus dagegen wurde
Clematis cf. vitalba (Holz)	nicht bestätigt.

Außerdem noch folgende Krautpflanzen:

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

B r o c k m a n n 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. B r o c k m a n n 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. Alphonse J e a n n e t 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. H e i m s Geologie der Schweiz, 1922.

Die Bildung des Schieferkohlenkomplexes wird von J e a n n e t 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. J e a n n e t findet also 4 übereinanderliegende Moränen mit vier eingeschalteten Interglazialzeiten. Eine 5. Moräne, die einem Rückzugsstadium von Würm entspricht, ist dem Berghang seitlich angelagert.

Auch J e a n n e t machte bei seinen Untersuchungen, in Verbindung mit W. K o c h , H. G a m s , W. R y t z und Ch. M e y l a n , *neue Pflanzenfunde*. Er gibt eine eingehende Übersicht (S. 331—352) über alle interglazialen Pflanzenfunde im ganzen Gebiet. H. G a m s steuerte dazu noch eine allgemeine Beurteilung des Floren- und Vegetationscharakters bei. Wir wollen einiges daraus hervorheben (vgl. auch die Tabellen 4—6). W. K o c h 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 J e a n n e t 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. G a m s stellte nach J e a n n e t im Schieferkohlenkomplex ein Überwiegen der limnischen Torfe gegenüber den Waldtorfen fest, was J e a n n e t s Beobachtung be-

kräftigt, daß in den Schieferkohlen keine aufrechten Stammstücke zu finden sind und das Holz vermutlich von bewaldeten Moorrändern her stammt. Hingegen sind in den Kohlen eingeschwemmte Quarzkörner reichlich vorhanden. G a m s 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 J e a n n e t s sind zu der Genese des Schieferkohlenbezirks von Uznach kaum neue Gesichtspunkte hinzugekommen. Paul B e c k (1933) nimmt wie J e a n n e t an, die Schieferkohlen von Uznach seien von den Moränen zweier Vergletscherungen bedeckt. Da er die Rißeiszeit P e n c k und B r ü c k n e r s 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 G a m s (1935) schließt sich an B e c k an, bei anderer Benennung der Eiszeiten:

Güntenstall = Mindel I - Mindel II.

Schieferkohlen Uznach = Mindel II - Riß (längstdauerndes, warmes Interglazial, hierher 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 Probenreihen zur pollenanalytischen Untersuchung zu entnehmen. Ein erstes Mal, am 6. April 1945, begleitete mich Dr. F. S c h w a r z e n b a c h, 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 Gytta, 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 *B e r n e t* 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 erzeugten 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 Föh (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 *Alnus*pollen maßen 20—22  $\mu$ , einzelne waren

kleiner, bis  $14 \mu$ , einzelne größer bis  $24 \mu$ . Die Größe der Piceapollen schwankte stark, von  $77$ — $120 \mu$ . 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. Andererseits 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. K o p p, 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. L e i m b a c h e r 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

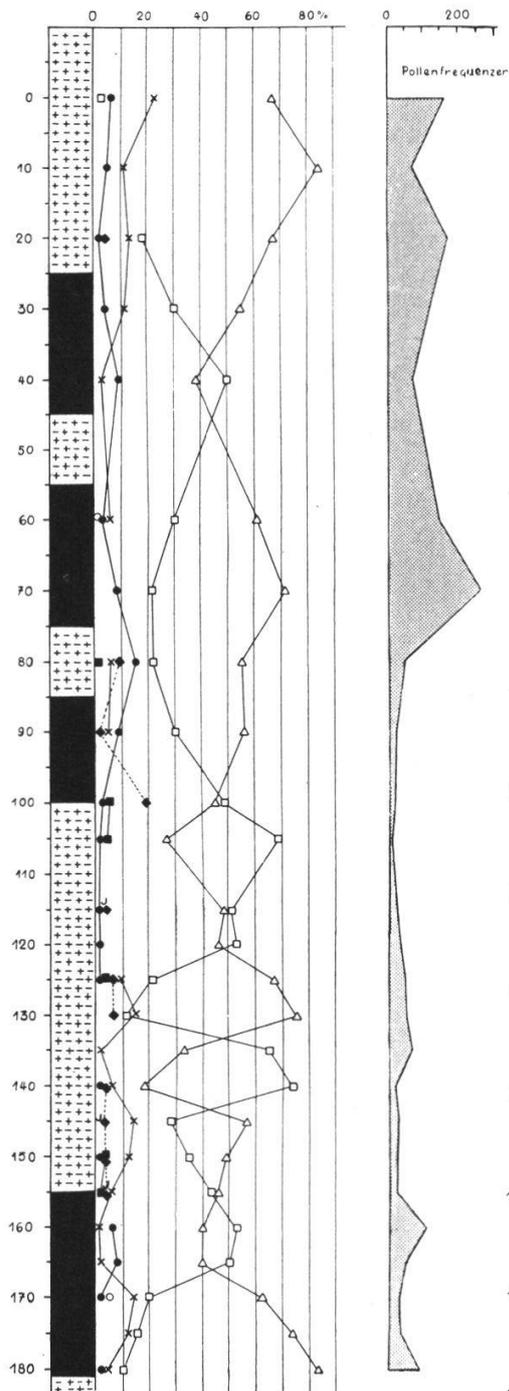


Abb. 15. Pollendiagramm aus der Kohlengrube Föh bei Uznach

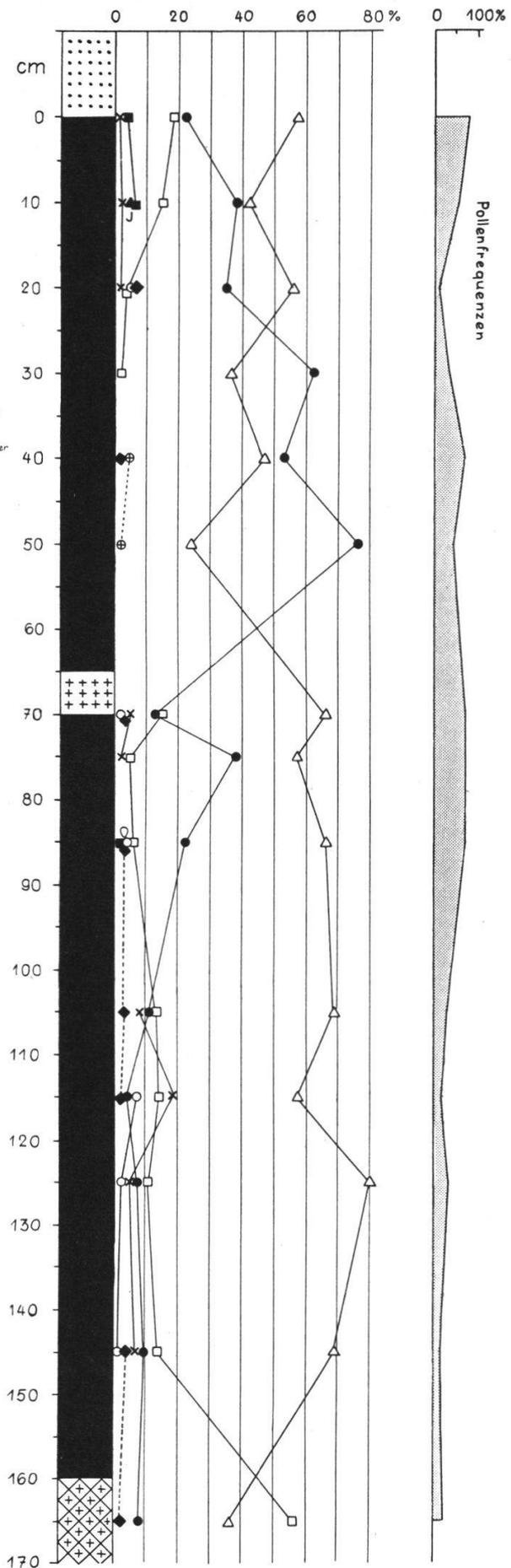


Abb. 16. Pollendiagramm aus der Kohlengrube Leimbacher in Schönenbach bei Uznach

die stehengebliebenen Kohlenfeiler 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 *Picea*subdominanz. Dann kehrt sich das Verhältnis um, und *Picea* dominiert auf lange Zeit. Zeitweilig ist reichlich *Abies*pollen vorhanden, bis 18%, meist auch einige Prozent *Corylus* und spärlich *Betula*. In 85 cm Tiefe wurde ein Pollen cf. *Ostrya* gefunden. *Pinus*pollen 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  $\mu$ . Pollen von Krautpflanzen fand ich spärlich, nur in wenigen Horizonten. Farnsporen und *Sphagnum*sporen treten unregelmäßig auf, aber in verschiedenen Horizonten reichlich, Farnsporen vor allem in den beiden obersten Horizonten und in 105—125 cm Tiefe, *Sphagnum*sporen in 10, 40 und 85 cm Tiefe. Im obersten Horizont fand sich eine Menge *Osmunda*-Sporen.

Das Diagramm spiegelt einen *Picea*wald, 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 *Pinus*dominanz 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 Kohlschichten vorhanden, daß es höchst unsicher bleibt, ob das Profil S c h ö n e n b a c h 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 S c h w a r z e n b a c h 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 abgeschlossen (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 Kohlschichten 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 vereinzelt 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*

*Güntenstein 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 austreichen, 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 Quercus
	2 Pinus	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 Inter-glazial 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 J e a n n e t 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 J e a n n e t 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 Epilobium-pollen (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. N e u w e i l e r macht bei der Besprechung seiner Güntenstaller-Forschungsergebnisse ausdrücklich darauf aufmerksam, er habe keine Pollen gefunden. B r o c k m a n n teilt mit, C. A. W e b e r 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 wärme liebender 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 abgelagert wurde. Alphons Jeannot 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 talwärts 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 J e a n n e t 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. H e i m (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 J e a n n e t 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 Niveaushiftungen 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 J e a n n e t 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 J e a n n e t (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. J e a n n e t 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 J e a n n e t 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 G a m s und Ch. M e y l a n (Moose) näher untersucht (in J e a n n e t, 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). J e a n n e t 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 G a m s im offenen, ruhenden Wasser.

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

<i>Drepanocladus revolvens</i>	<i>Calliergon turgescens</i>
intermedius	cf. <i>Scorpidium scorpioides</i>
Sendtneri	<i>Cratoneuron cf. commutatum</i>
<i>Calliergon trifarium</i>	<i>Acrocladium cuspidatum</i>
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 J e a n n e t mit Güntenstall zu parallelisierende untere Schieferkohlenkomplex keine Laubvegetation und keine besonders wärmeliebenden Arten aufweist.

Eine weitere Fundstelle von Schieferkohle, die sich nach Arnold E s c h e r am Ober Buchberg befinden soll, ist in Vergessenheit geraten und konnte auch von J e a n n e t 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 Schieferkohlenvorkommen 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-

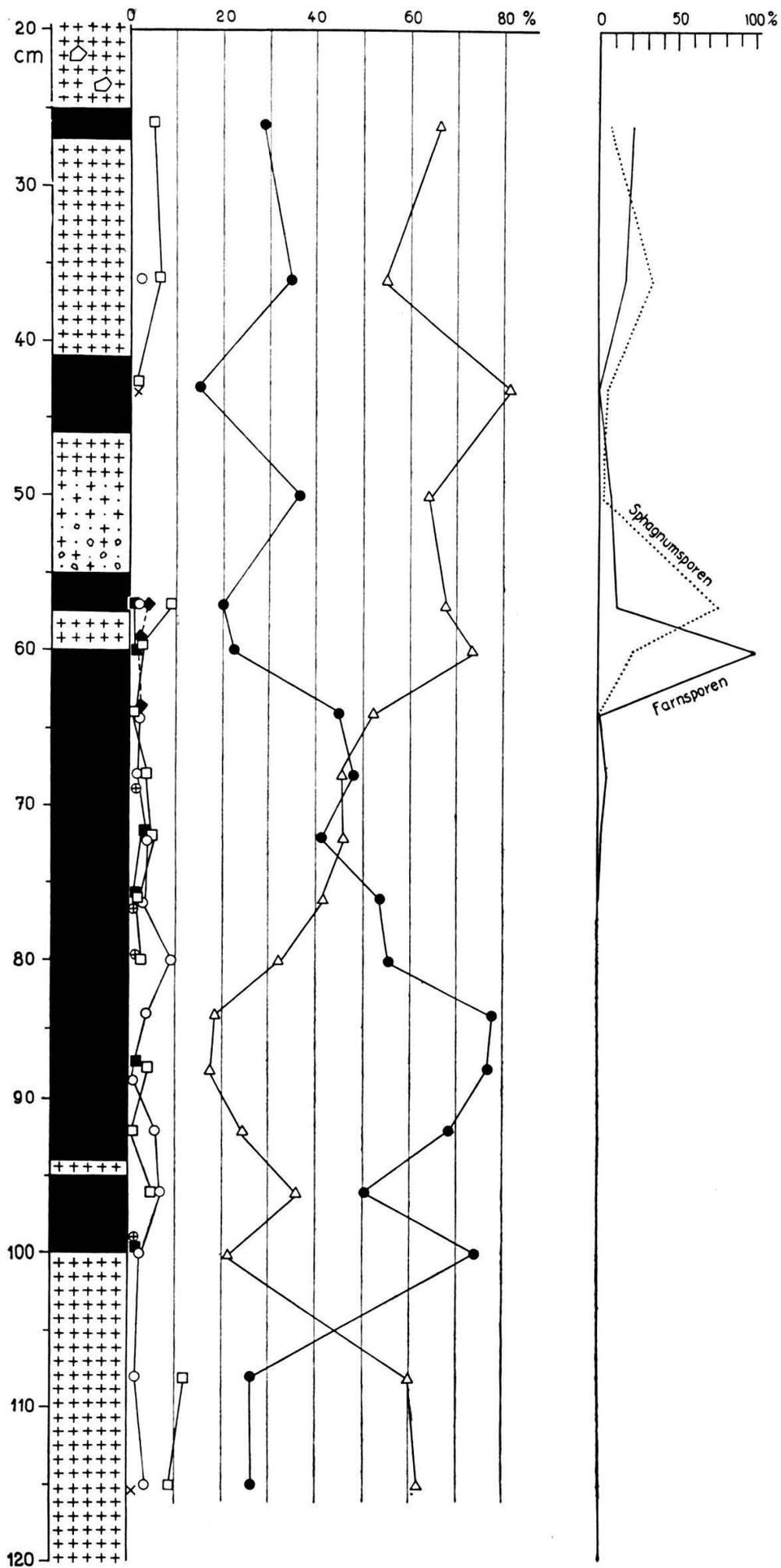


Abb. 17. Pollendiagramm des Schieferkohlenlagers in Winden bei Mollis.

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. Zwischen gelagert 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 *Pinus*pollen 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 $\mu$	61—75 $\mu$	76—95 $\mu$
20— 85 cm	25 Stück	19 Stück	15 Stück
85—120 cm	—	27 Stück	—

Die Größenunterschiede des Pollens dürften darauf beruhen, daß alle drei *Pinus*arten 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 Kohlschicht 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 beendet war. Sehr auffallend ist das beinahe völlige Fehlen des *Abies*pollens (relativ kontinentales Klima?).

Unter den heutigen Geländebeziehungen ist die Bildung dieser Talterrasse mit den Kohlen- und Schotterkomplexen nur bei einer hohen Wasserstauung, die das ganze Limmattal hoch auffüllte, möglich. *J e a n n e t* 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 Reißvergletscherung noch wesentlich schmaler 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,  $\pm 800$  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. B a u m b e r g e r (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  $\frac{1}{6}$  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  $\mu$ ), 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 Gofau 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. B a u m b e r g e r (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 E s c h e r von der Linth und Oswald H e e r 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 B a u m b e r g e r 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 *B a u m b e r g e r* von Schuttlinsen spricht. Überlagert ist die ganze Bildung von typischer Moräne der letzten Vereisung. Als Unterlagerung wird Grundmoräne angegeben, schon von *A. E s c h e r* und *Oswald H e e r* (1883) und wieder von *Albert H e i m* (1919). *B a u m b e r g e r* 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.

*B a u m b e r g e r* 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 Baumberg er mitteilt, keine Neufunde mehr hinzugekommen sind. Heer verzeichnet folgende Holzpflanzen:

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

Dazu kommen eine Anzahl Krautpflanzen, vor allem Sumpfpflanzen:

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

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 *B a u m b e r g e r s* 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. *H a n d s c h i n* und Konservator Dr. E. *G a s c h e* die Freundlichkeit, mich Einblick in die Sammlung *B a u m b e r g e r* 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 *B a u m b e r g e r s* 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	Compo- siten	Farn- sporen
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 Gesteinsplittern und enthielt spärlich Pollen. In 4 zu je  $\frac{1}{6}$  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  $\frac{1}{6}$  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 Kohlen schmitzen 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 *B a u m b e r g e r* 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 *B a u m b e r g e r* 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. *B a u m b e r g e r* betrachtet die Entstehung des Kohlenkomplexes als Riß-Würm-Interglazial.

*H e e r* 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  $\frac{1}{6}$  durchsucht wurde, folgende Pollengehalte: *Pinus* 52, *Picea* 42, *Abies* 5, *Alnus* 3, *Quercus* 1. Dazu 9 *Sphagnum*sporen. Also ein typisches interglaziales Spektrum.

c) In der *Krährütli, nördlich von Gofßau*, 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 Kohlen-schichten 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:

<i>Picea abies</i> (Holz und Zapfen)	<i>Betula alba</i> (Rinde, Holz)
<i>Pinus silvestris</i> (Holz, Zapfen, Pollen)	<i>Alnus</i> sp. (Rinde, unsicher)
<i>Pinus mugo</i> (wohl unsicher)	<i>Quercus</i> ( <i>robur?</i> , Fruchtbecher, Holz)
<i>Larix europaea</i> (Zapfen, unsicher)	<i>Corylus avellana</i> , var. <i>oblonga</i>
<i>Abies alba</i> (Blätter)	und <i>ovata</i> (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* herkommen. Ältere Beobachter sprechen davon, daß das Holz bis  $\frac{1}{10}$  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 wärmzeitliches 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 entstanden, 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

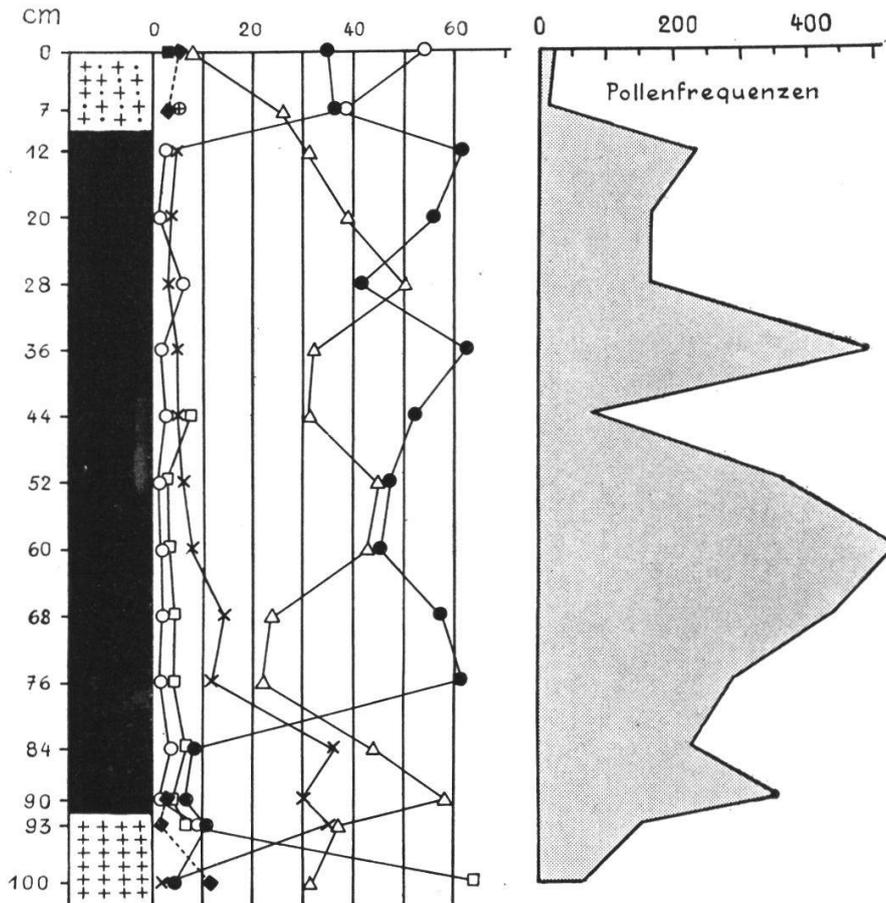


Abb. 18. Pollendiagramm des Schieferkohlenlagers in Mörschwil.

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  $\mu$  Länge und daneben kleine, nur etwa 100  $\mu$  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 Glycerin-Einbettung, die Pollenlänge und die Luftsackhöhe von 100 *Piceapollen*, so wie sie beim Durchzählen der Präparate ins Gesichtsfeld kamen und fanden folgendes:

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

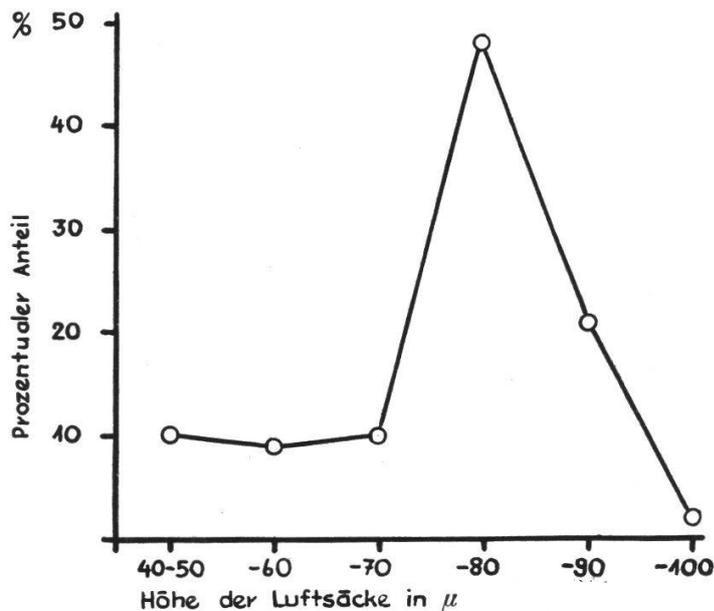


Abb. 19. Größenschwankung der Luftsackhöhe von 100 *Picea*-Pollen aus den Schieferkohlen von Mörschwil.

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  $\mu$ , sowie Extremwerte von 47 bis 85  $\mu$ , für rezente *Picea omorica* die entsprechenden Werte 42—52  $\mu$  und 33—70  $\mu$ .

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 *Lycopodium*spore.

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 abspernte, 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 Churfürstentumskette 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 Schieferkohlschicht 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 fossilere 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 gekritzelt 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, andererseits 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 Merckii*. 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. G u y a n und H. S t a u b e r (1941) kommen zum Schlusse, die von W e h r l i und G u t z w i l l e r gefundenen Fossilien seien atypisch für ein Interglazial, da sie heute noch alle in der Umgebung leben.

L. F o r c a r t (1943) bestimmte die von G u t z w i l l e r 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. F o r c a r t lehnt die Deutung von G u y a n und S t a u b e r ab und findet wie P e n c k, daß die Mollusken entschieden auf interglaziale Ablagerung deuten.

E. S c h m i d nahm eine neue Untersuchung der Pflanzenreste vor, gestützt auf Materialien, die G u y a n und S t a u b e r gesammelt hatten (in G u y a n und S t a u b e r, 1941). Er bestätigte *Acer pseudoplatanus* und *Buxus sempervirens* und sicherte *Hedera helix*. Dazu fand er eine Reihe neuer Arten:

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

S c h m i d 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. G u y a n und S t a u b e r 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 Glycerin 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 vereinzelt. 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 unbekanntenen 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

Pflentyp	Höhe in Metern über der unterliegenden Schotteroberfläche							total	%
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-(7)		
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 pseudo-platanus* 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. S c h r ö t e r beschrieben worden ist. Im Aufschluß folgten sich nach der Darstellung von Albert H e i m 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. F r ü h 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 F r ü h), aus dem *Climacium dendroides*, *Calliergon trifarium* und *Camptothecium nitens* bestimmt werden konnten. An Resten höherer Pflanzen fand C. S c h r ö t e r Samen von *Menyanthes trifoliata*, *Trichophorum caespitosum*, *Eleocharis pauciflora*, *Potamogeton cf. acutifolius* und Wurzelstöcke von *Polygonum bistorta*. Später wurde nach F r ü h 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 F r ü h, Pollen von *Pinus* und *Betula* zu finden, und S c h r ö t e r konnte einige Hölzer als *Picea* und *Betula* bestimmen. An tierischen Resten stellte L a n g neben dem Mammut noch solche des Bison, des Pferdes, des Wolfes, der Wasserratte und des Grasfrosches fest.

In seiner Geologie der Schweiz betrachtet A. H e i m 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 F r ü h s 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. K u h n 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 F r ü h 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.  $\frac{1}{6}$  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  $\mu$ ), ein Betulapollen maß 21  $\mu$ . Im Mammutknochen maßen einige gemessene Betulapollen 16—18  $\mu$ .

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, erzeugten 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 kohligler 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 höhlt sie in die Meeressmolasse 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 *Picea*dominanz auch viel *Abies*pollen 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 *Picea*zeit. Pollen von Edelhölzern (*Quercus*, *Ulmus*, *Tilia*, *Carpinus*, *Juglans*, *Ostrya*, *Fraxinus*) ist sparsam eingestreut, am häufigsten bei 9 und 11 m Tiefe. Vereinzelt wurde auch *Fagus*pollen gefunden (900, 960 cm). Ebenso einzelne *Hippophaë*pollen. Krautpollen

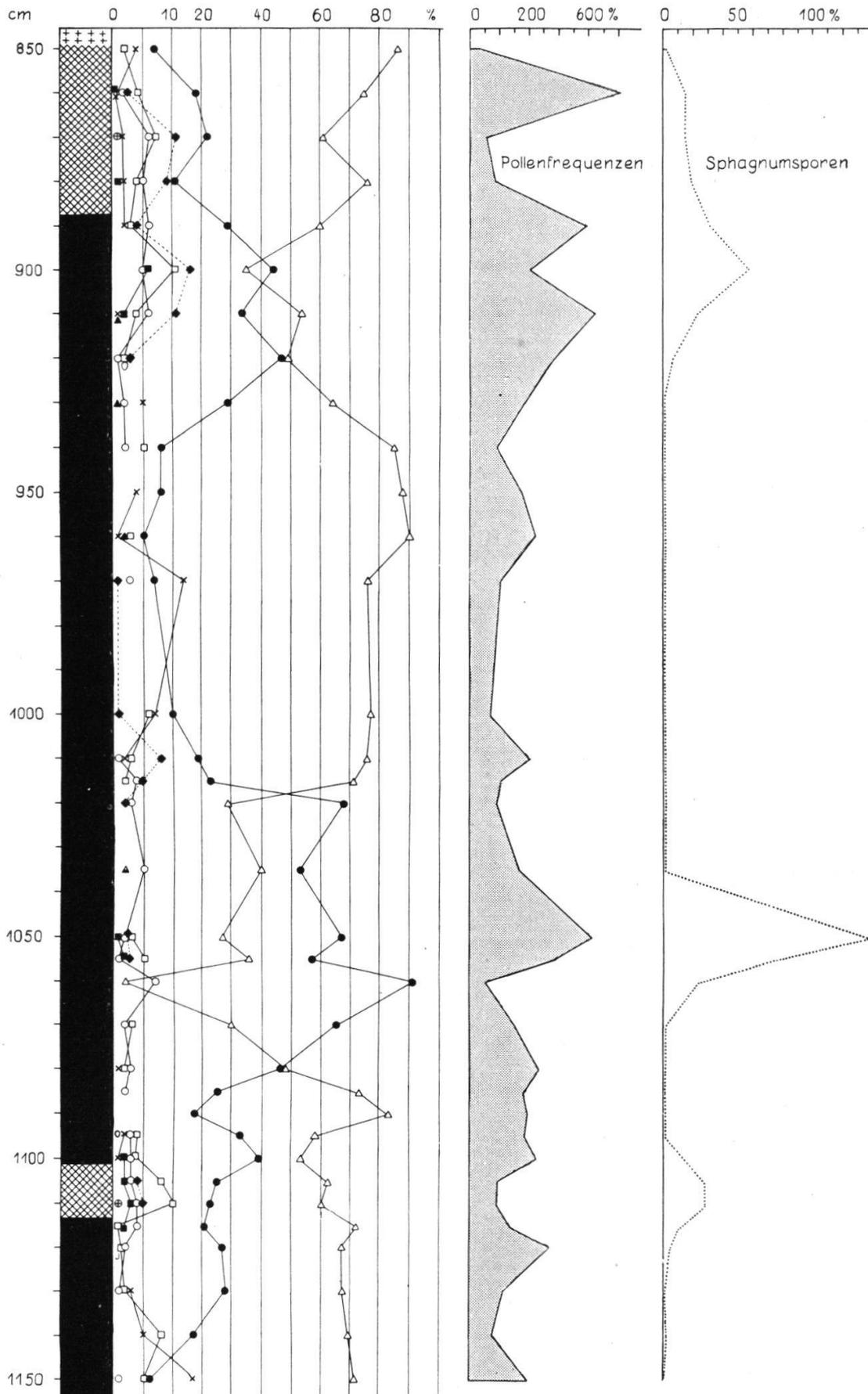


Abb. 20. Pollendiagramm der interglazialen Torfe vom Sulzberg b. Wettingen.

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, wärmezeitlich, 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 interglazialen 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 geäußelter Auffassung, soll es sich um eine Allerödbildung handeln, was schon infolge der großen

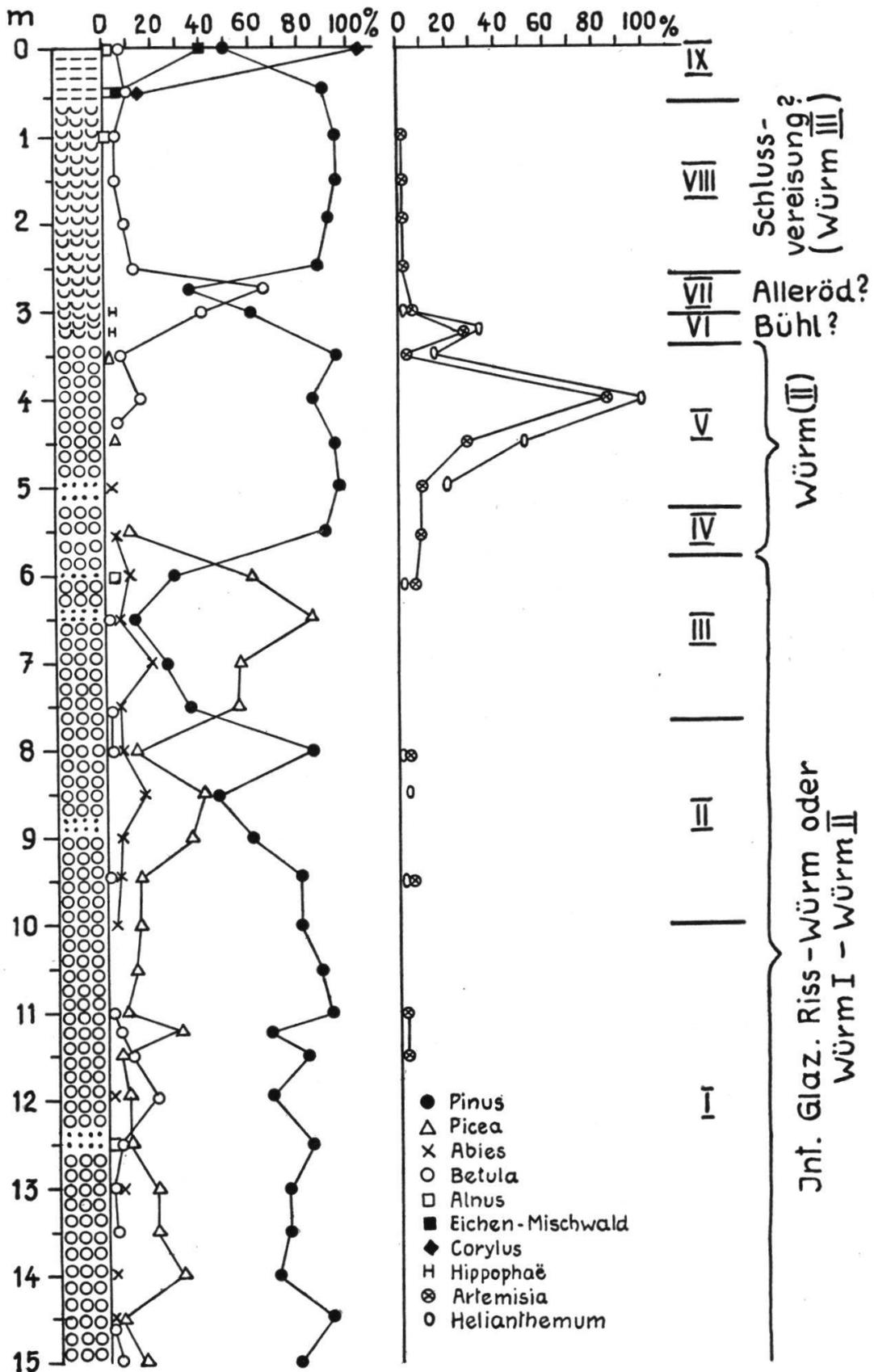


Abb. 21. Pollendiagramm von Weiherbach I, nach P. Müller vereinfacht und mit neuem Deutungsversuch (aus W. Lüdi, 1951).

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 vereinzelt 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 vereinzelt 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  $\mu$ ), *Alnus* (große Pollen: 24  $\mu$ ), *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 caballus*.

H. Härrri (1937) hat das Torflager näher untersucht. Das von ihm bearbeitete Profil war 45 cm mächtig und bestand aus sandiger Gytta. 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 *Corylus*pollen. Die *Pinus*pollen waren klein (55—62  $\mu$ ), 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*. Härrri 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  $\mu$ .

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 G r e p p i n 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, Staffelnbach im Suhrtal, Killwangen im Limmattal. Die glazialen Ablagerungen Basels sind also nur ferntransportierte Rheinschotter oder

Löbe. Die Datierung der Ablagerungen und vor allem das Erkennen und die richtige Wertung von Grenzflächen in den Schotter-schichten 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. N a t h o r s t im Krutzelried bei Dübendorf und in Hedingen, beide Örtlichkeiten in der Nähe von Zürich gelegen, sowie im Wauwilermoos nordwestlich von Luzern. Carl S c h r ö t e r konnte in den folgenden Jahren noch drei weitere Fundstellen entdecken: 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.

S c h r ö t e r 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. N e u w e i l e r (1901) und H. G a m s und R. N o r d h a g e n (1923). Insgesamt sind bis jetzt aus dem schweizerischen Alpenvorlande 15 Arten von Blütenpflanzen bekannt geworden, die in der Tabelle 3 zusammengestellt sind. Außerdem nennt N e u w e i l e r noch einige Moose (*Calliergon trifarium*, *Cratoneuron falcatum*, cf. *Hypnum Lindbergii*, cf. *Hypnum insubricum Farneti*, *Hypnum* oder *Amblystegium* sp., *Pseudoleskea atrovirens*, cf. *Bryum bimum*), und B r o c k m a n n (1926) erwähnt von Bonstetten das reichliche Vorkommen einer *Nitella*-Art. In Krutzelried wurden Reste von Käfern (12 Arten, bei S c h r ö t e r [1882] und O. H e e r [1879] aufgezählt) und von Wassermilben (G a m s und N o r d h a g e n) 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
<i>Salix polaris</i>	I						
<i>S. herbacea</i>	I	I					
<i>S. retusa</i>	I						
<i>S. reticulata</i>	I				I		I
<i>S. hastata</i>	I						
<i>S. myrtilloides</i>	I						
<i>Betula nana</i>	I	I	I	I	I	I	
<i>Polygonum viviparum</i>	I						
<i>Dryas octopetala</i>	I	I			I		
<i>Loiseleuria procumbens</i>	I						
<i>Arctostaphylos uva ursi</i>	I						
<i>Potamogeton natans</i>	I						
<i>P. filiformis</i>	I						
<i>P. sp.</i>	I			I			
<i>Phragmites communis</i>	I						
<i>Myriophyllum spicatum</i>	I						
<i>M. sp.</i>	I				I		

gelegenen Mooren leben. *Arctostaphylos uva ursi* steigt an trockenen Orten, besonders in kontinentalen Alpengebieten, bis in Tief-  
lagen 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.

## Allgemeiner Teil:

### Übersicht über die Lagerstätten und die Ablagerungen

Die im vorstehenden beschriebenen Lagerstätten umfassen alle mir bekannt gewordenen pleistozänen, pflanzenführenden Ablagerungen der Schweiz mit folgenden Ausnahmen: 1. Die interglazialen Lagerstätten am Südfuße der Alpen, in der Umgebung von Lugano, wurden weggelassen, da sie wesentlich andere Floren- und Vegetationsverhältnisse aufweisen und im Zusammenhang mit den anderen südalpinen, interglazialen Ablagerungen betrachtet werden müssen. 2. Ferner wurden die interglazialen Höhlenfunde, die in den nördlichen Kalkalpen, im Jura und im Molasseland (Rigi) bekannt geworden sind, nicht beigezogen. Sie ergaben infolge der ungünstigen Erhaltungsmöglichkeit meist keine oder sehr wenig pflanzliche Reste, die sich zudem meist auf ganz andere Höhenstufen beziehen (vgl. O. Tschumi, 1949, M. Welten, 1944, 1947, E. Bächler, 1940, S. 142). Bächler fand in der Wildkirchlihöhle Kohlen von *Picea* und *Pinus* (*mugo*). 3. Auch der Torfaufschluß in der Röslistraße in Zürich, den P. Keller (1933) beschrieb und den H. Gams (1935, 1947) als interglazial ansprach, wurde weggelassen. Das völlige Fehlen von *Picea* sowie das ausgeprägte Zurücktreten von *Pinus* und andererseits das reichliche Auftreten von *Fagus* bringen die dortigen Spektren in einen ausgesprochenen Gegensatz zu denen, die sicher interglazial sind. Wir betrachten diese Ablagerung, wie auch P. Keller, als postglazial (vgl. Lüdi, 1935, S. 298).

Es bleiben bei Ausschluß der spätglazialen Fundstellen (vgl. S. 128) für das nördliche Alpenvorland der Schweiz 24 pleistozäne, pflanzenführende Lagerstätten, von denen sich einige aus mehreren größeren Teilgebieten zusammensetzen. Sie verteilen sich auf das zwischen Jura und Alpen gelegene Molasseland (= Mittelland) von Genf bis zum Bodensee. Eine Ausnahme machen nur 3 Lokalitäten: 1. St. Jakob an der Birs in Basel ist in der Rheinebene jenseits des Jura gelegen, aber doch mit dem Molasseland durch den Rhein in Verbindung, auf dessen jungen Ablagerungen sie auch ruht. 2. Winden bei Mollis, liegt im Gebiet der Kreide der helvetischen Decken, doch nahe am Alpen-

rand (ca. 2,5 km von den äußersten Rändern der Molasse) und wurde vom Schutt des Rhein- (und Linth-?)Gletschers unter- und überlagert. 3. Wildhaus, ist ebenfalls im Gebiet der helvetischen Kreidedecken gelegen, im tiefen Tal zwischen Churfirsten und Säntis. Auch hier floß ein Arm des Rheingletschers durch.

Die schweizerischen pleistozänen Pflanzenfundstellen sind also im wesentlichen repräsentativ für das schweizerische Mittelland, das oligozän-miozäne Molasseland. Wir haben ihre Lage in dem Kärtchen (Abb. 1) eingezeichnet. Im Alpeninnern wurden keine solchen Funde gemacht.

Mit Ausnahme von St. Jakob bei Basel liegen alle innerhalb der vom rißeiszeitlichen Gletscher bedeckten Fläche. Vom Würmgletscher wurden nicht mehr erreicht: Mutten, Gondiswil-Zell, Distelberg, Safenwil, Winterthur, Wettingen, Niederweningen, St. Jakob. Doch liegen diese Örtlichkeiten, mit Ausnahme von St. Jakob, im Randgebiet der damaligen Vergletscherung.

Über die Höhenlage gibt die nachstehende Zusammenstellung Aufschluß:

Genf u. Umgebung	ca. 350–390 m	Eschenbach	490–540 m
Bougy	685 m	Dürnten, Wetzikon	517–536 m
Grandson	460 m	Mörschwil	ca. 455–480 m
Pont-La-Ville	730 m	Wildhaus	1030 m
Wasserfluh	600 m	Winterthur	465 m
Gundelsey	600 m	Flurlingen	450–470 m
Mutten	730 m	Niederweningen	460 m
Gondiswil-Zell	605–655 (–670) m	Sulzberg, Wettingen	470 m
Küènacht	470 m	Weiherbach	715 m
Uznach-Kaltbrunn	ca. 480–540 m	Safenwil	480 m
Wangen	445–485 m	Distelberg, Aarau	434 m
Winden	560 m	St. Jakob, Basel	270 m

Die Extreme liegen zwischen 270 und 1030 m, die Mehrzahl der Fundstellen zwischen 450–650 m, was der mittleren Lage des heutigen Mittellandes entspricht.

Die Lagerstätten befinden sich nicht in den heutigen, jungen Talböden, sondern auf mehr oder weniger erhöhten älteren Talterrassen. Eine Ausnahme machen die Fundstätten am Rhein in Basel und an der Rhone bei Genf, die aber in die Tiefe versenkte, alte Bodenoberflächen repräsentieren.

Alle Fundstätten sind heute im Gebiet mesophiler Laubwälder gelegen. Der Vegetationsklimax in der Umgebung der meisten

von ihnen ist der Buchen- oder der Buchen-Weißtannenwald (Fagion-Gesellschaften, bes. Fagetum silvaticae und Abieto-Fagetum), in tieferen Lagen mit dominanter Buche, in höheren, luftfeuchten Lagen mit herrschender Tanne. In günstig gelegenen Tieflagen treten bereits Gehölze mit *Quercus robur* und *petraea*, *Tilia cordata* und *platyphyllos*, *Ulmus scabra*, *Carpinus betulus*, *Acer platanoides* und *campestris* auf, an besonders trockenen, flachgründigen Örtlichkeiten auch Bestände von *Pinus silvestris*. Bodenfeuchte, quellige Örtlichkeiten und Flußufer tragen Gehölze von *Acer pseudoplatanus*, *Fraxinus excelsior*, *Alnus incana* oder *glutinosa*, *Populus nigra*, *Salix*-Arten (vgl. dazu S. 11). Einige unserer Lagerstätten in relativ warmer und trockener Tiefenlage sind heute dem Querceto-Carpinetum Klimax zuzurechnen. Das trifft besonders für St. Jakob und Genf zu. Andererseits liegt Wildhaus im Übergangsbereich zum subalpinen Piceetum.

Unsere pleistozänen Pflanzenreste sind entweder Torfe oder sind in Gyttjabildungen, in sandige, tonige, mergelige, seekreidige Schichten eingelagert. Ausnahmsweise finden sich auch interglaziale Tuffe mit Pflanzenresten (Flurlingen). Die Erhaltung der organischen Reste kann sehr verschieden sein. Im allgemeinen ist sie in den anorganischen Sedimenten besser, als in Gyttja und Torfen, so daß die reicheren Funde in den anorganischen Bildungen, welche die organischen begleiten, gemacht werden. Der Gehalt an Pollen ist sowohl in den Schieferkohlen, wie auch in den mineralischen Ablagerungen vorwiegend klein, doch sehr wechselnd, oft auch innerhalb des gleichen Profils. Besonders auffallend war die allgemeine Pollenarmut in den Schieferkohlen von Uznach. Es handelt sich dort meist um ausgeprägte Flachmoortorfe, deren kleiner Pollengehalt auch bei jungen Torfen bekannt ist.

Die pleistozänen Torfe werden als Schieferkohlen, Lignite, charbons feuilletés, bezeichnet. Sie haben die Struktur von blättrig aufspaltenden, meist recht harten Torfen. Doch sind diese Eigenschaften ziemlich wechselnd, je nach der Ausgangsbeschaffenheit der Torfe, nach dem durch die überlagernden Schichten ausgeübten Druck und wohl auch nach dem Alter. Durch die Pressung in Verbindung mit Humifizierung sind die Hölzer in den Schiefer-

kohlen meist stark zusammengedrückt worden, so daß sie ellip-tische oder sogar bandförmige Gestalt annehmen und strukturell kaum mehr zu erkennen sind. In den anorganischen Schichten, die der Pressung widerstehen konnten, ist ihre Form viel besser erhalten geblieben. Die starke Pressung von Torfen und Hölzern wird oft als ein besonderes Merkmal des interglazialen Alters an-gesehen. Das ist nur bedingt richtig; denn die Pressung war nur da groß, wo der Gletscher die organischen Schichten überdeckte mit mächtigen, bis mehrere 100 m dicken Eismassen. Nun gibt es aber interglaziale Ablagerungen, die nie oder nur schwach und für kurze Zeit vom Eise überdeckt waren (z. B. Gondiswil-Zell, Distelberg, Safenwil, Wettingen). Hier wurde die Pressung also nur durch die überliegenden anorganischen Sedimente ausgeübt, die gewöhnlich nur einige Meter mächtig sind.

Die Schieferkohlen haben unter den pleistozänen Bildungen immer besonderes Interesse erweckt. Sie sind in Schichten ge-lagert, deren Mächtigkeit von einzelnen Millimetern bis zu mehre-ren Metern schwanken kann. Falls nur eine Schicht vorhanden ist, so wird sie gewöhnlich von Gytija, dunklen, torfigen Lehmen und darunter von Lehm, Sand und Kies unterlagert, gelegentlich auch von Seekreide (so z. B. stellenweise in Gondiswil-Zell, Uz-nach-Kaltbrunn, Grandson). Die Überlagerung besteht je nach-dem aus Lehm, Sand oder Kies. Manchmal liegen mehrere bis viele Schieferkohlschichten übereinander, die dann gewöhnlich nur geringe Stärke besitzen. Die Ablagerungen erweisen sich als Verlandungssukzessionen, deren Endstadien zur Torfbildung übergingen. Das Gebiet der Schieferkohlenlager war zur Zeit der Kohlenbildung Moor. Schon Oswald H e e r und Alfred E s c h e r haben dies klar erkannt. Teilweise handelte es sich um weitge-dehnte Sumpfflächen, teilweise um eine unebene Landoberfläche mit vielen kleineren, nassen, oft in verschiedener Höhe liegenden Depressionen, teilweise auch um Talböden mit Altwässern und abgetrennten Teichen. Ausschlaggebend ist, daß überall Verlan-dungsvorgänge sich abspielten, wobei vielerorts bei starkem Hochwasser, bei Verlegung des Flußlaufes, bei Veränderung der Ablaufverhältnisse torfige Bildungen wieder mit anorganischem Material überlagert wurden. Das bewirkte die Schichtenbildung im Torfe. Der Auffüllung kleinerer Depressionen entspricht die

Bildung großer Linsenkörper, die wiederholt beschrieben worden ist (vgl. z. B. Mörschwil, Dürnten).

Holz findet sich in der Schieferkohle oft in Menge, sowohl von hygrophilen Gehölzen, wie *Betula*, *Alnus*, *Salix* als auch von Fichte und Föhre, selten von Laubedelhölzern (*Quercus*). Dieses Holz ist zum Teil eingeschwemmt. Da und dort ist sogar Schwemmtorf nachgewiesen worden (z. B. Gondiswil). Teilweise stammt das Holz aber von autochthonen Gehölzen, Bruchwäldern, Coniferenwäldern. Wurzelstöcke und aufrechtstehende Stammbasen wurden als sichere Zeichen ehemaliger Moorbewaldung wiederholt beobachtet (z. B. Mörschwil). So ergeben diese Schieferkohlenlager das Bild von Flachmoorlandschaften und Flußuferauen. Eigentliche Hochmoorbildungen scheinen ziemlich selten gewesen zu sein. Die Untersuchung der Kohlen zeigt als erkennbar meist Radizellen von Cyperaceen oder Gräsern, Cyperaceenrhizome, Schilfrhizome, Sumpf- und Wassermoose, also das typische Aussehen unserer postglazialen und rezenten Flachmoortorfe. Aber gelegentlich treten auch Sphagnumblätter und Sphagnumsporen reichlich auf und zeigen Sphagnummoore und zusammen mit Scheuchzeria-Schichten Übergänge zum Hochmoor an, ausnahmsweise wohl auch als Endglied der Vegetationsentwicklung richtiges Hochmoor. Wir haben die Gehalte an Sphagnumsporen jeweilen angegeben. Man vergleiche dazu zum Beispiel Gondiswil-Zell, Pont-La-Ville, Wettingen, Winden. Wir kommen später darauf zurück.

### **Die Flora der pleistozänen Ablagerungen**

Schon verschiedentlich wurden Zusammenstellungen der in unseren pleistozänen Ablagerungen erkannten Pflanzenreste gebracht, so von O. Heer (1879), J. Früh und C. Schröter (1904). Eine starke Bereicherung der Kenntnisse brachten die Forschungen von A. Jeannet im Gebiete der Linthebene (1923) und von W. Rytz in Gondiswil-Zell (1923, vgl. auch W. Rytz, 1949). Eine weitere Zahl von Neufunden höherer Pflanzen und namentlich auch Angaben über die Häufigkeit einzelner Arten ergab sich aus unseren Pollen- und Sporenuntersuchungen, so daß

es gerechtfertigt erscheint, hier eine neue Übersicht vorzulegen. Für die spätglazialen Fundstellen vgl. S. 129.

*Thallophyten* sind meist recht vergängliche Organismen, wurden aber oft zu wenig beachtet.

*Pilze* finden sich in der Kohle häufig als Hyphen, die nicht bestimmbar sind. Nicht selten sind auch Sporen, die zum Teil von parasitären Pilzen stammen (z. B. Uredineen, Ustilagineen, Chytridineen). Vereinzelt fanden sich auch Fruchtkörper von höheren Pilzen, die in R y t z (1923) und J e a n n e t (1923) aufgeführt sind. Da sie für unsere Problemstellung von geringer Bedeutung sind, treten wir nicht näher auf sie ein.

*Algen.* Einzelne Desmidiaceen und Cyanophyceen werden angegeben (vgl. R y t z , J e a n n e t , loc. cit.). In Seekreiden sind Characeen z. T. in Menge vorhanden, so in Gondiswil-Zell, in Uznach, in Grandson, wurden aber selten näher bestimmt. In der Seekreide von Uznach entdeckte H. G a m s (n. J e a n n e t , 1923) die Characee *Tolypellopsis stelligera* (Bauer) Mig., die in der Schweiz heute nur vom Untersee bekannt ist (nach E. B a u m a n n). Eine artenreiche Diatomeenflora fand W. R y t z (1923) in Gondiswil, doch nur sehr lokal, an zwei Stellen in der Gytjtja. Er konnte 133 Arten bestimmen, von denen der größte Teil jetzt noch in der Schweiz lebt. Ursprünglich glaubte R y t z ein reicheres Vorkommen westlicher Arten feststellen zu können. Bei weiterer Durchforschung glich sich aber die Zusammensetzung weitgehend aus. Dagegen fand R y t z einige jetzt ausgestorbene Formen, vermutlich auch solche, die neu sind. In Uznach konnten keine Diatomeen gefunden werden. Dagegen zählte H. G a m s (H e i m und G a m s , 1918) in Wildhaus in der Seekreide 12 Arten von Diatomeen, die alle von R y t z auch in Gondiswil festgestellt wurden. Weitere Durchforschung könnte hier sicher noch manches neue und wertvolle Ergebnis zeitigen.

*Moose.* In manchen interglazialen Ablagerungen wurden Moose festgestellt, oft in bemerkenswerter Arten- und Individuenzahl, zuerst von Oswald H e e r (bestimmt durch P. S c h i m p e r), neuerdings von J. A m a n n , Ch. M e y l a n , H. G a m s. Wir haben die aus etwa einem Dutzend Fundstellen angegebenen Arten

Tabelle 4. Verzeichnis der in den interglazialen Fundstellen des schweizerischen Mittellandes gefundenen Moose.

	Signal de Bougy 2	Grandson 3	Gondiswil-Zell 8	Uznach, Kohlenkomplex Delta von Güntenstall 10 <sup>a</sup> 10 <sup>b</sup>	Wangen 11	Winden 12	Dürnten 14 <sup>a</sup>	Mörschwil 15	Wildhaus 16	Niederweningen 19	Weierbach 21	Safenwil 22
× <i>Gymnostomum calcareum</i>				I								
<i>Dichodontium pellucidum</i>				I								
× <i>Fissidens decipiens</i>				I								
× — <i>taxifolius</i>						I						
× <i>Tortella tortuosa</i>				I		I						
× <i>Bryum pallens</i>	I					I						
— <i>Duvalii</i>			I									
— sp.						I						
× <i>Mnium punctatum</i>						I						
— <i>Seligeri</i>				I								
<i>Meesea triquetra</i>	I		I	I			I					
— <i>longiseta</i>				I								
<i>Aulacomnium palustre</i>				(I)								
× <i>Neckera crispa</i>				I								
× — <i>complanata</i>				I								
<i>Philonotis caespitosa</i>									I			
— <i>fontana</i>	I											
— sp.											I	I
<i>Polytrichum strictum</i>			I									
× <i>Leucodon sciuroides</i>				I								
× <i>Antitrichia curtipendula</i>						I						
× <i>Anomodon longifolius</i>				I								
× — <i>viticulosus</i>				I								
× <i>Thuidium tamariscinum</i>				I								
× — <i>delicatulum</i>				I					I			
× — <i>Philiberti</i>				I								
<i>Climacium dendroides</i>				I		(I)					I	
× <i>Homalothecium sericeum</i>				I								
× <i>Camptothecium lutescens</i>				I								
— <i>nitens</i>						I					I	
<i>Brachythecium cf. rivulare</i>						(I)						
— sp.	I											
× <i>Eurhynchium striatulum</i>				I								
× — <i>striatum</i>				I								
× — <i>praelongum</i> (L.)				I								
× — <i>Swartzii</i>				I								
<i>Campylium stellatum</i>	I		I									
— <i>polygamum</i>			I									
<i>Cratoneuron filicinum</i>	I			I		I						

2 3 8 10<sup>a</sup> 10<sup>b</sup> 11 12 14<sup>a</sup> 15 16 19 21 22

Cratoneuron commutatum	I				I													
— falcatum																		
× Ctenidium molluscum					I													
× Drepanocladus uncinatus																		
— revolvens	I			(I)													I	
— intermedius	I		I	I													I	
— Sendtneri			I															
— exannulatus	I																I	
— fluitans		I	I	I													I	I
× Hypnum cupressiforme					I													
— sp.																		I
Hygrohypnum palustre					I				(I)									
Calliergon giganteum	I		I	I					I	I							I	
— stramineum																		
— sarmentosum	I																	
— trifarium	I		I	I					I	I							I	
— turgescens	I								I									
Acrocladium cuspidatum	(I)			I					I									
Scorpidium scorpioides				I					I								I	
× Rhytidiadelphus triquetrus					I				I									
× Hylocomium splendens									I	(I)								
× — brevirostre									I									
× Pleurozium Schreberi									I									
Sphagnum cymbifolium				I	I													
— subbicolor				I														
— acutifolium																		I
Pellia?					(I)													

×: Wald-, Feld-, Erd-Moose (die übrigen sind Moose des Wassers, der Sümpfe und Moore). Fettgedruckt besonders häufiges Vorkommen. Eingeklammert sind unsichere Bestimmungen.

in Tabelle 4 zusammengestellt. Das Verzeichnis enthält rund 60 gesicherte Arten, alles Laubmoose. Nur ein einziges Lebermoos (eine Pellia-Art) wird angegeben, aber als unsicher. Alle die aufgezählten Moose kommen noch heute in der Schweiz vor.

Nach den Standortsansprüchen umfaßt die Liste der pleistozänen Moose sowohl Sumpf- und Wassermoose als auch solche der Wälder und Felsen, die in die interglazialen Verlandungsmulden und Sümpfe eingeschwenmt und dort konserviert wurden. Die reichste Moos-Fundstelle, das Delta von Güntenstall bei Kaltbrunn, das E. Ne u w e i l e r und später besonders H. B r o c k m a n n untersuchten, ergab vorwiegend solche Moose der trockenen Böden. In der Tabelle 4 sind sie durch ein Kreuzchen bezeichnet. H e e r (1879) führt nach den Bestimmungen von S c h i m p e r drei Moosarten auf, die heute ausgestorben wären; spätere

Untersuchungen von Ch. Meylan (vgl. E. Neuweiler, 1905) haben es aber sehr wahrscheinlich gemacht, daß Schimpers *Hypnum priscum* von Dürnten zu *Calliergon giganteum* zu stellen ist, das *Hypnum lignitorum* von Dürnten zu *Calliergon trifarium* und das *Thuidium antiquum* von Mörschwil zu *Thuidium delicatulum*, alle drei vielleicht als besondere Varietäten. Leider sind Heers Originalpflanzen verloren gegangen, und später wurden solche abweichende Moostypen nicht mehr gefunden. In unserer Tabelle haben wir die Zuteilung entsprechend den Vermutungen von Meylan vorgenommen. Die Fels-, Erd- und Waldmoose machen zusammen ungefähr die Hälfte der Gesamtzahl aus, und die Hälfte davon wurde nur in Güntenstall gefunden. Sie sind heute alle in der Nähe der interglazialen Fundstellen verbreitet; einzelne gehören zu unseren häufigsten Waldmoosen.

Auch die Wasser- und Sumpfmoose finden sich heute noch alle in der Schweiz. Aber neben den in unseren Sümpfen weit verbreiteten und häufigen Arten gibt es auch solche von schwächerer Verbreitung und einzelne, die selten sind, so *Philonotis caespitosa*, *Meesea longiseta*, *Campylium polygamum*, *Calliergon turgescens*. Mehrere steigen hoch ins Gebirge oder finden sich hauptsächlich in höheren Gebirgslagen, so *Bryum Duvalii*, *Bryum pallens*, *Mnium seligeri*, *Drepanocladus exannulatus*, *Drepanocladus fluitans*, *Drepanocladus revolvens*, *Calliergon giganteum*, *C. stramineum*, *C. sarmentosum* (bis 2800 m), *Scorpidium scorpioides*. *Calliergon trifarium*, das Moos mit der größten Zahl von Fundstellen, war im frühen Postglazial (Beginn der Wärmezeit) in unseren Mooren außerordentlich reichlich verbreitet, so daß es im Grunde der postglazialen Moore ganze Torfschichten bildet. Heute ist es im Mittelland recht spärlich geworden und nur in gewissen subalpinen Lagen etwas häufiger. Die Ursache für diesen Rückgang ist vor allem in dem durch die Verlandungsvorgänge und durch die Austrocknung der Moore bedingten Rückgang günstiger Wuchsorte zu suchen.

Die Fundstellen, die *Sphagnum*sporen geliefert haben, sind aus Zweckmäßigkeitsgründen in der Tabelle 5 untergebracht. Diese Sporen wurden in mehreren von mir untersuchten Aufschlüssen in großer Menge festgestellt, fehlten aber in andern,

vermutlich zum Teil nur zufälligerweise. Außerhalb der Moore (z. B. in den aus der Genfergegend untersuchten Ablagerungen) sind sie gar nicht zu erwarten.

*Krautartige Blütenpflanzen* (inkl. Zwergsträucher) und *Pteridophyten*. Sie sind in Tabelle 5 zusammengestellt, getrennt nach den Ansprüchen an das Bodenwasser. Die Wasser- und Sumpfpflanzen umfassen 34 Arten oder Unterarten, worunter einige von unsicherer Bestimmung. Hier sind 5 Pteridophyten verzeichnet. Die Wald- und Wiesenpflanzen umfassen 22 Arten (oder Gattungen), unter denen auch einige unsicher sind. Hieher stellen wir 8 Pteridophyten. Schließlich haben wir noch eine Artengruppe zusammengestellt, deren Stellung zu den Umweltverhältnissen unsicher ist. Sie umfaßt Arten, die sowohl in sumpfigem Gelände, als auch in Wäldern verschiedener Art gedeihen können (*Calluna vulgaris*, Vaccinien, *Deschampsia caespitosa*, *Petasites*) oder die ubiquistischen Vorkommens sind (*Tussilago*), ferner größere Sippen, meist durch den Pollen bestimmt, bei denen ein ganzer Artenkreis mit Formen sehr verschiedener Standortansprüche in Frage kommen kann, wie die Gattungen *Ranunculus*, *Epilobium*, *Galium*, *Rorippa* oder ganze Pflanzenfamilien. Die Mehrzahl dieser nicht näher zu erfassenden Arten dürfte aber den Sumpfpflanzen zuzurechnen sein. Die Gesamtheit der Krautpflanzen, Zwergsträucher und Pteridophyten umfaßt ca. 62 Arten und dazu eine wesentliche Zahl, die nicht näher zu bestimmen sind. Wenn wir noch die Pflanzen der spätglazialen Fundstellen hinzurechnen (vgl. S. 130), so gelangen wir auf gut 70 Arten. Wir kommen später noch auf einzelne Arten zurück.

*Bäume und Sträucher*, s. Tabelle 6. Durch makroskopische Reste (Holz, Rinde, Blätter, Früchte, Samen) sind ca. 35 Arten gesichert und bleiben unsicher diverse *Salix*-Arten und *Crataegus oxyacantha*. Durch den Pollen konnten noch erkannt werden: *Picea* cf. *omorica*, *Juglans*, *Ostrya*, *Castanea*, *Ulmus*, *Hippophaë* und wahrscheinlich gemacht werden *Pinus cembra*, *Alnus viridis*. Verschiedene Arten, die durch die makroskopischen Funde etwas unsicher dastehen, konnten durch die Pollenfunde gestützt oder in ihrer Verbreitung näher charakterisiert werden, so *Carpinus*,







*Betula nana*, *Fraxinus*, *Fagus*. Insgesamt ergaben sich ca. 45 einigermaßen gesicherte Arten oder nahe verwandte Artengruppen von Bäumen und Sträuchern und 4, die wahrscheinlich, aber nicht gesichert sind.

Da diese für unsere Untersuchung besonders wichtig sind, wollen wir ihr Vorkommen noch kurz einzeln betrachten.

*Taxus baccata*: Ist gesichert durch Samen, die aber stets sehr spärlich auftreten. In Uznach auch Blätter, in Flurlingen ein schlecht erhaltener und etwas unsicherer Blattabdruck.

*Picea abies*: Besonders charakteristischer und wohl häufigster Vertreter in der interglazialen Flora des Mittellandes. Pollen ist, mit Ausnahme von St. Jakob (Basel) und Mutten, überall häufig, immer in einzelnen Spektren oder ganzen Diagrammen dominant. *Picea* gibt in den Schieferkohlen als Holz, Blätter, Zapfen, Samen auch die häufigsten makroskopischen Reste. Heer rechnete die ihm bekannten Zapfenfunde zur var. *fennica* Reg. Neuwailer (1905) prüfte nach und kam zum Schluß, es handle sich nach der Schuppenbildung um die var. *europaea* Tepl.

*Picea omorica*: Bei der Analyse der Proben von Gondiswil-Zell und noch mehr bei denen von Mörschwil fiel mir auf, daß zwei Typen von Piceapollen vorlagen, ein größerer und ein kleinerer. Firbas hatte 1927 in den Schieferkohlen von Hopfgarten das gleiche festgestellt und durch Vergleiche herausgefunden, daß die kleinen Piceapollen vermutlich der *Picea omorica* angehören, einer ausgesprochen reliktschen Art, die heute nur noch in einigen Gebirgsgruppen Jugoslaviens vorkommt. Die genauere Untersuchung der Pollen von Mörschwil führte zum gleichen Ergebnis. Die Luftsackhöhe der kleinen Pollen betrug im Mittel nur 52  $\mu$ , die der großen 77  $\mu$  (vgl. S. 103). Daraufhin wurden die Piceapollen auch aus anderen unserer interglazialen Ablagerungen auf ihre Größenverhältnisse geprüft und folgendes festgestellt:

Gondiswil siehe S. 56. — Montfleury bei Genf: In 50 m Profiltiefe schwankte die Luftsackhöhe der gemessenen Pollen von 46—71  $\mu$ ; die Mehrzahl gehörte zum kleinen Typ. In 70 m Profiltiefe ging die Schwankung von 46—77  $\mu$ , mit scharfer Trennung zwischen den kleinen und den großen Pollen. Die Präparate waren mit Flußsäure angefertigt, was die Pollen gegenüber den mit Kalilauge behandelten verkleinerte. — Grandson: Ebenfalls große und kleine Pollen. In 70 cm Tiefe schwankte die Luftsackhöhe der kleinen Pollen von 46—57  $\mu$ , die der großen von 72—87  $\mu$ , wobei die großen und kleinen Pollen ungefähr in gleicher Zahl vorhanden waren; in 140 cm

Tabelle 6. Verzeichnis der in den interglazialen Fundstellen des Schweiz. Mittellandes gefundenen Bäume und Sträucher

St. Jakob	24				II	I		I I	I		II	I
Distelberg	23	I	II	I								I
Safenwil	22	II	I	I I	I				I			
Weiberbach	21	I	I	I I	I							I
Wettingen	20	I	I			I			I		I	I
Niederweningen	19	II			I	I			I			I
Flurlingen	18	(I) I	II			I		(I)	I		II	
Winterthur	17	I	I			I			I			
Wildhaus	16	I										
Mörschwil	15	II	I	II (I)	I (I)	II			I		I	I
Wetzikon	14 <sup>b</sup>	II	I			II			I			
Dürnten	14 <sup>a</sup>	I	II	I	II (I) I	II			I		I	I
Eschenbach	13	I	I			I						I
Winden	12	II	I	I I	I I	I			I		I	
Wangen	11	I	I						(I)		(I)	
Uznach Seekreide	10 <sup>c</sup>	I	II	I				(I)	(I)			I
Uznach Güntenstall	10 <sup>b</sup>	I	II	I	I	I I			(I)	I I I	II	I
Uznach Kohlen	10 <sup>a</sup>	I	II	I	I I	II	I (I) (I) I		I		I I I	I
Küßnacht	9	I	I			I						
Gondiswil-Zell	8	I	II	I	II	II			(I)	I		II
Mutten	7				I I	I						
Gundelsey	6	II	I	I I	I	I						I
Wasserfluh	5	I	I	I I	I	I						I
Pont-La-Ville	4	I	I I	I		I			I			I
Grandson	3	II	I	II		I			II			I
Bougy	2	II				I						
Genf Mornex	1 <sup>d</sup>	I				I						I
Genf Alluv. anc.	1 <sup>c</sup>	I	I			I						I
Genf Montfleury	1 <sup>b</sup>	II	I I	I		I			I		I	I
Genf Cartigny	1 <sup>a</sup>	I	I			I						I

Taxus baccata  
Picea abies  
    cf. omorica  
Abies alba  
Larix decidua  
Pinus silvestris  
    — mugo  
    — cembra  
    — sp.  
Salix incana  
    — repens  
    — myrtilloides  
    — cinerea  
    — aurita  
    — caprea  
    — nigricans  
    — sp.  
Populus nigra  
    — alba  
Juglans regia  
Corylus avellana  
    — var. ovata



Tiefe schwankte die Luftsackhöhe von 49—75  $\mu$ ; die große Mehrzahl blieb unter 60  $\mu$  (Kalilauge-Präparate). — Pont-La-Ville in 25 cm Tiefe (HF-Präparat): Luftsackhöhe von 56—78  $\mu$ , unter 17 gezählten Pollen nur 3 kleiner als 64  $\mu$ , also wohl alle vom großen Typ. In 60 cm Tiefe (Kalilauge-Präparat): Luftsackhöhe 49—80  $\mu$ . Von den 23 gezählten Pollen durften 8 dem kleinen Typ zugerechnet werden. — Uznach, Grube Föh (KOH-Präparate): Bei 0 cm Luftsackhöhe 51—91  $\mu$ , kleine und große Pollen gut getrennt (51 bis 63  $\mu$  und 73—91  $\mu$ , große Pollen etwas zahlreicher). Bei 160 cm Luftsackhöhe 54—77  $\mu$ , die großen stark vorwiegend, von 21 gezählten Pollen nur 1 unter 60  $\mu$ , dagegen 13 über 70  $\mu$ . Wohl alle dem großen Typ zuzurechnen.

Es ergibt sich, daß in allen näher geprüften pleistozänen Profilen, aber nicht in allen Schichten, kleine und große Piceapollen nebeneinander vorhanden sind, besonders deutlich in Mörschwil, Gondiswil-Zell und Montfleury. Die kleinen herrschen in einzelnen Horizonten sogar vor. Falls die Zuteilung der kleinen Pollen zu *Picea omorica* zu Recht besteht, wäre also diese Art in der Schieferkohlenzeit des schweizerischen Mittellandes verbreitet gewesen. Auffallend ist, daß keine *omorica*-Zapfen angegeben werden. Doch wurden sie vielleicht übersehen; kleine Piceazapfen sind in den Schieferkohlen nichts seltenes. O. H e e r (1879, S. 519) erwähnt, daß die Fichtenzapfen der Schieferkohlen zum großen Teil auffallend klein seien und daß die Zapfenschuppen oft stärker gerundet seien, als bei unserer Fichte. Das spricht für *Picea omorica*, kann aber auch anders erklärt werden, wie es H e e r tut (unausgereifte Zapfen; var. *fennica* Reg. von *Picea abies* mit gerundeten Zapfenschuppen). Kleine Piceazapfen sind auch in der rezenten Vegetation verbreitet, besonders in Hochlagen (vgl. L ü d i, 1938: Schynige Platte, 2000 m Höhe, Zapfenlänge 6,5 bis 10 cm, Mittel 7,5 cm). Blattmerkmale von *P. omorica* könnten bei günstiger Erhaltung vielleicht auch erkannt werden.

Nach den Angaben von P. F u k a r e k (1950) ist *Picea omorica* heute in ihren jugoslavischen Reliktstandorten in der Regel vergesellschaftet mit *Picea abies* und *Abies alba*, sehr häufig auch mit *Fagus silvatica*, *Acer pseudoplatanus*, *Populus tremula*, *Sorbus aucuparia*, *Pinus silvestris*, *Pinus nigra*, und als strauchige und krautige Begleiter werden Arten des Piceetums, des Fagetums und auch der Laubmischwälder (*Querecto-Carpinetum*?) aufgezählt.

*Pinus*: Überreste von *Pinus* sind in den interglazialen Ablagerungen sehr verbreitet: Holz, Blätter, Zapfen, Samen. Pollen wurden in allen auf Pollen untersuchten Lagerstätten mit Ausnahme

von Distelberg gefunden, in einzelnen Horizonten oder in ganzen Diagramm-Abschnitten dominant. In Mutten fand sich nur Pollen von *Pinus*. Im Gebiet von Uznach tritt *Pinuspollen* allgemein stark zurück.

Schwierig ist es, die verschiedenen *Pinus*arten zu unterscheiden. Es scheint, daß *Pinus silvestris* bei weitem vorherrschend ist. Die alten Angaben O. Heers von Funden der *Pinus mugo* in den ostschweizerischen Schieferkohlen sind nach E. Neuwailer unsicher. Hingegen gibt W. Rytz den Fund von Zapfen der Bergföhre (*Pinus mugo* ssp. *uncinata*) in Gondiswil-Zell an. Zapfen sollten unter günstigen Verhältnissen zu unterscheiden sein. Hingegen ist die Unterscheidung nach den Holzfunden wohl immer zweifelhaft. Nach der Pollengröße ist eine sichere Unterscheidung ebenfalls nicht möglich, wohl auch nicht nach der Gestalt. Immerhin spricht eine bedeutende Wahrscheinlichkeit dafür, daß in dem gleichen Pollenspektrum große Pollen der *Pinus mugo* zuzurechnen seien, kleine der *silvestris*, falls sie reichlich auftreten und eine zweigipflige Größenkurve ergeben. Auf diese Weise wurde wiederholt nach den Pollenfunden die Anwesenheit von *Pinus mugo* wahrscheinlich gemacht, so für Mutten und Winden, an letzterem Ort sogar ein Wechsel von *Pinus silvestris* zu *Pinus mugo* im Laufe des vom Diagramm erfaßten Zeitabschnittes. *Pinus mugo* findet sich heute im Mittelland nur reliktmäßig zerstreut auf Mooren und an einigen Berghängen, wo ungünstige Umweltsverhältnisse die Konkurrenz anderer Arten verringern oder ausschließen.

*Pinus cembra*-Pollen ist bei guter Erhaltung meist von den Pollen unserer anderen Föhrenarten zu unterscheiden. So konnte die Anwesenheit dieser Art im Diagramm von Winden wahrscheinlich gemacht werden. Makroskopische Funde sind nicht bekannt. Die Zapfen zersetzen sich sehr rasch. Heute kommt die Art natürlicherweise im Alpenvorland nicht vor. Sie geht überhaupt natürlicherweise nicht tiefer als in die höheren Teile der subalpinen Stufe, wird aber da und dort in tieferen Lagen kultiviert.

Für die Anwesenheit von anderen Föhrenarten sind in unseren pleistozänen Lagerstätten keine Anhaltspunkte vorhanden.

*Abies alba*: war bisher von den meisten pleistozänen Lager-

stätten gar nicht, von einigen durch spärliche Blattreste oder Samen bekannt. Vom Distelberg lagen auch Holzreste vor. Reichlicher waren makroskopische Reste nur in Güntenstall gefunden worden. Der Pollen hat ergeben, daß die Tanne im Interglazial unseres Alpenvorlandes allgemein verbreitet war. In den Pollenspektren gelangt sie gelegentlich auch zur Dominanz. Sie fehlt in Bougy, Mutten, Wildhaus, Niederweningen und St. Jakob.

*Larix decidua*: Reste dieser Art sind höchst selten: ein sicheres Zäpfchen fand Neuweiler in Uznach, ein unsicheres gibt Heer von Mörschwil an. Pollen konnte nicht gefunden werden. Heute fehlt die Lärche in den natürlichen Wäldern des Mittellandes, gedeiht aber in Kulturen sehr gut, so in unmittelbarer Nähe von Zürich.

*Salix*: Die makroskopischen Reste sind als Blätter vorhanden, und die Art ist vielfach nicht sicher zu bestimmen. Besonders häufig wurden Blätter in St. Jakob bei Basel und im Gebiet von Uznach beobachtet. Salixpollen fand sich vereinzelt in den meisten pollenanalytisch durchgearbeiteten Profilen. Doch konnte die Art nicht gesichert werden. Die nach den Blättern bestimmten Arten finden sich heute alle noch häufig im Mittelland mit Ausnahme von *Salix myrtilloides*, die nur an wenigen Fundstellen des Säntis- und Churfirtengebietes vorkommt und hier auch in die hochgelegene subalpine Molasse übergreift (Hirschberg bei Gais, ca. 1150 m).

*Populus nigra*: von H. Brockmann wurden in Güntenstall 4 guterhaltene Blattabdrücke gefunden. Heute in den tiefer gelegenen Teilen des Mittellandes an Flußufern verbreitet.

*Populus alba*: Brockmann fand einen guterhaltenen Blattabdruck in Güntenstall. Heute in der Schweiz nicht mehr natürlich vorkommend, aber häufig kultiviert und gut gedeihend.

*Juglans (regia)*: wurde in Genf, Uznach und Wettingen durch Pollen nachgewiesen, sparsam, aber wohl sicher bestimmt. Heute in den wärmeren Teilen der Schweiz überall kultiviert und verwildernd.

*Corylus avellana*: Früchte wurden an einzelnen Lokalitäten reichlich gefunden, vorwiegend die rundliche Form, var. *ovata*. Die längliche Form, var. *oblonga*, wird für Uznach und Mörschwil angegeben. In den Tuffen von Flurlingen wurden auch Blätter

gefunden. Pollen fand sich in den meisten auf Pollen untersuchten Ablagerungen, oft häufig und in einzelnen Horizonten bis zur Subdominanz ansteigend.

*Carpinus betulus*: In St. Jakob fanden sich Blätter, in 10 Ablagerungen auch Pollen, wiederholt reichlich.

*Ostrya carpinifolia*: Wir kennen den Pollen dieser Art von unseren Untersuchungen in den Tessinermooren her, wo wir ihn sicher unterscheiden konnten (vgl. Lüdi, 1944). Im Pleistozän fanden wir den entsprechenden Pollen in Montfleury, Küßnacht, Uznach und Wettingen, aber immer nur vereinzelt. Er kann natürlich auch von Fernflug herrühren. Heute findet sich die Art spontan erst jenseits der Alpen im südlichen Tessin, in der *Quercus-Castanea*-Stufe auf Kalkböden. Vereinzelt auch bei Innsbruck.

*Betula* (*alba*): Holz und Rinde der baumförmigen Arten (*B. verrucosa* und *B. pubescens*), die aber nicht zu unterscheiden sind, fanden sich in vielen Lagerstätten, oft in Menge. Rytz spricht in Gondiswil sogar von Birkentorf. Pollen ist bei ernsthaftem Suchen sozusagen immer zu finden. Das Fehlen in Mutten, Wetziikon, Wildhaus und Distelberg mag zufälliger Art sein. In Gondiswil, Pont-La-Ville und Mörschwil wird der Birkenpollen in einzelnen Spektren dominant.

Von der Zwergbirke, *Betula nana*, wurden durch Rytz in Gondiswil Früchte und Fruchtschuppen festgestellt, und wiederholt fanden wir Betulapollen, der nach Größe und Gestalt dieser Art zuzuweisen ist.

*Alnus*: *Alnus incana* wurde in Uznach durch Blätter, in Günstenstall durch Früchte, in Grandson unsicher durch Holz nachgewiesen, *Alnus glutinosa* in Grandson durch Holz. Meist bleibt aber bei Holzfunden die Art unsicher. Alnuspollen waren in den meisten Ablagerungen zu finden, oft reichlich bis zur Dominanz in einzelnen Teilen der Diagramme. Es wurde nicht versucht, unsere beiden baumförmigen Arten zu unterscheiden. Hingegen läßt sich die strauchige *Alnus viridis* nach der Pollengröße mit einiger Wahrscheinlichkeit aussondern, vor allem, wenn im gleichen Spektrum der große und der kleine Pollentyp auftreten. Die feinen morphologischen Unterschiede zwischen dem Pollen der verschiedenen Alnusarten, die Erdtmann dargelegt hat, sind leider meist nicht zu beobachten. *Alnus viridis* dürfte für einige



breitet; *Ulmus scabra* findet sich im Mittelland häufig und wird vielfach auch als Alleebaum kultiviert.

*Clematis vitalba*: Ein Clematis-Holzstück wurde von Brockmann in Güntenstall gefunden. Die Art wird von ihm nur vermutet.

*Crataegus oxyacantha*: Blatt in den Tuffen von Flurlingen von E. Schmid gefunden, aber Bestimmung unsicher.

*Buxus sempervirens*: Blätter finden sich in den Tuffen von Flurlingen reichlich. W. Rytz bestimmte 2 Blätter in der Seekreide von Uznach. Fehlt heute im Wildzustand im Mittelland, gedeiht aber in Gärten und Anlagen sehr gut. Spontan und subspontan längs des Jurarandes, nach Osten bis in den Aargauer- und Baslerjura.

*Ilex aquifolium*: Brockmann fand in Güntenstall 5 gut erhaltene Blätter. Pollen konnten wir keinen finden. Heute im Mittelland verbreitet, im Osten seltener.

*Acer*: Blätter und Früchte von *Acer pseudoplatanus* kommen in den Tuffen von Flurlingen in Menge vor. Brockmann fand reichlich Blätter und eine vereinzelte Frucht in Güntenstall, Jeannet einzelne Blätter und Früchte in der Seekreide von Uznach, Heer einige Blätter in Dürnten. Von *Acer platanoides* fanden sich sehr spärliche Blätter und Früchte in Güntenstall und in der Seekreide von Uznach. Schmid fand die Art auch in den Tuffen von Flurlingen. Acerpollen stellten wir verschiedentlich fest, in Genf, Grandson, Gondiswil und Flurlingen, aber immer sehr spärlich, und es dürften nicht alle Bestimmungen sicher sein.

*Frangula alnus*: Blätter wurden gefunden in St. Jakob und Flurlingen. Die letzteren sind unsicher. Pollen fanden wir nicht.

*Tilia*: *Tilia platyphyllos* bildete nach Brockmann in Güntenstall einen Hauptteil der gefundenen Pflanzenreste (155 Früchte, dazu Blüten und Blätter). Die Angabe dieser Art in Flurlingen ist sehr unsicher (vgl. S. 112). *Tilia cordata* lieferte in Güntenstall 23 Früchte. Tiliapollen haben wir in 12 Lokalitäten gefunden, nirgends häufig. Der meiste Pollen dürfte zu *Tilia cordata* gehören. Aber die Speziesbestimmung ist nicht immer einwandfrei durchzuführen.

*Hippophaë rhamnoides*: ist durch den Pollen an vier Lokali-

täten nachgewiesen, aber immer spärlich. Eine Verwechslung mit *Fagus* ist wenig wahrscheinlich.

*Cornus*: Blätter wurden in St. Jakob gefunden und vermutlich auch in Flurlingen. Sie werden *Cornus sanguinea* zugeteilt.

*Hedera*: Güntenstall und Flurlingen lieferten einige Blätter. Pollen wurde nicht beobachtet.

*Fraxinus cf. excelsior*: Früchte wurden gefunden in Uznach (Seekreide), Güntenstall, Flurlingen, Pollen an einigen Lokalitäten, aber stets sparsam.

*Ligustrum vulgare*: Blätter fanden sich in St. Jakob, ziemlich sicherer Pollen in der Alluvion ancienne von Genf, aber sehr spärlich.

*Viburnum lantana*: Samen in Güntenstall, Blätter in St. Jakob.

*Viburnum opulus*: B r o c k m a n n fand 4 Blätter in Güntenstall.

Insgesamt umfaßt die Aufstellung der in den pleistozänen Ablagerungen des nördlichen Alpenvorlandes der Schweiz gefundenen Arten gegen 120 Phanerogamen und Pteridophyten, sowie 60 Moosarten. Sicher ist darin nicht alles Erfassbare enthalten. Sehr viele Arten sind nur von einer einzigen oder doch wenigen Fundstellen bekannt. Die Zahl der «reichen» Fundstellen ist klein. Aber ähnlich günstige Aufschlüsse wie St. Jakob, Güntenstall, die Seekreide von Uznach und Gondiswil sie boten, werden sich wiederholen und neue, bestimmbare, makroskopische Reste liefern. Reiche Funde sind, wie die Erfahrung lehrt, weniger in den Schieferkohlen, als in den sie begleitenden mineralischen Schichten zu machen. Manches wertvolle Ergebnis ist noch von der Pollenanalyse zu erwarten. Die Verfeinerung der Methode geht weiter. Immer neue Pollen werden erkannt oder näher definiert. Die Zahl der «unbekannten Pollen» ist in der Gesamtheit unserer interglazialen Diagramme nicht unbeträchtlich, wenngleich sie in den einzelnen Spektren nur vereinzelt Pollen betrifft. So wird das Verzeichnis der interglazialen Pflanzenarten bei weiterer, sorgfältiger Forschung noch beträchtlich anwachsen können, und mancher unsichere Fund wird seine Klärung erfahren.

Der Charakter unserer interglazialen Flora ist absolut rezent. In der heutigen Flora des Mittellandes fehlen nur wenige der interglazial gefundenen Arten: *Picea omorica*, *Ostrya carpinifolia*,

*Brasenia purpurea* (vgl. S. 95), *Trapa natans* (erst neuerdings erloschen) und *ssp. muzzanensis*, *Osmunda regalis* (früher im Bünzmoos). Einige kommen nur kultiviert vor oder als Kulturbegleiter oder subspontan: *Larix decidua*, *Populus alba*, *Castanea sativa*, *Juglans regia*, *Buxus sempervirens*, *Stachys annuus* (Ackerunkraut). Einige haben heute eine mehr subalpine Verbreitung: *Lycopodium annotinum*, *Selaginella selaginoides*, *Pinus cembra*, *Larix europaea*, *Salix myrtilloides*, *Alnus viridis*, verschiedene Moose (vgl. S. 140). Wieder einige finden sich nur selten im Mittelland: *Selaginella helvetica*, *Salix myrtilloides*, *Schoenoplectus triquetrus*. Auch *Hippophaë* ist nur lokal, auf Flußalluvionen vorhanden.

Aber alle diese Arten, die für die heutige Flora des Alpenvorlandes in irgend einer Weise nicht charakteristisch sind, wurden in den pleistozänen Ablagerungen nur ganz vereinzelt festgestellt. Eine Ausnahme macht die vermutete *Picea omorica*.

Einige sind nur durch ihren Pollen, der ferntransportiert sein kann, repräsentiert; von mehreren ist die Bestimmung nicht ganz sicher. Der Hauptteil der interglazialen Flora, besonders auch nach der Zahl der gefundenen Individuen, findet seine Fortsetzung in der heutigen Flora, wobei allerdings kleine, systematische Unterschiede zwischen den fossilen und den rezenten Vertretern nicht auszuschließen sind. Gelegentlich ist versucht worden, solche Abweichungen festzustellen, aber meist ohne befriedigende Ergebnisse.

Andererseits muß betont werden, daß von vielen heute sehr verbreiteten Arten keine interglazialen Reste gefunden worden sind. Das beweist im allgemeinen nicht viel gegen ihr Vorkommen, angesichts der Zufälligkeit und der Unvollständigkeit der Funde. Die Überreste vieler Pflanzen sind nicht zur Fossilisation geeignet, so daß es schon besonderer Glücksfälle bedarf, um sie zu finden. Wieder andere Überreste sind in der Regel nicht oder nur als Sammelbegriff bestimmbar, wie zum Beispiel die Gramineen. Im allgemeinen erscheinen die Holzpflanzen gegenüber den Krautpflanzen begünstigt, sofern diese nicht erhaltungsfähige Früchte oder Samen besitzen, ebenso die windblütigen Arten gegenüber den insektenblütigen (Pollen). Auffallend ist das Fehlen der baum- und strauchartigen Rosaceen in unseren interglazialen Ab-

lagerungen (hier nur die unsichere *Crataegus* von Flurlingen) und vor allem das beinahe völlige Fehlen von *Fagus*, deren Früchte und Pollen nicht übersehen werden können.

### Die Vegetation des Pleistozän

Die Pflanzen leben in Vergesellschaftungen beisammen, und erst diese prägen den Charakter des Pflanzenkleides. Wie fügen sich die uns bekannten pleistozänen Pflanzenresten zu Vergesellschaftungen und schließlich zu einem bestimmten Vegetationscharakter zusammen?

Schon Oswald Heer, der erste Bearbeiter unserer Interglazialflora, hat sich ein Bild von dem Vegetationscharakter zu machen versucht, das nach unserer Auffassung in der Hauptsache richtig ist. Später haben sich J. Früh und C. Schröter (Moore der Schweiz), W. Rytz (Gondiswil), H. Gams (Wildhaus) und mit abweichendem Ergebnis H. Brockmann (ausgehend von Güntenstall) damit beschäftigt.

Die Rekonstruktion unserer pleistozänen Vegetation ist mit verhältnismäßig großer Sicherheit möglich. Da die Flora im wesentlichen die heutige ist, dürfen wir von der heutigen Vergesellschaftung der Arten ausgehen, deren Gesetzmäßigkeiten wir kennen. Und da auch die Kenntnisse über Zahl und Häufigkeit der pleistozänen Arten bedeutend umfassender sind, als die den früheren Forschern zur Verfügung stehenden, so erlangen wir auch größere Sicherheit in unseren Schlüssen.

Die Erhaltung der organischen Reste im nassen Medium bringt es mit sich, daß wir besonders *die Vegetation der Gebiete mit Wasserüberschuß* kennen lernen: die Pflanzenwelt des offenen Wassers, der Verlandungsbestände, der Flach- und Hochmoore, der hygrophilen Gehölze. Hier ist eine recht gute Rekonstruktion möglich.

a) *im offenen Wasser*: zuerst Absatz von Sand, Mergel oder Ton, dann in kalkigen Gewässern Seekreide, und schließlich bei Eutrophierung Bildung von Gytjtja, alle diese Vorgänge in mancherlei Kombinationen und Übergängen, je nach der Ortslage, der Beschaffenheit des Wassers und der Sedimentation. Untergetauchte und auftauchende Vegetation, Potamion: Potamogeton-Arten,

Nymphaea, Brasenia, Trapa, Sparganium, vermutlich auch Ranunculus der aquatilis-Gruppe, Polygonum amphibium, Rorippa, Chara-Arten, Diatomeen u. a. Algen.

b) *Verlandungsbestände*, zuerst noch Gytjtabildung, dann mehr und mehr Übergang zur Torfbildung: Phragmition: Phragmites, Schoenoplectus lacustris, Cladium mariscus . . . Equisetum limosum . . . Schoenoplectus triquetrus sowie ein Teil der Arten von a). Magnocaricion: Caricetum elatae: Carex elata, gracilis, inflata, Phragmites, Galium palustre, Epilobium sp., Menyanthes trifoliata, Drepanocladus fluitans, Campylium stellatum, Calliergon giganteum, u. a.

c) *Flachmoor* mit Bildung von Radzellentorf, floristisch sicher in vielgestaltigen Ausbildungsformen, in den Schieferkohlenbildungsstätten offenbar die vorherrschende Vegetationsform, vielleicht zusammen mit dem Magnocaricion: Parvocaricion (z. B. Caricetum Hostianae, Caricetum fuscae, Molinietum, Schoenetum und verwandte Gesellschaften): Carex cf. flava, cf. fusca, Galium palustre, Epilobium sp., Salix repens, Selinum carvifolia, . . . Osunda regalis, . . . Eleocharis pauciflora, . . . Deschampsia caespitosa . . . eine Anzahl Moose: Mnium Seligeri, Climacium dendroides, Camptothecium nitens, Campylium stellatum, Campylium polygamum, Calliergon giganteum, turgescens, Acrocladium cuspidatum, Drepanocladus intermedius, Sendtneri, exannulatus, Scorpidium scorpioides.

Hier können wir die *Quellfluren* anschließen, die je nach der Beschaffenheit von Wasser und Boden floristisch verschieden ausgebildet sein können. Eine Anzahl der gefundenen Moose ist für sie charakteristisch: Dichodontium pellucidum, Mnium punctatum, Meesea triquetra, Philonotis caespitosa und fontana, Brachythecium rivulare, Cratoneuron commutatum und falcatum, Drepanocladus exannulatus, Calliergon sarmentosum.

d) *Übergangsmoor* (Scheuchzerion) mit Ausbreitung der Sphagneen (s. bei Hochmoor), der Trichophorum caespitosum-Bestände, der Scheuchzeria palustris-, Carex limosa-, Menyanthes trifoliata-Schlenken, vermutlich auch mit Beständen von Rhynchospora, die zwar nicht nachgewiesen ist (Gams, der das Zwischenmoor im Interglazial von Wildhaus besonders eingehend untersuchte, meint, dort habe Rhynchospora vielleicht infolge des

kühlen Höhenklimas gefehlt). Hier als Moose z. B. *Meesea triquetra* und *longiseta*, *Drepanocladus revolvens* und *fluitans*, *Calliergon trifarium*, *stramineum* und *sarmentosum*, *Scorpidium scorpioides*.

e) *Bewaldetes Flachmoor*, Bruchwälder, *Alnetum gutinosae*, *Alnetum incanae*, *Betuletum albae*: *Alnus glutinosa* u. *incana*, *Salix incana*, *cinerea*, *aurita*, *nigricans*, *caprea*, *Populus nigra*, *alba*, *Pinus silvestris*, *Picea abies*, *Clematis vitalba*, *Deschampsia caespitosa*, *Polygonum*-Arten, *Ranunculus*-Arten, *Epilobium*-Arten, *Angelica silvestris*, *Ajuga reptans*, *Tussilago*, *Osmunda regalis*.

f) *Bewaldete Alluvionen und Ufersäume*: *Alnetum incanae* mit *Salices* u. a., wie für bewaldetes Flachmoor angegeben; Schotterflächen mit *Hippophaë rhamnoides*.

g) *Hochmoor* als letztes Entwicklungsstadium der verlandeten Gewässer in einem humiden Klima mit Bildung von *Sphagnum-Eriophorum*-Torf: *Sphagnion*: *Sphagnum cymbifolium*, *subbicolor*, *acutifolium*, *Eriophorum vaginatum*, *Trichophorum caespitosum*, *Lycopodium inundatum*, *Vaccinium uliginosum*, *Calluna vulgaris*, *Salix myrtilloides*, und im bewaldeten Zustande auch *Pinus silvestris* und *mugo*, sowie *Betula (alba)*, *Frangula alnus*, *Salix aurita*. An Moosen: *Aulacomnium palustre*, *Polytrichum strictum*, *Calliergon stramineum*, *Drepanocladus revolvens*.

Alle diese Pflanzengesellschaften sind uns nur recht unvollständig überliefert, sind aber doch aus den Resten zu erkennen und ordnen sich in die Verlandungsvorgänge der heutigen Vegetation harmonisch ein.

—Auf *Boden ohne Wasserüberschuß* können wir in gleicher Weise Wälder und Wiesen rekonstruieren, allerdings auch nur mit fragmentarischer Begleitvegetation.

*Wälder*: Die pleistozänen Wälder dürften verschiedenartige Typen repräsentiert haben:

a) *Fichtenwälder*, mit Boden, der zur Rohhumusbildung und Podsolierung neigt, in einem kühlen nicht zu feuchten Klima (*Piceion*): *Picea Abies*, deren Überreste in unseren Funden alle anderen Bäume an Häufigkeit weit überragen, vielleicht auch *Picea omorica*, dazu *Vaccinium myrtillus*, *V. uliginosum*, *V. vitis idaea*, *Dryopteris filix mas*, *Lycopodium annotinum*, *Polypodium vulgare* und als Moose *Rhytidiadelphus triquetrus*, *Hylocomium splendens* und *Pleurozium Schreberi*.

Verschiedene Stauden unseres Verzeichnisses gedeihen auch in einem staudenreichen Fichtenwald, wie er heute auf frischen Böden unserer subalpinen Stufe weit verbreitet ist und als Vorstufe zum Piceetum der gereiften, podsolierten Böden aufgefaßt werden kann. Hier müßte auch *Alnus viridis* angeschlossen werden.

*b) Föhrenwälder:* kommen heute in der Schweiz mit sehr verschiedenartiger floristischer Ausbildung vor, und es ist kaum zu entscheiden, welchen Typen die Föhrenwälder unserer Interglazialzeiten entsprochen haben. An der Existenz von Föhrenwäldern ist aber nicht zu zweifeln, das geht aus der oft ausgesprochenen Dominanz des Föhrenpollens in den Diagrammen hervor. Wahrscheinlich erscheint ein Typ auf vermagertem Boden, ähnlich zusammengesetzt wie die Fichtenwälder, mit *Calluna vulgaris*, den Vaccinien, unter denen besonders *Vaccinium vitis idaea* hervorgetreten sein dürfte und den oben angeführten Waldmoosen. Vermutet kann Föhrenwald auch auf austrocknenden Mooren werden, mit annähernd der gleichen Begleitflora. Ob auch Föhrenwälder vorkamen, ähnlich denen, die heute unsere Zentralalpen mit relativ trockenem, etwas kontinentalem Klima charakterisieren (vgl. E. Schmid, 1936), können wir nach den Pflanzenfunden nicht entscheiden. Vielleicht deuten *Hippophaë*, *Artemisia* sp., *Helianthemum* sp. in dieser Richtung, und auch *Vaccinium vitis idaea*, sowie *Camptothecium lutescens* und andere Moose würden in den gleichen Rahmen passen.

*c) Tannenwälder:* aus der zeitweiligen Dominanz von *Abies alba* ergibt sich, daß im Pleistozän auch ausgedehnte Tannenwälder existiert haben, vermutlich auf tiefgründigen, etwas lehmigen, frischen, leicht sauren Böden in einem gemäßigten, luftfeuchten Klima. Zur Begleitvegetation könnten gehört haben *Taxus baccata*, *Picea omorica*, *Ajuga reptans*, *Rubus idaeus*, *Petasites* sp., *Carex pendula*, *Vaccinium myrtillus* und eine Anzahl Moose, vor allem die Hylocomien, die *Thuidium*-Arten, *Fissidens taxifolius*, *Hypnum cupressiforme*, *Eurhynchium striatum*.

*d) Laubmischwälder.* Dem Anscheine nach traten in unserem Pleistozän die Laubmischwälder in der räumlichen Ausbreitung gegenüber den Nadelwäldern sehr zurück. Es sind aber vermutlich doch mehrere Typen vorhanden gewesen, charakterisiert

durch das Gehölz und die Begleitflora. In erster Linie kommen Laubwälder vom Charakter des Querceto-Carpinetum in Betracht mit *Quercus robur* (und *petraea*), *Carpinus betulus*, *Tilia cordata* und *platyphyllos*, *Acer platanoides*, *Ulmus* sp., *Ilex aquifolius*, *Taxus baccata*. Auch die *Fagus*-Vorkommen dürften einem solchen Waldtyp zuzurechnen sein. Als begleitende Sträucher nennen wir: *Corylus avellana*, *Ligustrum vulgare*, *Viburnum lantana* und *opulus*, *Cornus* (*sanguinea*), *Crataegus oxyacantha*, *Hedera helix*, *Clematis vitalba*, vielleicht auch *Buxus sempervirens* und von Kräutern *Asarum europaeum*, *Potentilla sterilis*, *Rubus idaeus*, *Ranunculus* sp., *Epilobium* sp., *Galium* sp. Von Moosen z. B. *Hypnum cupressiforme*, *Eurhynchium striatum* und *praelongum* und einige charakteristische Epiphyten.

Ein weiterer Waldtyp läßt sich für die frischen bis wasserzügigen Böden zusammensetzen, dem Acereto-Fraxinetum nahestehend, mit *Acer pseudoplatanus*, *Fraxinus excelsior*, *Ulmus* sp. und als Begleiter *Equisetum hiemale*, *Deschampsia caespitosa*, *Carex pendula*, *Ranunculus acer*, *Polygonum hydropiper* und mite, *Epilobium* sp., *Ajuga reptans* und *Petasites*. Von Moosen z. B. *Mnium punctatum*, *Thuidium* sp., *Hypnum cupressiforme*.

Schließlich läßt sich noch ein Laubwaldtyp der sauren, mageren Böden aufstellen, verwandt dem Querceto-Betuletum, mit *Quercus robur* und *petraea*, *Betula alba* und als Begleiter *Fragula alnus*, *Vaccinium myrtillus* und *vitis idaea*, *Calluna vulgaris*, *Polypodium vulgare*, *Dryopteris filix mas*, vielleicht auch *Lycopodium annotinum* und von Moosen die gleichen, wie sie für den bodensauren Fichtenwald angegeben worden sind.

Nicht recht in diese Waldvegetation hinein passen von den festgestellten Holzpflanzen *Castanea*, *Juglans* und *Ostrya*, deren Pollen aber vielleicht von Ferntransport herrührt. Die Einordnung dieser Arten in besondere Formen des Querceto-Carpinetum ist aber keineswegs unmöglich; sie kommen ja jetzt südlich der Alpen auch im laubwechselnden Eichenwald vor, und die *Castanea sativa*-Bestände im milden Klimagebiet des nördlichen Alpenrandes schließen sich an das Querceto-Betuletum an. Ebenso machen nach der heutigen Verbreitung *Larix* und *Pinus cembra* Schwierigkeiten. *Larix* gedeiht aber heute im Mittelland ausgezeichnet und hat nur Mühe mit der Selbsterneuerung, was nach

einer Mitteilung von Prof. H. B u r g e r dem Lichtmangel im dichten Bestande zuzuschreiben ist. Im offenen Bestande erneuert sie sich auch im Mittelland spontan und reichlich. Der Pollen von *Pinus cembra* wurde nur in Winden gefunden, wo er aus den nahe liegenden höheren Gebirgsregionen herkommen kann, in denen die Arve heute noch verbreitet ist.

Die *Wiesenvegetation* ist in unseren interglazialen Funden qualitativ und quantitativ nur schwach vertreten, was wohl nur teilweise eine Folge der schlechten Erhaltungsmöglichkeit der Krautpflanzen ist. In trockene Wiesen passen vielleicht die *Artemisia* und das *Helianthemum* hinein, sowie einige Moose wie *Tortella tortuosa*, *Thuidium Philiberti*, *Camptothecium lutescens*. In frischen bis feuchten Wiesen dürfen wir erwarten *Deschampsia caespitosa*, die *Polygonum*-Arten, *Ranunculus acer*, *Selaginella selaginoides* (heute erst in höheren Gebirgslagen), *Ajuga reptans*, sowie eine Anzahl Moose (z. B. *Thuidium*, *Fissidens*).

*Selaginella helvetica* kann recht gut an geschützten, etwas feuchten Felsen gewachsen sein, wie auch *Fissidens decipiens*, *Ctenidium molluscum*, die *Neckera*-Arten und eine Anzahl weiterer Moose, die heute geschützte, beschattete, felsige Standorte oder Baumstämme besiedeln.

Nur *Stachys annua*, ein heutiges Ackerunkraut, paßt gar nicht zu der übrigen Flora. Ihre Heimat und natürliche Vergesellschaftung suchen wir heute weiter im Süden oder Südosten. Es kann aber ein Bestimmungsfehler vorliegen, und mehrere nächstverwandte Arten würden sich unserem Vegetationsbilde wieder harmonisch einfügen.

So trägt die Vegetation, die wir aus unseren pleistozänen Funden zusammensetzen, ausgesprochen Gegenwartszüge. In der Wasser- und Verlandungsvegetation ergibt sich kaum ein Unterschied zu den heutigen Verhältnissen. Die Landvegetation führt uns zu heute gut bekannten und weit verbreiteten Waldtypen. Ohne Zweifel war unser Land in den von den pleistozänen Funden erfaßten Zeiten ein ausgesprochenes Waldland. Die Funde von Makrofossilien der meisten Baumarten sichern ihr Vorkommen im Gebiet, und das außerordentlich starke Überwiegen des Gehölzpollens über den Pollen der krautartigen Gewächse, wie es

überall in unserem Untersuchungsmaterial gefunden wurde, ist ein Zeichen für dichten Baumwuchs. Das gilt auch trotz der oft großen Pollenarmut der Kohlen und Sedimente, die ja auch heute in Flachmoortorfen und Lehmen festgestellt wird. Auf Grasland deuten nur wenige Funde hin, und für eigentliche, baumfreie Steppenvegetation, die von älteren Forschern gelegentlich vermutet worden ist, ergeben sich keine Anhaltspunkte.

Doch ist dieses Waldland nicht ganz das heutige. Es ist charakterisiert durch das Vortreten von Coniferenwäldern, namentlich von Wäldern der Fichte und der Föhre. Viel Laubgehölz, vielleicht in der Landschaft dominierend, wohl in einer Ausbildung, die unseren Querceto-Carpineten ähnlich sah, ergeben nur die Fundstellen von St. Jakob, Genf, Flurlingen und Güntenstall. Die drei erstgenannten repräsentieren exzentrisch gelegene Tieflagen. Wie wir gesehen haben (S. 133), herrscht heute in der weiteren Umgebung der meisten unserer pleistozänen Fundstellen Fagion-Wald; gerade dieser aber fehlt in den Interglazialzeiten. Die Querceto-Carpineten dagegen sind heute im Mittelland auf die tiefstgelegenen Gebiete beschränkt. Natürliche *Picea*-Wälder finden sich erst in höheren Lagen, von etwa 1000 m an aufwärts, und natürliche *Pinus*-Wälder sind im nord-schweizerischen Alpenvorland nur sporadisch und in kleinster Ausdehnung vorhanden. Eine Verbindung von *Picea*-*Pinus*-*Abies*-*Quercus*-*Tilia*-*Ulmus*-*Carpinus* zu mehr oder weniger gemischten Wäldern mit Vorwiegen von *Picea* (und *Pinus*), wie in den klimatisch optimalen Zeiten unserer interglazialen Lagerstätten, gibt es heute bei uns nicht. Wir finden sie aber im Grenzgebiet zwischen Mittel- und Osteuropa, zum Beispiel im südwestlichen Polen, begrenzt durch die Arealgrenze von *Abies alba*, die nicht weit nach Osten reicht.

#### **Vegetationswechsel innerhalb der von unseren pleistozänen Pollendiagrammen erfassten Zeitabschnitte**

Jede Interglazialperiode beginnt am Ende einer Vergletscherung, umfaßt einen Zeitabschnitt mit weitgehendem oder völligem Gletscherschwund und endigt mit dem Eintreten einer neuen Vergletscherung. Sie entspricht einer ausgesprochenen Klima-

schwankung, die von eiszeitlichem Klima zu einem Klimaoptimum und von da wieder zu eiszeitlichem Klima führt, wobei innerhalb dieses großen Zyklus kleinere Schwankungen auftreten können. Die Vegetationsgeschichte der Postglazialzeit lehrt uns, daß die Vegetation auf Klimaveränderungen scharf reagiert. Es ist also zu erwarten, daß auch unsere pleistozänen Pollendiagramme solche Vegetationsveränderungen zeigen werden. Dies ist in der Tat der Fall.

Die in unserem Diagramm festgestellten Waldzeiten lassen sich von der anspruchslosesten bis zur anspruchsvollsten Vegetation etwa in folgende Reihe bringen: Betulazeit → Betula-Pinuszeit → Pinuszeit → Pinus-Piceazeit → Piceazeit → Picea-Abieszeit → Picea-Abies- oder Abieszeit mit viel Laubholz. Die einzelnen Diagramme zeigen folgende Verhältnisse:

Mit ungünstiger Vegetationszeit (Betulazeit oder Pinus-Betulazeit) beginnen: Pont-La-Ville, Wasserfluh. Mit Pinuszeit beginnt: Gondiswil 2.

Mit ungünstiger Vegetationszeit endigen: Mörschwil, Weiherbach.

Ungünstige Vegetationszeit im mittleren Teil des Diagrammes eingeschaltet und stark ausgeprägt: Gondiswil; schwach ausgeprägt: Uznach, Wettingen.

Günstigere Vegetationszeit in den mittleren Teilen des Diagrammes: Pont-La-Ville; Mitte und gegen oben: Gundelsey; wenig deutlich: Winden.

Günstigste Vegetationszeit im oberen Teil des Diagrammes: Cartigny, Montfleury, Wasserfluh.

Günstigste Vegetationszeit im untern Teil des Diagrammes: Grandson, Mörschwil und wenig ausgeprägt in Uznach.

Günstigste Vegetationszeit im untern und wieder, aber weniger deutlich, im oberen Teil des Diagrammes: Gondiswil, Wettingen.

Unregelmäßige Schwankungen: Safenwil.

Wenn wir diese Zusammenstellung überblicken, so ergibt sich, daß kein einziges Diagramm klar und deutlich ein ganzes Interglazial in sich einschließt, sondern jedes nur einen mehr oder weniger ausgedehnten Ausschnitt repräsentiert. Einige Diagramme beginnen oder endigen mit der geringwertigsten Vegetationsform, andere zeigen zuerst ein Zunehmen und später wieder ein Abnehmen der Vegetationsqualität, noch andere, abgesehen von kleinen Schwankungen, nur ein Zunehmen oder Abnehmen. Das vorhandene Vegetationsoptimum erreicht in keinem Diagramm die deutliche Laubholzherrschaft. Abiesdominanz, eventuell in Verbindung mit viel *Alnus*, repräsentiert das Optimum. Wahrscheinlich bedeutet aber doch das Diagramm von

Montfleury in seinen oberen Teilen, trotz der Picea-Dominanz, einen vorherrschenden Laubmischwald. Der Piceapollen kam vermutlich zum größeren Teil von dem entfernten Berglande her, wie dies in postglazialen Diagrammen aus der Gegend sichtbar wird. Abies-Picea-Dominanz mit reichlichem thermophilem Laubgehölz ergaben die Spektren von Flurlingen. Laubwalddominanz wäre auch in St. Jakob zu erwarten, wenn wir statt eines einzelnen Spektrums ein Diagramm hätten. Von besonderem Interesse ist die Tatsache, daß mehrere Diagramme eine deutliche Vegetationsverschlechterung in den mittleren Teilen zeigen, die in Gondiswil bis zur Betuladominanz führt. Ungünstige Zeiten offenbaren die Spektren von Mutten und von Bougy, in geringerem Umfange wohl auch das von Niederweningen.

Man wird sich fragen, ob nicht trotz den Ergebnissen unserer Untersuchung in unseren Mittelland-Interglazialzeiten richtige Laubwaldperioden vorhanden gewesen seien, die aber von den untersuchten Profilen nicht erfaßt wurden, vielleicht weil sie in Zeiten ohne Torfbildung und ohne wesentliche Sedimentation fielen. Es ist gewiß auffallend, daß keines unserer Diagramme eine ganze Interglazialzeit enthält. Aber auch in der Postglazialzeit geben in unserem Gebiet viele Diagramme nur einen Ausschnitt aus der Vegetationsentwicklung der ganzen Zeitperiode. Insbesondere haben viele Moorbildungen erst verspätet eingesetzt, teilweise weil ihnen lange dauernde Verlandungsvorgänge vorausgingen, teilweise weil sie erst unter für die Moorbildung besonders günstigen Klimaverhältnissen vor sich gehen konnten (z. B. atlantische und subatlantische Zeitperioden). Andererseits hörten viele Moorbildungen bereits frühzeitig mit ihrem Wachstum auf, weil die Verlandungsvorgänge abgeschlossen waren und das Klima der Hochmoorbildung nicht sehr günstig war. All das wird sich auch in den Interglazialzeiten ereignet haben.

Und wenn wir ferner noch berücksichtigen, daß mit dem Einbruch der neuen Eiszeit auch vielerorts Abtragungsvorgänge verbunden waren, welche die Moorbildungen ganz oder doch in den oberen Schichten zerstören konnten, so ergeben sich augenscheinlich genügend Erklärungsmöglichkeiten für die Unvollständigkeit der interglazialen Moorprofile.

Es ist auch nicht anzunehmen, in den Optimalphasen der In-

terglazialzeiten sei unser Klima so trocken gewesen, daß alle Sümpfe austrockneten, die Torfbildung gänzlich aussetzte und auch mineralische Einschwemmungen nicht mehr in nennenswertem Umfange erfolgten. Die Schieferkohlen sind zur Hauptsache in Flachmooren entstanden, die sich in undurchlässigen Geländemulden oder an Flußaltwässern bildeten. An solchen Lokalitäten sammelte sich bei einigermaßen humidem Klimacharakter immer Wasser an, so daß bei der Verlandung Gyttja und Torf entstehen konnte. Für eine so weitgehende Trockenheit, daß in dem durch seine Lage relativ feuchten Alpenvorland die Wasseransammlungen ausgetrocknet wären, haben wir aus den Interglazialzeiten keinen Anhaltspunkt (vgl. S. 167). Und sollten auch in einzelnen unserer Interglazialprofile durch Trockenheit Schichten ausgefallen sein, so ist doch unwahrscheinlich, daß wir bei der großen Zahl von untersuchten Profilen und Einzelproben nicht auch Schichten aus den Zeiten der Klimaoptima gefunden hätten.

Unsere Profile können ohne Schwierigkeiten zu ganzen Interglazialzeiten zusammengefügt werden. Wir haben unbestreitbare Anfangsstadien der Waldentwicklung; wir haben wiederholt ein schönes Ansteigen von anspruchsloser Waldvegetation zu anspruchsvollerer und wiederum einen Abfall nach oben hin zu anspruchsloserer; wir haben auch in einzelnen Profilen oben die Endstadien, die mit den Anfangsstadien übereinstimmen. So kommen wir zum Schluß, daß im schweizerischen Mittelland in den Interglazialzeiten auch in den Perioden mit optimalen Umweltverhältnissen vielleicht mit Ausnahme der äußersten Grenzgebiete am Rhein und bei Genf stets der Coniferenwald herrschte mit mehr oder weniger starker Beimischung von Laubedelhölzern.

#### **Klimaverhältnisse der Interglazialzeiten, nach unseren Pflanzenfunden beurteilt**

Ganz allgemein betrachtet, wird einer Vegetation, die von *Picea*, *Abies* und *Pinus silvestris* dominiert wird, ein gemäßigt kühles Klima entsprechen. Es muß dem heutigen ähnlich gewesen sein, doch merklich rauher, vielleicht warme Sommer, aber kühle Winter. Da wir gefunden haben, die interglaziale Waldbaumvergesellschaftung entspreche am ehesten der heute in Südwestpolen herrschenden, so werden wir mit den heute dort herrschenden

klimatischen Verhältnissen vergleichen können. Diese sind von denen unseres Mittellandes merklich verschieden durch größere Trockenheit, warme Sommer und kältere Winter, also durch stärkere Kontinentalität. Das ergibt sich z. B. aus dem Vergleich von Krakau (220 m ü. M.) nach Jul. H a n n , 1911 und Zürich (400 m):

	mittl. jährl. Niederschläge mm	mittl Jahres- temperatur	mittlere Temperatur	
			Juli	Januar
Krakau	640	7,9	18,8	—3,3
Zürich	1070	8,5	18,4	—1,4

H. G a m s gelangt für die von ihm bearbeitete interglaziale Fundstelle von Wildhaus nach eingehender Vegetationsvergleichung zum Schluß, das Sommerklima sei zur Zeit ihrer Bildung etwas kühler gewesen als gegenwärtig.

Innerhalb des durch die gemeinsame Dominanz von *Picea* und *Pinus* gegebenen Rahmens zeigen manche der Diagramme charakteristische Veränderungen, die wahrscheinlich auf Klimaschwankungen zurückgeführt werden müssen. Starkes Vortreten von *Corylus* und anderem Laubholz wird einem besonders milden Klima entsprechen, in St. Jakob, wo zugleich die Föhre reichlich auftritt, einem trocken-warmen Sommer. Das stärkere Vortreten von *Abies* und *Alnus* wird etwas feuchtere Perioden kennzeichnen. Es ist wohl kein Zufall, daß unser einziger Fund des ein mildes Klima verlangenden *Cladium mariscus*, zusammen mit *Phragmites* und *Schoenoplectus lacustris* in einem Zeitabschnitt gemacht wurde, als im Waldbild *Abies* und *Alnus* dominierten (Basis des Schieferkohlenlagers von Grandson, S. 34). Auch die Häufigkeit der Sporen von *Osmunda regalis* in einzelnen Horizonten der Profile von Grandson, Uznach, Winden, Wettingen spricht für einen eher feuchten Klimacharakter.

Aber eigentliche ozeanische Zeiten die von B r o c k m a n n gefordert werden, lassen sich aus den Pollendiagrammen nicht begründen. Auch die Reste von Feuchtigkeit liebenden Gehölzen, wie sie in Flurlingen und in Güntenstall gefunden wurden, sind für das regionale Klima nicht beweiskräftig, da sie sich auf lokale Verhältnisse (feuchte, wasserzügige Hänge) beziehen können, was für Flurlingen durch die Tuffbildung gesichert ist.

Bei diesen Klimaverhältnissen konnten alle in unsern Inter-glazialen gefundenen Pflanzenarten ihr Gedeihen finden. Boden-

und luftfeuchte Lokalitäten, an denen *Acer pseudoplatanus*, *Fraxinus excelsior*, *Taxus baccata*, *Ilex aquifolius*, *Osmunda regalis* gedeihen können, sind auch bei einem gemäßigt feucht-kühlen Klima zu erwarten, ebenso gegen Kälteextreme etwas geschützte Örtlichkeiten, die insbesondere südliche Arten, wie *Buxus sempervirens*, *Castanea sativa*, *Juglans regia*, *Ostrya carpinifolia* beanspruchen. *Buxus* erträgt z. B. in Südfrankreich an geeigneten Lokalitäten die sommerliche Trockenheit, und seine Empfindlichkeit macht sich eher gegenüber anhaltender winterlicher Kälte geltend. Für Wasserpflanzen fällt im allgemeinen mehr die sommerliche Wärme in Betracht, die sich bei einem kontinentalen Klimacharakter leicht mit einem relativ kalten Winter kombiniert.

Von den optimalen Klimaverhältnissen aus zeigt sich die Klimaverschlechterung in erster Linie durch die Abnahme des Edellaubgehölzes und von *Abies*, oft auch *Alnus*, bei stärkerem Ausmaß auch durch den Rückgang von *Picea* und die Zunahme von *Pinus* und *Betula*. Abnahme der Wärme sowohl als auch der Feuchtigkeit können dabei beteiligt sein, und es ist beim gegenwärtigen Stand unserer Kenntnisse wohl besser, nicht den Versuch zu machen, die Klimaveränderungen bis ins Einzelne zu verfolgen. *Betula*-Dominanz mit mehr oder weniger *Pinus* (*mugo*?) kann als Eiszeitnähe gedeutet werden. Das Vorkommen der lichtliebenden *Larix decidua* im Mittelland und vielleicht auch von *Alnus viridis*, kann auf offene Bewaldung deuten, während ein recht verschiedener Klimacharakter möglich ist.

Ob unter den durch Schieferkohle und Holzfunde charakterisierten Ablagerungen auch eigentliche Eiszeitbildungen sind? Wir beurteilen dies in erster Linie nach der Verbindung dieser Lagerstätten mit typisch eiszeitlichen Bodenbildungen, Moränen oder extramoränen Frostböden. Eiszeitliche Frostböden sind mir bis jetzt aus dem schweizerischen Mittellande nicht bekannt geworden<sup>1</sup>. Holzeinlagerungen in Moränen oder Schottern haben in der Regel keine Beweiskraft, da sie umgelagert sein können und nicht alle Schotter eiszeitlich sind. Die Forschungen von J. I v e r s e n und R. v o n S a r n t h e i m haben den Vorgang der Umlagerung auch für Pollen festgestellt.

---

<sup>1</sup> Prof. E. S c h m i d fand nach gefl. mündl. Mitt. einen solchen in Rüm- lang bei Zürich.

Zum Vergleiche können wir die weitgehend gesicherten Verhältnisse in der Schlußperiode der letzten Eiszeit beiziehen. Es darf als gesichert betrachtet werden, daß damals nicht nur das unmittelbare Gletschervorland, sondern ganz Mitteleuropa waldfrei und größtenteils auch baumfrei war, trotzdem entgegengesetzte Ansichten bisweilen noch geäußert werden (z. B. P. Müller 1949, Slavícová 1950. Dies ergibt sich nicht nur aus den Pflanzenfunden, sondern auch aus den Bodenbildungsvorgängen (vgl. z. B. Laís 1951, Schönhal's 1951) und aus der Betrachtung der allgemeinklimatischen Gesetzmäßigkeiten (vgl. J. Büdel 1951). Nur Birken, Föhren (*Pinus mugo?*) und strauchige Weiden dürften sich an geschützten Örtlichkeiten erhalten haben. Auch eiszeitliche Torfe sind mir nicht bekannt. Die ältesten organischen Ablagerungen (Gyttjen) sind im Spätglazial (Allerödzeit) gefunden worden, als bereits eine Bewaldung mit Birken und Föhren vorhanden war.

Für die früheren Eiszeiten werden wir nach Analogieschluß die gleichen Vorgänge wie in der letzten Eiszeit erwarten, also Wald- resp. Baumfreiheit und keine Bildung von Torfen. Alle unsere Schieferkohlen und die von uns aufgeführten Pollenspektren müssen also interglazial oder doch interstadial entstanden sein. Immerhin bleibt die Möglichkeit, daß nicht jede Eiszeit den kalten Charakter der Würmeiszeit aufwies, und daß dementsprechend die Verdrängung der anspruchsvolleren Vegetation nicht immer mit gleicher Härte und Vollständigkeit erfolgte. Dies wird von einzelnen Forschern besonders für die Rißeiszeit vermutet, deren weitausholende Vereisung nicht sehr lange gedauert zu haben scheint. Fliche hat für Ostfrankreich eine rißeiszeitliche Waldflora beschrieben (vgl. S. 187). Aber über solche Einzelheiten wissen wir noch sehr wenig Sicheres.

Besondere Verhältnisse ergeben sich jeweilen beim Vorstoßen oder Zurückweichen des Eises. Beim Vorstoß ist anzunehmen, daß Wälder an geschützten Stellen noch lange bestehen blieben, vielleicht das Eis direkt in den Wald vorstieß, wie wir es anfangs der Zwanzigerjahre beim oberen Grindelwaldgletscher beobachten konnten. Vielleicht deuten die Pollenspektren der Alluvion ancienne von Genf solche Verhältnisse an.

Der Rückzug des Eises am Schlusse einer Eiszeit dagegen

wurde durch eine schon zum voraus einsetzende Klimaverbesserung bewirkt, und es ist anzunehmen, daß die Einwanderung der geflüchteten Vegetation in den gletscherfernen Gebieten parallel zur Verbesserung der Lebensverhältnisse erfolgte. Die Schnelligkeit ihres Vorrückens ist nicht nur durch die weitgehende Klimaverbesserung resp. durch das Wegschmelzen der Eisdecke bedingt, sondern auch durch die Wanderungsgeschwindigkeit der Arten. Hier sind die vielleicht im Vorland bereits zerstreut lebenden, schnell wachsenden und früh fruchtenden, mit flugfähigen Samen ausgerüsteten, an den Boden wenig Ansprüche stellenden (damals war aller frei werdende Boden Rohboden) Birken und Föhren vor den meisten anderen Baumarten sehr im Vorteil, was mithilft zu erklären, daß sie die ersten Waldbildner waren. In dem vom Gletscher bedeckten Gebiete war der Rückzug des Eises ungleichmäßig; große Toteismassen blieben liegen, und so konnten die Bäume in ihrer Wanderung längs der Hänge unter Umständen die letzten Eismassen überholen.

### Die Tierwelt der Interglazialzeiten

Im Zusammenhang mit den Vegetationsuntersuchungen ist es notwendig, auch auf die Tierwelt des Pleistozäns einen Blick zu werfen. Sie kann Aufschlüsse über die Klimaverhältnisse geben; insbesondere ist sie aber immer wieder zur zeitlichen Gliederung dieses Zeitalters beigezogen worden.

Schon Oswald Heer schildert uns in seiner *Urwelt der Schweiz* (1868) die Tierwelt des Diluviums. Eine neue und sehr eingehende Darstellung geben uns Karl Hescheler und Emil Kuhn (1949). Die Tierreste umfassen im wesentlichen Molluskenschalen und Reste von Säugern und Vögeln, vereinzelt auch von niederen Wirbeltieren.

*Molluskenschalen.* Leider enthalten frühere Bestimmungen viele Fehler, und oft ist die Lage der Funde nicht genau festgelegt worden. Mitteilungen über interglaziale Molluskenreste in unserem Untersuchungsgebiet verdanken wir O. Heer und später A. Gutzwiller für das Rheingebiet, J. Piaget (in Jeanne, 1923) für Uznach, G. Bollinger (in Baumberger, 1923)

für Dürnten, L. F o r c a r t (in Erni, Forcart und Härri, 1943) für die Hochterrasse von Zell, J. F a v r e für Grandson und das Gebiet von Genf (schriftliche Mitteilung) u. a. Lothar F o r c a r t (loc. cit.) hat auch ältere Funde von St. Jakob und Flurlingen kritisch durchgearbeitet. Er kommt zum Schlusse, daß die in St. Jakob, Flurlingen und Zell in interglazialen Ablagerungen aufgefundenen Mollusken sich heute beinahe alle noch an den gleichen Lokalitäten finden, aber zugleich auch hoch in die Berge steigen. Einzelne Arten sind heute von südöstlicher oder östlicher Verbreitung, andere mehr alpin-nordisch (vgl. S. 50, S. 109). Das Klima, in dem sie lebten, kann von dem heutigen nicht sehr verschieden gewesen sein. F o r c a r t findet für die Mollusken der Hochterrasse von Zell, sie seien, nach heutiger Molluskenverbreitung beurteilt, charakteristisch für einen aus Laub- und Nadelbäumen gemischten Wald, und der entsprechende Klimacharakter sei gemäßigt gewesen, vielleicht sogar etwas wärmer als heute. Jules F a v r e kommt ebenfalls zum Schluß, daß die Molluskenfauna in den wesentlichen Zügen derjenigen der Gegenwart entspreche. Alle in Grandson gefundenen Mollusken kommen heute noch in der Schweiz vor, und bei Genf fand er eine einzige, der Schweiz fehlende Art, *Perforatella bidens*, die heute von östlicher Verbreitung ist, aber bis an den Lech und an den Main gelangt, mit einem Vorposten in den Vogesen.

Es ist wohl nicht ohne Bedeutung, daß die Mehrzahl der heute fehlenden oder seltenen Mollusken der Interglazialzeiten heute eine mehr östliche oder südöstliche Verbreitung aufweisen. Dies unterstützt die aus der Flora gewonnenen Argumente für einen gegenüber heute etwas kontinentaleren Klimacharakter der Interglazialzeiten.

Ein besonderes Interesse haben die Erforscher der Fauna den *Lößablagerungen* gewidmet, diesen äolischen Ablagerungen des Diluviums, die vorwiegend aus Körnern von etwa 1/100 mm Durchmesser bestehen. Während sie in den extraglazialen Gebieten große Flächen bedecken und oft mächtige Lager bilden, sind sie in den intraglazialen Gebieten wenig verbreitet. Innerhalb der Schweiz finden wir größere Lößbildungen in der Umgebung von Basel und rheinaufwärts bis Schaffhausen, aareaufwärts bis Aarau, also in einem Gebiet, das in der letzten Eiszeit außerhalb

der Vergletscherung lag, sowie im Rheintal oberhalb des Bodensees bis Chur und im inneren Wallis. Über das Alter des Lösses ist viel gestritten worden. Ältere Forscher nahmen gewöhnlich eine interglaziale Entstehung an in einer supponierten Steppenperiode, so noch A. Heim 1919, während jetzt die Entstehung als gletscherzeitlich betrachtet wird (so Klebelsberg 1949, Hescheler und Kuhn 1949, Woldstedt 1950, Lais 1951, Poser 1951, Schönhals 1951, Büdel 1951). Dabei wird im nördlichen Vorland der Alpen ein älterer, rißeiszeitlicher und ein jüngerer, würmeiszeitlicher Löß unterschieden, die wieder weitere Gliederung erfahren, vor allem nach eingelagerten Verlehmungszonen, die einer interglazialen Bodenbildung entsprechen. Robert Lais und ebenso Ernst Schönhals finden im jüngeren Löß im Rhein-Maingebiet, in Böhmen und Mähren 3 Zeiten der Lößbildung: Würm I, Würm II und Würm III, die durch Zeiten getrennt sind, in denen der Löß verlehmt oder sich sogar Schwarzerde bildete. Auch rißeiszeitlich scheinen verschiedene Ablagerungsphasen des Lösses vorhanden zu sein (Riß I, Riß II?). Am jüngsten ist der Löß im oberen Rheintal und im Wallis, der auf würmeiszeitlichen Schottern und Moränen liegt und erst am Ende der Eiszeit entstanden sein kann.

Im Löß fehlen pflanzliche Fossilien, jedoch findet sich eine charakteristische Schneckenfauna. Nach L. Forcart (bei Hescheler und Kuhn, 1949, S. 180) wurden im schweizerischen Löß 30 Arten festgestellt, die heute alle noch in der Schweiz vorkommen und sich mit einer Ausnahme noch in den Lößgebieten finden. 24 von den 30 Arten steigen heute im Gebirge bis zu 2000 m oder höher, also bis zur Waldgrenze und darüber hinaus. Zwei Lößarten entsprechen heutigen Gebirgsrassen. Die jetzt in den Lößgebieten fehlende Art, *Vertigo parcedentata*, wurde nur im Unterengadin in Meereshöhe von 1700 — 2100 m gefunden. Unser Löß lieferte auch Reste von Säugern, nach einer Aufzählung von Albert Heim (1919) eine Mischung von Arten der gemäßigten Zone und des arktischen Klimas: Edelhirsch, Pferd, Höhlenbär, ... Mammut, wollhaariges Nashorn, Rentier. Manche Forscher bezeichnen die Lößfauna als arktisch-alpin, z. B. Klebelsberg (1949, S. 712), der noch weitere nordische Säugerfunde aus dem Löß des Ostalpenrandes angibt.

Nachdem wir wissen, daß unser Mittelland, einschließlich des Rheingebietes bei Basel, in den Interglazialzeiten ein richtiges Waldland war ohne Zeichen von Steppenbildung, erscheint es auch vom botanischen Standpunkt als unmöglich, daß der Löß in dieses Waldland hinein abgesetzt werden konnte. Er kann nicht interglazial im engeren Sinne des Wortes sein. Andererseits entstehen angesichts der Fauna doch Zweifel, ob der gesamte Löß hochglazialer Entstehung sei. Für Teile der Löß-Schichtenkomplexe in denen Arten vorkommen, die heute nicht hoch ins Gebirge oder weit nach Norden vorrücken, liegt die Annahme nahe, sie seien zu Beginn oder wahrscheinlicher gegen das Ende oder am Ende einer Eiszeit abgelagert worden als der Gletscher zurückging, riesige Schottermassen sich häuften und große Grundmoränenflächen frei wurden, aber der Baumwuchs noch fehlte oder doch erst in den Anfängen vorhanden war. Dies ist besonders für alpennahe Löße zu erwarten; aber auch für alpenferne Löße gelangen heute Forscher zu ähnlichen Folgerungen, so besonders P o s e r (1951) beim Studium der nördlichen Lößgrenzen in Mitteleuropa. Er kommt zum Schluß, die Lößbildung habe durch das ganze Spätglazial bis zur Wiederbewaldung fortgedauert (loc. cit. S. 75). Da in diesen Zeiten das Klima schon seine eiszeitliche Härte verloren hatte, so würde sich auch die eigentümliche Mischfauna von glazialen und interglazialen Arten erklären. Erst recht wird natürlich eine Faunenmischung da zu erwarten sein, wo Verlehmungszonen in den Löß eingeschaltet sind, da diese einem gemäßigten Klima entsprechen. Die tierischen Lößfossilien sollten jeweils für die einzelnen Schichten eines Lößlagers so genau als möglich festgelegt werden.

Die *Überreste der Wirbeltiere* aus den interglazialen Perioden, insbesondere der Säuger, fanden sich teilweise an den gleichen Lagerstätten, die auch Pflanzenreste ergeben, wenige verstreut in den Schottern, viele in Höhlen. Wir bringen nachstehend eine Zusammenstellung der an unseren Pflanzenfundstätten oder doch im Zusammenhang mit ihnen gefundenen Säugerreste, nach O. H e e r (1879), A. L a n g (1892), L. W e h r l i (1894), A. H e i m (1919), Th. S t u d e r (1923), A. J e a n n e t (1923), K. H e s c h e l e r und E. K u h n (1949):

Elephas antiquus (D; U unsicher)	Bison priscus (G oben, N)
Elephas primigenius (G oben, N, A, Di)	Sus scrofa (G, U)
Rhinoceros mercki (D, U, G oben, F)	Ursus spelaeus (U)
Rhinoceros tichorhinus (Di)	Canis lupus (N)
Equus caballus (G oben, W, Di)	Canis sp. (G)
Cervus elaphus (D, F, G, M, U, W)	Lutra lutra (G)
Capreolus capreae (G oben)	Castor fiber (G)
Megaceros giganteus (G oben)	Arctomys marmotta (G)
Rangifer tarandus (G oben)	Arvicola amphibius (G, N)
Alces alces (D, G, U)	Sciurus vulgaris (U)
Bos primigenius (D; F, U unsicher)	

Die vorgesetzten Buchstaben bedeuten die Fundstätten: A = Alluvion ancienne, Genf; D = Dürnten; Di = Distelberg; F = Flurlingen; G = Gondiswil; M = Mörschwil; N = Niederweningen; U = Uznach u. Umg.; W = Wettingen.

Ein bedeutender Teil dieser Arten scheint durch das ganze Diluvium hindurch gelebt zu haben (vgl. H e s c h e l e r und K u h n 1949, S. 175), durch Eiszeiten und Zwischeneiszeiten. Sogenannte eiszeitliche Arten wie das Mammut und das Ren wurden auch in interglazialen oder vermutet interglazialen Ablagerungen gefunden. Allerdings sind die Lagerungsverhältnisse nicht immer sicher erklärt, Verschleppungen und Verschwemmungen von Knochen sind möglich, und dann können auch klimatische Zwischenlagen auftreten, wie wir sie vorhin für die Lößbildung angenommen haben. Als typische Interglazialarten, die vor der letzten Eiszeit ausstarben, gelten *Rhinoceros Merckii*, *Elephas antiquus* und das nur in der Hochterrasse von Holzikon (Suhrtal) gefundene Flußpferd (*Hippopotamus amphibius*), als charakteristisch für die letzte Eiszeit das wollhaarige Nashorn (*Rhinoceros tichorhinus*), der Moschusochse (*Ovibus moschatus*), der Lemming (*Dicrostonyx torquatus*), der Vielfraß (*Gulo borealis*), der Eisfuchs (*Vulpes lagopus*), der Schneehase (*Lepus variabilis*) sowie das Häufigwerden von Mammut und Ren.

In den letzten 30 Jahren hat die Höhlenforschung im Jura und in den Alpen eine ganz ungeahnte Menge von Tierresten zutage gebracht, die ins Moustérien eingesetzt werden, einen Zeitabschnitt, der im Riß-Würm-Interglazial einsetzt und in die letzte Eiszeit hineinreicht. Wir verweisen dafür auf die Arbeiten von A. Dubois und H. G. Stehlin (1932/33), E. Bächler (1940), K. Hescheler, E. Gerber, F. Koby, D. Andrist und W. Flückiger und anderer. Eine zusammenfassende Bearbeitung findet sich bei Hescheler und Kuhn

(1949). Wenngleich in den meisten Höhlen die Reste des Höhlenbären weit überwiegen (wiederholt ca. 95% der festgestellten Individuen), so ist doch die Zahl der nachgewiesenen Säuger auf rund 65, die der Vögel auf etwa 25 angewachsen, zu denen noch einige niedere Wirbeltiere hinzukommen. Eine Anzahl von ihnen, so die Elefanten, Nashörner, Riesenhirsche, Höhlenbären,-löwen,-panter, -hyänen sind heute ausgestorben.

Wesentlich ist nun, daß in den Höhlen sich noch weit mehr als in den übrigen Ablagerungen Tiertypen, die wir in bezug auf ihre Klima- und Umweltansprüche ganz verschieden werten, miteinander gefunden werden. Die Forscher heben immer wieder den Mischcharakter der Faunen hervor, so zum Beispiel *Stehlin* für die von ihm untersuchten Moustérien-Höhlen. Es muß angenommen werden, daß die für eiszeitliche Verhältnisse als charakteristisch betrachteten Tiere so ziemlich alle auch in den Interglazialzeiten lebten, allerdings vielleicht zur Hauptsache in den Grenzperioden gegen die Eiszeiten hin.

Die Beweiskraft der höheren Wirbeltiere für die Feststellung des Alters einer pleistozänen Ablagerung und für die Ableitung der klimatischen Verhältnisse ist also heute klein. Säuger und Vögel sind vom Klima verhältnismäßig unabhängig. *Hescheler* und *Kuhn* (1949) meinen, den Kleinsäufern (bes. Nagern) komme zur Klimadiagnose eine größere Bedeutung zu als den übrigen. Immerhin zeigt das Magdalénien, daß die arktische Tundra doch auf die Waldtiere ausschließend wirkt und die nördlichen Arten und Steppentiere begünstigt. Nach *Stehlin* hat sich im Magdalénien, das die Zeit zwischen Würm II und Würm III und vielleicht auf beiden Seiten etwas darüber hinaus umfaßt, die arktische Fauna in der Schweiz sehr ausgebreitet und ist eine neue, russisch-sibirische Steppenfauna eingewandert mit der Saiga Antilope und charakteristischen Nagern, während die alte Diluvialfauna sehr verarmte. Dies wird als Zeichen eines schärfer kontinentalen Klimas gewertet.

#### **Die Einordnung der interglazialen Fundstellen in die geologische Chronologie**

Für *Oswald Heer* und *Arnold Escher* war die Einordnung der interglazialen Fundstellen in das System der Diluvialzeit einfach; denn sie kannten nur zwei Eiszeiten und ein Interglazial.

Mit der Aufteilung des Pleistozäns der Alpen in 4 Haupteiszeiten (Günz, Mindel, Riß, Würm) mit 3 Interglazialen durch A. P e n c k und E. B r ü c k n e r (1909) wurde auch die Einordnung der Fundstellen schwierig. Die Gliederung von P e n c k und B r ü c k n e r ist klassisch geblieben und findet ihre Parallele in 4 Eiszeiten der nordischen Vergletscherung (Elster, Saale, Warthe, Weichsel). W o l d s t e d t (1950) unterscheidet für Norddeutschland nur 3 Eiszeiten (Elster, Saale, Weichsel), die er den alpinen Eiszeiten Mindel, Riß, Würm gleichsetzt. Die Günzeiszeit läßt sich in Norddeutschland nicht nachweisen. Sie ist vielleicht in der Ostsee stecken geblieben. Und der Wartheeiszeit kommt nach ihm und anderen neueren Forschern, nur die Bedeutung einer großen Stadialschwankung der Saaleeiszeit zu. Jedenfalls lag zwischen den beiden kein richtiges Interglazial, sondern nur ein großes Interstadial.

Die vertiefte Forschung führte manche Geologen zu weiterer Aufteilung des Pleistozäns, sei es durch die Aufstellung noch älterer Eiszeiten als Günz, sei es durch Aufspaltung der von P e n c k und B r ü c k n e r aufgestellten Vierzahl. Wir geben im Nachstehenden einige Hinweise zu diesen neuen Auffassungen, soweit sie für unsere Problemstellung von Bedeutung sind. F. M ü h l b e r g , ausgehend von den Verhältnissen an der unteren Aare, teilte die Rißeiszeit in zwei Eiszeiten, von denen der zweiten die größte Ausdehnung der Alpengletscher zugeschrieben wurde (Ed. G e r b e r nimmt die größte Ausdehnung für Riß I in Anspruch, vgl. Gondiswil, S. 49). Damit erhöhte sich die Zahl der Interglazialzeiten auf 4. Später gelangte P. B e c k auf Grund seiner Untersuchungen im oberen Aaregebiet und am Thunersee zu einer anderen Gliederung (vgl. P. B e c k , 1933): er weist die beiden Deckenschottereiszeiten (Günz und Mindel) ins Pleistozän und fügt vor die Rißeiszeit zwei neue Eiszeiten ein, die Kander- und die Glütscheiszeit. Insgesamt erhält er also 6 große Eiszeiten, von denen 4 ins Pleistozän fallen und 5 Interglazialzeiten. Die Bildung der Schieferkohlen setzt er zwischen Glütsch- und Rißeiszeit ein.

H. G a m s nahm 1935 die Einteilung B e c k s auf und baute sie aus, mit besonderer Berücksichtigung der interglazialen Fundstätten. Er kommt zu folgender Gliederung:

1. Kanderzeit = Mindel I = Elster I = Jaroslavian = Icenian  
a) *Cromerien* — Interglazial
2. Glütscheiszeit = Mindel II = Elster II = Cracovien = Saxonian  
b) *Dürntenien* — Interglazial = Masovien I
3. Rißeiszeit = Saale = Varsovien I = Polonian (mit Warthe-Vorstöß)  
c) *Eemien* — Interglazial = Masovien II (durch eine kältere  
Periode zweigeteilt)
4. Würmeiszeit = Weichseiszeit = Varsovien II = Vistulian.

Später (1938) kommt P. Beck auf seine Gliederung zurück. Er hat sich überzeugt, daß den Kander- und Glütscheiszeiten nur lokale Bedeutung zukommt, und gelangt im wesentlichen zum System Mühlbergs mit Riß I, Riß II und Würm, wobei seine Kander- und Glütscheiszeiten als kleinere Eisvorstöße in das Interglazial Riß II - Würm zu liegen kommen, die erstere bei noch sehr bedeutenden Eisdicken im Alpeninneren. Es erscheint aber noch keineswegs gesichert, daß der Trennung der Rißzeit in 2 selbständige Eiszeiten eine allgemeine Bedeutung zukommt. Vielleicht handelt es sich nur um 2 Eisvorstöße, die durch ein großes Interstadial getrennt sind. Unter dieser Betrachtungsweise könnte man vielleicht die Warthe-Eiszeit des Nordens mit Riß II parallelisieren.

A. Jayet dagegen (1946—47), hat in seiner Auffassung der Eiszeiten auf Heer und Escher zurückgegriffen. Da im Gebiet von Genf sich keine Spuren der Deckenschottereiszeiten finden, so kommt er zum Schluß, sie seien überhaupt nicht vorhanden gewesen. Er nimmt nur eine Riß- und eine Würmeiszeit an, wobei die letztere den Zustand der größten Vergletscherung repräsentiere. Die Deckenschotter der nördlichen Schweiz und des östlich anschließenden Alpenvorlandes sollen erst in der Würmeiszeit zur Ablagerung gekommen sein.

Zu einer wesentlich anderen Gliederung des Pleistozän in unserem Gebiet gelangt neuestens Rudolf Staub (1952) in einer tieferschürfenden Studie über die Entstehung der Geländemorphologie des Malojapaß-Gebietes. Er unterscheidet drei Haupteiszeiten: 1. Prädona-Dona, 2. Günz-Mindel, 3. Riß-Würm. Die beiden Eiszeiten Riß und Würm betrachtet er als besonders ausgeprägte Vorstöße einer einzigen Vergletscherung (loc. cit. S. 44), und die sie trennende Interglazialzeit, in die er die Bildung der Schieferkohlen verlegt, wäre durch ein relativ wenig weitgehendes Zurückweichen des Eises ins Alpeninnere gekennzeichnet.

Es herrscht also bei den Fachleuten noch keine Einigkeit über die Gliederung der Eiszeiten, und R. v. Klebelsberg nimmt in seinem neu erschienen Handbuch der Gletscherkunde (1949) die alte Einteilung von Penck und Brückner an, indem er meint, für eine weitergehende generelle Gliederung lägen nicht genug Anhaltspunkte vor.

Die letzte Eiszeit dagegen läßt sich weiter unterteilen, da ihre Ablagerungen in Form von Moränen und Schottern viel besser erhalten sind, als die der älteren Zeiten. Schon Penck und Brückner haben verschiedene Rückzugsstadien, verbunden mit Vorstößen unterschieden. Die weitere Forschung führte zu einer Dreigliederung dieser Eiszeit, wobei Würm I und Würm II die Zeit der Eishochstände repräsentieren, Würm III die Schlußvereisung umfaßt, mit mehreren kleineren Vorstößen der Gletscher, die sich aber bereits im Alpeninneren abwickeln. Nach der Auffassung ostalpiner Forscher, denen sich auch v. Klebelsberg angeschlossen hat, brachte Würm II die stärkste Vereisung dieser Eiszeit. J. Knauer, der diese Betrachtungsweise besonders förderte, hat 1938 nachzuweisen versucht, daß der Linthgletscher zur Zeit von Würm I nur bis Zürich reichte und die dortigen Endmoränen aufschüttete, die dann zur Zeit der maximalen Ausdehnung (Würm II) vom Gletscher überfahren wurden, als er bis Killwangen bei Baden vorstieß. Man kann aber diese Auffassung kaum als gesichert betrachten.

Zwischen Würm I und Würm II muß ein starker Rückzug des Eises erfolgt sein, der wahrscheinlich bis ins Alpeninnere ging, so daß im Vorland Bewaldung möglich wurde. Hier wird das Aurignacien eingesetzt, das also eigentlich schon mehr einem kleinen Interglazial entspricht als bloß einer stadialen Schwankung. Das darauf folgende Würm II brachte nochmals eine starke Vereisung, die nach H. Gams (1949) unter allen quartären Vereisungen am kühlfsten und kontinentalsten war. Unter den eigentlichen Rückzugsstadien wäre das von Penck und Brückner aufgestellte, wieder verlassene und doch allgemein wieder aufgenommene Bühlstadium besonders zu nennen, weil von einzelnen Forschern die Bildung der Schieferkohlen von Uznach in diesen Zeitabschnitt verlegt worden ist. Es entspricht der Zeit, da die Gletscher in den großen Alpentälern bis an den Alpenrand zu-

Tabelle 7. Einordnung der pflanzenführenden interglazialen Fundstätten in das geologische System durch verschiedene Autoren

Lokalitäten	2. Eiszeit: Mindel	Interglaz.: Mindel-Riß a) Cromerien	3. Eiszeit: Riß I	Interglaz.: Riß I/II b) Dürntenien	4. Eiszeit: Riß II	Interglaz.: Riß II/Würm c) Eemien	5. Eiszeit: Würm	Interstad.: Würm I/II Laufenschwankung	Interstad.: Würm II/III (inkl. Spätglazial)
Genf; Cartigny und Chancy						+		+	
Genf, Montfleury, Interglazial						+			
Genf, Alluvion ancienne						+		+	
Signal de Bougy							+	+	+
Grandson						+	+	+	
Pont de Ville						+		+	
Wasserfluh						+		+	
Gundelsey						+		+	
Mutten						+		+	
Gondiswil-Zell				+	+	+			
Küßnacht						+			
Uznach, Kohlenlager				+		+			
Uznach, Delta von Güntenstall		+		+		+			+
Uznach, alte Seekreide		+		+		+			
Wangen, unteres Kohlenlager		+		+		+			
Wangen, oberes Kohlenlager				+		+			
Winden				+		+			
Eschenbach				+		+			
Dürnten				+		+			
Wetzikon				+		+			
Mörschwil						+		+	
Wildhaus						+			
Winterthur						+			
Flurlingen						+			
Niederweningen							+	+	+
Sulzberg-Wettingen						+			
Weiherbach						+	+	+	
Safenwil				+		+	+		
Distelberg				+					+
St. Jakob/Basel						+	+		+

rückgewichen waren. Neuerdings wird das Bühlstadium in die Rückzugszeit zwischen Würm II und Würm III verlegt, wohin es wohl besser paßt als in die eigentliche Schlußvereisung (Würm III), die sich innerhalb der Alpen abwickelte.

Es kann nicht unsere Aufgabe sein, im Widerstreit der Meinungen über die Gliederung des Pleistozän ein Urteil abzugeben. Wir kommen wohl am besten aus, wenn wir die Möglichkeit von

3 Interglazialen und einer großen Schwankung in der Würmeiszeit annehmen. Ob nun diese Interglaziale sich als Günz/Mindel, Mindel/Riß und Riß/Würm oder als Mindel/Riß I, Riß I/Riß II und Riß II/Würm anordnen, ist vorerst weniger wichtig.

Es sei des weiteren auf die auffällige Tatsache hingewiesen, daß mehrere unserer größeren Diagramme in ihrem mittleren Teile eine mehr oder weniger ausgeprägte Klimaverschlechterung anzeigen (vgl. S. 163). Eine solche Klimaverschlechterung wird von G a m s nach J e s s e n und M i l t h e r s auch für das Eemien-Interglazial angegeben, aber von Woldstedt bestritten (vgl. S. 184). Vielleicht haben wir hier das Äquivalent einer starken Schwankung in der Rißeiszeit vor uns, die zur Aufstellung von Riß I und Riß II führte.

Wie können wir unsere Fundstellen interglazialer Pflanzen in die verschiedenen Interglaziale einordnen? Wir haben versucht, die diesbezüglichen Angaben der verschiedenen Forscher, soweit sie uns bekannt sind, zusammenzustellen (Tab. 7). Es ergab sich, wie nicht anders zu erwarten, für manche Ablagerung eine mehrdeutige Lösung, am ausgesprochensten für das Gebiet von Uznach.

Für das Günz-Mindel Interglazial liegen aus unserem Gebiete keine Fundstellen vor. In das Mindel-Riß Interglazial fallen nach den Angaben von J e a n n e t (1923) die ältesten diluvialen Ablagerungen der Gegend von Uznach (Delta von Güntenstall, alte Seekreide von Uznach, unterer kohlenführender Komplex von Wangen). Sie können aber nach meiner Auffassung auch jünger sein.

In das Riß I - Riß II Interglazial verlegt J e a n n e t die Bildung der Kohlen von Uznach, Zürcheroberland, Winden, ferner R y t z und G e r b e r z. T. die Bildung der Kohlenlager von Gondiswil-Zell (Vorstoßzeit von Riß II, einschließlich Riß II). G a m s (1935) schließt sich dieser Auffassung an und betrachtet dieses Interglazial (Dürntenien) ganz allgemein als Hauptbildungszeit der Schieferkohlen im schweizerischen Mittelland.

In das Riß-Würm-Interglazial sind sozusagen alle Fundstellen von den einen oder anderen Forschern eingesetzt worden.

In die Würmeiszeit verlegt J a y e t die Alluvion ancienne von Genf (Vorstoß, Bildung unter dem Eis), H e i m u. a. die Ablagerung von Bougy, B r ü c k n e r die von Grandson, H e i m und

andere die von Niederweningen, Müller Weiherbach und Safenwil, Gutzwiller die von St. Jakob. Wir betrachten diese Zuteilungen nach dem ganzen Charakter der Würmeiszeit als unmöglich, sofern man den Begriff der Eiszeit im eigentlichen Sinne faßt. Etwas anderes ist es, wenn man darin auch die Stadialzeit Würm I - Würm II einbegreift. Die große Schwankung (Laufenschwankung, Aurignacien), die, wie früher ausgeführt wurde, eher einem kurzen Interglazial entspricht, schafft Raum für die Bildung solcher Ablagerungen. Hier möchten wir Bougy, Niederweningen und Weiherbach einsetzen. Vielleicht gehören auch die Interglaziale von Cartigny, Chancy und Mutten hierher, ebenso Wasserfluh nach der ursprünglichen Annahme von P. Beck, die aber wahrscheinlicher doch als ungefähr gleichaltrig mit Gundelsey in das Riß-Würm-Interglazial zu stellen ist.

Die große Schwankung Würm I - Würm II könnte eine Erklärungsmöglichkeit für die *Holzfunde in den palaeolithischen Stationen von Schweizersbild und Kesslerloch bei Schaffhausen* bieten. Die palaeolithische Besiedelung wird dem Magdalénien zugerechnet und soll vor sich gegangen sein, als der würmeiszeitliche Gletscher in der Nähe stand, also nahe seiner maximalen Ausdehnung. Vorgefundene Kohlen- und Holzreste wurden zu bestimmen versucht. Früh (1902) stellte für Schweizersbild Nadelholz und Laubholz fest, Neuweiler (1907, 1910) für das Kesslerloch *Picea* (10 Stück), *Corylus* und cf. *Alnus* (je 1 Stück). Nach unserer Kenntnis der Flora des Spätglazials erscheint das Vorkommen von kälteresistentem Nadel- und Laubholz in dieser Zeit wenig wahrscheinlich aber doch nicht ausgeschlossen (*Pinus mugo*, *Alnus viridis*, *Salices*), kaum möglich aber das Vorkommen von *Picea* und *Corylus*. Erst die Zeit vor der Schlußvereisung (Alleröd) könnte wieder in Betracht fallen. In die Würm I - Würm II Zwischenzeit dagegen mit ihrer weitreichenden Klima-verbesserung und der wahrscheinlichen Bewaldung des Vorlandes, würden diese Holzfunde gut hineinpassen. Es ist Sache des Urgeschichtsforschers, zu prüfen, ob eine solche Einordnung zeitlich möglich ist. Gewöhnlich wird allerdings das ganze Würm I - Würm II Interstadial dem Aurignacien zugerechnet. Auffallend war die reichliche Verwendung von Tertiärkohlen (Molassekohlen) durch die Siedler im Kesslerloch (vgl. Neuweiler 1907),

deren Vorkommen in der Gegend doch recht spärlich ist. Das könnte auf Holzmangel hindeuten.

In das Interstadial Würm II - Würm III wurde von Brückner und Brockmann das Delta von Güntenstall eingesetzt, was sich nicht halten läßt. Auch Niederweningen ist dort nach den Pollenfunden unwahrscheinlich.

Überblickend müssen wir sagen, daß gegenwärtig eine sichere, zeitliche Einordnung der meisten pflanzenführenden interglazialzeitlichen Ablagerungen des schweizerischen Alpenvorlandes nicht gegeben werden kann.

Die Pflanzenfunde dieser Zeitperiode selber können nicht entscheiden. Die außerordentliche Gleichartigkeit der Vegetation, die durch die pollenanalytischen Befunde noch erhöht erscheint, gibt rein theoretisch die Möglichkeit, daß alle diese Lager in der gleichen Interglazialzeit entstanden sind. Dies allerdings unter der Voraussetzung, daß die verschiedenen Abschnitte einer solchen Zeitperiode beteiligt sind und daß klimatische Unterschiede zwischen den verschiedenen beteiligten Lokalitäten berücksichtigt werden, die dem Gebiet von Genf, Schaffhausen und Basel eine etwas gesonderte Stellung einräumen. Hingegen ermöglicht die Pollenanalyse eine klare Abgrenzung gegenüber dem Postglazial. Es ist mit Sicherheit zu sagen, daß keine der untersuchten Fundstellen in die Postglazialzeit hineingehört. Nur Mutten könnte nach den Pflanzenbefunden eine Ausnahme machen; doch wurde hier kein Diagramm aufgestellt, sondern nur ein kleines Handstück untersucht. Ebenso scheint sicher zu sein, daß keine der Fundstätten in das alte Pleistozän gehört; denn die Florenzusammensetzung ist im wesentlichen rezent.

Aber auch die stratigraphische Lage gibt keine sichere Einordnung der meisten Fundstellen in die Chronologie des Pleistozän, da ihr geologisches Alter nicht völlig geklärt ist. Insbesondere ist die Bedeutung der Riß II - Eiszeit immer noch umstritten. Unseres Erachtens besteht in den meisten Fällen keine Notwendigkeit, die Schieferkohlenbildung weiter zurück zu verlegen als in das Riß-Würm Interglazial. Vielleicht verteilte sie sich auf zwei, durch eine schwache Vereisung nicht scharf getrennte Interglazialperioden (Riß I/Riß II und Riß II/Würm oder Riß/Würm I und Würm I/Würm II).

### Vergleich unserer Ergebnisse mit der interglazialen Flora und Vegetation benachbarter Länder

Interglaziale Pflanzenfunde wurden im Bereiche der pleistozänen Vergletscherungen reichlich gemacht, von Irland und England über das mittlere Europa bis ins östliche Rußland, ebenso auch südlich der Alpen, intra- und extramontan. Sie haben auch vielerorts reichere Pflanzenreste geliefert, als im schweizerischen Mittelland. Überall ergeben sich aber die Schwierigkeiten der sicheren Datierung. Für das mittlere Europa hat C. A. Weber 1899 eine erste Übersicht gemacht, in der die damals bekannten Lokalitäten samt dem Verzeichnis der gefundenen Arten angegeben sind und versucht wird, die Fundstellen nach ihrem Alter zu gruppieren. Unter Beiziehung der Pollenanalyse verarbeiteten K. Jessen und V. Milthers (1928) ein großes Material aus interglazialen Fundstätten von Dänemark und den angrenzenden Gebieten, das ihnen erlaubte, eine grundlegende Gliederung der Zwischeneiszeiten vorzunehmen. Zahlreiche und ausgezeichnet erforschte Interglazialstudien liegen aus Polen vor, erarbeitet durch Wladislaw Szafer und seine Schüler. Eine wertvolle neuere Zusammenstellung über das europäische Diluvialgebiet verdanken wir H. Gams (1935), der die Ergebnisse vieler neuer Aufschlüsse und auch der pollenanalytischen Untersuchungen verwerten konnte.

Für Holland gibt das große Werk von van der Vlerk und Florshütz (1950) eingehend Auskunft über die interglaziale Pflanzenwelt. Über die Verhältnisse im nördlichen und mittleren Deutschland orientiert in eingehender Weise P. Woldstedt (1950). Ein referierender Überblick über die Vegetationsgeschichte des Pleistozäns, bei dem die schweizerischen Verhältnisse im Vordergrund stehen, findet sich bei W. Rytz (1949).

Wir bringen im Nachstehenden die von Gams (1935) gegebene Darstellung der Vegetationsentwicklung in den Interglazialzeiten Mitteleuropas. Das Alpenland wird dabei eingehend berücksichtigt. Seine Gliederung des Eiszeitalters haben wir auf Seite 175 angegeben. Die Vegetation der 3 Interglazialzeiten wird wie folgt charakterisiert:

a) *Cromerien*: Dominant Coniferenwald, besonders *Picea abies* (bis England); verschiedentlich auch *Picea omoricoides*; allgemein verbreitet *Pinus*

silvestris; Eichenmischwald und Hasel nur stellenweise, so im Alpengebiet mit höheren Werten; zerstreut *Carpinus* und *Fagus* (letztere nur im Osten und am Niederrhein); im Osten auch *Larix* (vielleicht *polonica*). Nur vereinzelt tertiäre Arten (*Magnolia Kobus*, *Pterocarya limburgensis*). Dieses Interglazial war nicht besonders warm und dauerte nur ziemlich kurze Zeit. Von unseren Fundstellen stellt G a m s Güntenstall hieher, was mir nicht gesichert erscheint, außerdem am Südrande der Alpen Leffe, in Süddeutschland die alten Stuttgartertorfe u. a. Die wichtigeren Fundstätten liegen weiter entfernt (Cromer in Südengland; Johnsbach, Machendorf, Hamarnia in Polen und der Tschechoslowakei).

Das folgende Mindel II—Riß—Interglazial wird als kalt-kontinental bezeichnet.

b) *Dürntenien*: Charakterisiert durch eine 5000 bis 6000 Jahre dauernde, mehrgipfelige Eichenmischwald-Haselzeit, die auch für die nordalpinen Schieferkohlengebiete anzunehmen ist. Eine bedeutende Zahl von tertiären Arten taucht wieder auf. In Süddeutschland viel *Abies*. *Fagus* ist wenig verbreitet. In Polen sind die Haselmaxima größer als weiter im Westen, und es tritt in den späteren Teilen dieses Interglazials eine lange dauernde Nadelwaldzeit (besonders *Abies*) auf. Das Dürntenien ist die längste Wärmezeit des ganzen Quartärs mit nur kleineren Klimaschwankungen. Ihm sind zuzurechnen die meisten Schieferkohlenlager der Schweiz, die *Rhododendron ponticum* Lagerstätte von Hötting bei Innsbruck, Pianico-Sellere und Lugano am Südfuß der Alpen, die Sauerwasserkalke von Cannstatt und eine bedeutende Zahl weiterer Fundstellen durch Nordfrankreich, Südengland, Norddeutschland, Polen u. a. O. Mit dem Dürntenien sterben mehrere große Säuger aus. Dagegen tritt der Mensch in der Kulturstufe des Chelléen auf.

Die folgende Riß-Eiszeit war, trotzdem sie die größte Eisbedeckung brachte, von kurzer Dauer und verhältnismäßig mild, so daß in den außerhalb des Eises gelegenen Gebieten auch eine Waldflora sich erhalten konnte.

c) *Eemien*: Eine ausgesprochene Laubwaldzeit mit viel *Carpinus*, Eichenmischwald (höhere Werte als im Dürntenien) und Hasel. Auch *Abies* war im Osten und Norden weiter verbreitet als heute. Tertiäre Baumarten traten wieder auf, so in den Weimarertuffen *Thuja occidentalis*, *Juglans*, *Pavia*, *Fraxinus cf. americana*. Ebenso wärmeliebende Wasserpflanzen, darunter auch die heute verschwundenen *Brasenia purpurea* und *Dulichium spathaceum*. Im Alpengebiet war die Buche allgemein verbreitet, und die alpine Waldgrenze lag 300—400 m höher als heute. Das Klima ist etwa dem der postglazialen Wärmezeit gleichzusetzen. Auch in dieser Periode sind einige Großsäuger ausgestorben, *Elephas antiquus* und *Rhinoceros Merckii*. Ins Eemien werden von G a m s aus der Schweiz eingeordnet: St. Jakob, Flurlingen, Genf. Ferner in den Ostalpen Wasserburg am Inn und im nördlich der Schweiz gelegenen Gebiet Weimar, Klinge, Marga, Rabutz, Pont à Mousson und viele andere, besonders norddeutsche, dänische und polnische Fundstellen. Menschliche Kulturstufe: Pré-Moustérien.

Die auf den ersten Vorstoß der Würmeiszeit, der von G a m s dem Moustérien gleichgesetzt wird, folgende Aurignac-Schwankung besaß ein kalt-kontinentales Klima, das aber gegen Westen hin mehr ozeanisch wurde. Eichenmischwaldelemente waren bis nach Holland und Jütland verbreitet, vielleicht bis in die Alpen.

Soweit die Darstellung von G a m s im Jahre 1935. Seither haben unsere Kenntnisse über die Vegetationsentwicklung der Interglazialzeiten sehr zugenommen, namentlich durch die pollenanalytische Forschung, und wir wollen, statt auf einzelne Arbei-

ten näher einzugehen, noch die erst kürzlich erschienene Übersicht von P. Woldstedt (1950) über den nord- und mitteldeutschen Raum hier kurz beifügen.

Woldstedt unterscheidet für das Gebiet nur zwei Zwischeneiszeiten (vgl. S. 175), meint aber, die am Niederrhein sehr verbreiteten Ablagerungen der Tegelenstufe dürften vielleicht zeitlich in das Günz-Mindel Interglazial fallen. Für das Elster-Saale Interglazial (= Dürntenien nach Gams) findet er, die Waldgeschichte sei noch nicht genügend bekannt. Die Wälder dieses längsten Interglazials wurden vorwiegend von Coniferen gebildet, vor allem von *Picea*, doch auch von viel *Abies*. Im Osten war der Anteil der Nadelgehölze besonders groß. Im Klimaoptimum herrschte im allgemeinen Eichenmischwald mit reichlich *Carpinus*; ein ausgeprägter *Carpinus*-Abschnitt fehlt.

Aus dem Saale-Warthe-Interstadial sind keine gesicherten Ablagerungen bekannt.

Die weitaus größte Zahl der in diesem Gebiete gefundenen zwischenzeitlichen Ablagerungen stammt aus dem Saale-Weichsel-Interglazial (= Eemien nach Gams). Hier ist die Vegetationsentwicklung in den Hauptzügen geklärt und bietet nachstehendes Bild der Waldzeiten (von der ältesten zu der jüngsten in der Reihe der fortlaufenden Numerierung):

1. *Betula*-*Pinus*-Zeit.
2. Eichenmischwaldzeit (langdauernd, Klima warm, von atlantischer Tönung). Zuerst *Quercus* (+ *Ulmus*), später *Tilia* dominant. Das Haselmaximum tritt verspätet ein, zwischen der *Quercus*- und der *Tilia*-Dominanz.
3. *Carpinus*-Zeit. *Picea* tritt auf und gewinnt an Raum. Das Klima wird allmählich kühler.
4. *Picea*-Zeit mit mehr oder weniger *Abies*. Das Klima verschlechtert sich weiterhin.
5. *Pinus*-Zeit. *Abies* und *Picea* treten zurück und verschwinden. *Betula* nimmt zu.
6. *Pinus*-*Betula*-Zeit: Die Weichsel-Eiszeit ist sehr nahe gerückt.

Der von Jessen und Milthers angenommene Kältevorstoß in der Mitte dieser Zeitepoche wird von Woldstedt abgelehnt. Die meisten dänischen und alle deutschen Diagramme lassen nach ihm keine Spur einer solchen klimatischen Zweiteilung des Interglazials erkennen.

Es ergeben sich also zwischen der Auffassung von Gams und der von Woldstedt beträchtliche Unterschiede, vor allem wohl in der Zuteilung der einzelnen Ablagerungen. Leider nennt Woldstedt in seinem summarischen Überblick nur wenige Einzelfundstellen. Vermutlich rechnet er die Cromerien-Fundstellen von Gams im wesentlichen dem Elster-Saale-Interglazial zu und die des Dürntenien großenteils zum Saale-Weichsel-Interglazial.

Aber klar geht aus beiden Darstellungen hervor, daß die Vegetationsentwicklung der Interglazialzeiten in diesen Gebieten einen ähnlichen Ablauf aufweist wie in der Nacheiszeit und daß

die Zeit des Klimaoptimums charakterisiert wird durch einen Laubwald aus mesophilen und wärmeliebenden Gehölzen, gleich dem Eichenmischwald der Postglazialzeit, oft mit reichlichem *Carpinus*. Dieses Eichenmischwald-Klimaoptimum wird auch wieder von F. F i r b a s (1951) bestätigt. Noch zwei neue Beispiele: Paul W. T h o m s o n (1951) fand in einem Profil aus dem Reiß-Würm Interglazial von Wallensen südlich Hannover unten ausgeprägte Eichenmischwaldzeit (sich folgend Dominanz von: *Ulmus* → *Quercus* → *Tilia*), darüber einen *Carpinus*-Gipfel, dann nach oben Dominanzen von *Abies* → *Picea/Pinus* → *Pinus* → *Pinus/Betula*: also Beginn des Profils im Klimaoptimum und dann langsame aber ausgeprägte Klimaverschlechterung. A. S r o d o n (1950) faßt aus dem Gebiet von Grodno (Polen) ein großes Material zusammen und gibt für das letzte Interglazial ein schönes symmetrisches Diagramm, von unten nach oben folgende Waldzeiten: Tundra mit *Salix-Betula*-Gebüsch und etwas *Pinus* → *Pinus-Picea* (z. T. oder ganz *P. obovata*) → *Pinus-Betula* → *Quercus*, *Ulmus*, später besonders *Tilia cordata* und *platyphyllos*, etwas *Acer spec. div.*, *Corylus* (hohes Max.), *Abies* (sporadisch), *Picea obovata* (sporadisch), *Fraxinus excelsior*, viel *Alnus* (*glutinosa*) → *Tilia*, *Alnus*; Klimaoptimum, warm feucht → *Carpinus* (bis 80%), viel *Alnus*, *Abies* (sporadisch), *Fagus* (sporadisch), gegen Ende *Picea*, *Pinus* → *Picea-Pinus* → *Pinus* mit *Betula* und *Salix*.

Wenn wir die Ergebnisse dieser Forscher mit unseren eigenen vergleichen, ergibt sich, daß die interglaziale Vegetation des schweizerischen Alpenvorlandes einen Sonderfall vorstellt. Im Gegensatz zu den allgemeinen Gesetzmäßigkeiten in den großen Flachlandräumen fehlen eigentliche Laubwaldphasen; Nadelwald beherrscht, wenigstens regional gesehen, das Bild. Die oben zitierten, abweichenden Angaben von G a m s betreffs Eichenmischwaldphasen und Buchenverbreitung können wir nicht bestätigen.

*Ein Gang durch die Ergebnisse der interglazialen Vegetationsforschung in den unserem Untersuchungsgebiet näher liegenden Gegenden* läßt erkennen, daß hier ähnliche Verhältnisse wie im schweizerischen Mittelland vorliegen.

Die am Südfuße der Alpen gelegenen Fundstellen Leffe, Pia-

nico-Sellere, Umgebung von Lugano, Ré, können wir beiseite lassen. Sie liegen in einem anderen Klimagebiet und bieten auch heute eine andere Flora. Somit ist es nicht verwunderlich, daß sie in ihren makroskopischen Funden auch in den Interglazialzeiten wesentlich abweichen (vgl. W. R y t z , 1925, 1949; H. B r o c k - m a n n - J e r o s c h , 1923; V e n z o , 1950; L o n a , 1950). Mit Ausnahme der Studien von L o n a , die ins Altpleistozän fallen, sind unseres Wissens noch keine Pollenspektren veröffentlicht worden. Neuestens hat aber Paul M ü l l e r , nach freundlicher persönlicher Mitteilung eine pollenanalytische Untersuchung im Interglazial von Noranco bei Lugano vorgenommen, die noch nicht abgeschlossen ist. Doch gibt das bereits vorhandene Diagramm, 220 cm Bodenprofil umfassend, ein charakteristisches Bild: dominant in ungefähr gleicher Stärke Abies- und Piceapollen, subdominant Pinus, reichlich (ca. 5—10%) Fagus und spärlich Eichenmischwald, Alnus, Betula. Von unseren nordalpinen Diagrammen unterscheidet sich nach diesen vorläufigen Ergebnissen Noranco durch die regelmäßige Anwesenheit von Fagus.

Von A. J e a n n e t erhielten wir vor Jahren ein stark gepreßtes Stück Torf aus dem Tresatal unterhalb Ponte Tresa, von dem J e a n n e t interglaziale Entstehung vermutete. Leider ist die Lagerstätte noch unbekannt; es handelt sich um verschwemmte Einzelstücke. Die Pollenanalyse ergab an Pollen: 136 Pinus, 5 Abies, 1 unsicheren Corylus, 3 Betula, 8 Alnus, 3 Quercus, 2 Ulmus, 5 Tilia, 2 Gramineen, 1 Compositen. Dazu 59 Farnsporen. Picea fehlt. Das stimmt mit Noranco gar nicht überein, wohl aber mit frühpostglazialen Ablagerungen in diesem Gebiete (vgl. L ü d i 1944).

Eine andere Stätte, die besonderes Verhalten zeigt, ist *Hötting bei Innsbruck*. Zwar sind von dieser Fundstelle noch keine Pollenspektren bekannt geworden und vielleicht auch nicht zu erwarten. Aber sie ist so oftmals untersucht und diskutiert worden, wie keine Ablagerung im Alpengebiet (vgl. z. B. W e t t s t e i n , 1892, M u r r , 1926). Das häufige Vorkommen von *Rhododendron ponticum*, die Anwesenheit von *Vitis vinifera*, *Buxus sempervirens* (zwar neuerdings von M u r r als *Vaccinium vitis idaea* erklärt) und einigen anderen nicht sicher bestimmbar Arten von südlicher Verwandtschaft [z. B. *Rhamnus Höttingensis* Wettst., nach

G a m s (1949) vermutlich *Rh. imeretina* Booth aus Transkaukasien, *Taxus Höttingensis* Wettst. nach G a m s (1949), die amerikanische *Tsuga canadensis* oder nächstverwandte Art] ergibt eine Verschiedenheit gegenüber unserer Mittelland - Interglazialflora, die in dieser bedeutenden Höhenlage (1150 m) besonders wesentlich erscheint. Sie läßt vor allem ein sehr gemäßigtes, warm-ozeanisches Klima erwarten. Aber bis heute ist es noch nicht gelungen, eine Einigung über das Alter der Ablagerung herbeizuführen. Die Angaben schwanken von Mindel-Riß Interglazialzeit bis Nacheiszeit (M u r r). H. G a m s selber ordnete sie 1935 ins Dürntenien ein, 1949 ins letzte Interglazial. Nach der Florenzusammensetzung müßte man sie aber m. E. unbedingt ins ältere Pleistozän einordnen.

Sehr interessante Fundstellen befinden sich in *Nordostfrankreich*. Sie wurden vor allem von P. F l i c h e im letzten Viertel des vergangenen Jahrhunderts ausgebeutet und beschrieben. Jos. B r a u n (1923) gibt einen Überblick über die Ergebnisse. In verschiedenen Fundstellen, die als Riß-Würm Interglazial aufgefaßt werden, ergab sich eine wärmeliebende Vegetation mit *Juglans*, *Buxus*, *Acer opalus*, auch *Fagus*. Die Pollenanalyse würde hier voraussichtlich ebenfalls Eichenmischwaldzeit festgestellt haben. Eine gegenüber dem Klima weniger anspruchsvolle Vegetation in den Ligniten von Nancy und Epinal wurde der Rißeiszeit eingeordnet. Sie enthielt Reste von *Picea*, *Pinus* (*mugo*), *Larix decidua*, *Taxus baccata*, *Juniperus*, *Betula*, *Alnus incana* und *viridis* neben der heute hochalpinen *Loiseleuria procumbens*. Josias B r a u n kommt zum Schluß, im Mindel-Riß Interglazial habe in diesen Gegenden eine wärmeliebende Flora geherrscht. Die Rißeiszeit sei kalt und rauh gewesen, habe aber doch noch Wald getragen, und das Riß-Würm Interglazial sei durch ein ausgesprochen ozeanisches Klima ausgezeichnet gewesen, wärmer und feuchter als heute, etwa so wie heute im atlantischen Westfrankreich. Das sind nun Ergebnisse, die von denen der etwas weiter im Osten gelegenen und klimatisch etwas rauheren Fundstellen des schweizerischen Mittellandes sehr abweichen, und es wäre von Interesse, wenn die von F l i c h e beschriebenen Lokalitäten bei genauer Unterscheidung der stratigraphischen Verhältnisse nochmals untersucht werden könnten.

Schieferkohlen von der gleichen Beschaffenheit wie in der Schweiz finden sich in den südwestlich anstoßenden *Westalpen*, im Tal von *Chambéry* gegen den Lac de Bourget (Savoyen) hin. Sie sind seit langem bekannt und werden seit dem Ende des 18. Jahrhunderts ausgebeutet (vgl. die Darstellung bei E. S c h e i b e n e r, 1915). Oswald H e e r beschreibt sie in der Urwelt der Schweiz. Ihre Lage ist unbestritten interglazial, und die makroskopischen Funde sind die gleichen wie in den schweizerischen Kohlenlagern: nach H e e r *Picea abies*, *Pinus (silvestris)*, *Betula alba*, *Salix cinerea*, *S. repens* und dazu nach P i l l e t noch *Juniperus* und *Buxus sempervirens*. S c h e i b e n e r zitiert aus der Literatur auch *Juglans sp.*

Pollenanalysen wurden veröffentlicht von J. G o u r g und Frank B o u r d i e r (1937), von G. L e m é e (1942), sowie in zusammenfassender Form von G. L e m é e 1952. Sie ergeben ein Bild, das vollständig an unsere Diagramme anschließt: Dominanz von *Picea* und *Pinus (silvestris)*, zeitweise reichlich *Abies* und *Alnus (glutinosa)*, etwas *Betula*, *Salix*, *Corylus*, *Tilia*, vereinzelt *Quercus*. Dazu von Krautpflanzen reichlich Sporen von *Osmunda* und *Polypodium*, etwas Pollen von Gramineen, Cyperaceen Compositen. In einem Profil von G o u r g und B o u r d i e r von Sonnaz (Hauptfundstelle der Schieferkohlen) und einem anderen von La Flachère ist in den mittleren Diagrammteilen «une légère poussée» von *Tilia* (bis 14%) und von *Corylus* festzustellen. Das vollständigste Diagramm stammt von L e m é e aus der Steingrube des Flugplatzes von Le Bourget. Von unten nach oben ergibt sich eine charakteristische Veränderung: 1. *Pinus*zeit mit etwas *Betula* und *Salix* → 2. *Picea* - *Abies* - *Alnus*-Dominanz mit reichlichem *Corylus*, einzelnen *Tilia*, *Carpinus* und *Quercus*; *Pinus* nimmt ab bis zum Verschwinden → 3. Dominanz von *Picea* und neue Zunahme von *Pinus* bis zur Dominanz; Abnahme von *Abies*, *Alnus* und Verschwinden der thermophilen Laubhölzer. *Betula*, die im Verlaufe von 2 verschwunden war, tritt im Verlaufe von 3 wieder auf und wird zu oberst häufig. Dieses Profil dürfte eine ganze Interglazialzeit umfassen. Die Autoren entscheiden unter Berücksichtigung der Lagerung für Riß-Würm-Interglazial. Vgl. auch F. B o u r d i e r, 1950.

L e m é e und B o u r d i e r untersuchten ferner in der mächtigen

gen Würmmoräne von *Armoy bei Thonon*, am Südufer des Genfersees, eine torfige Ablagerung von 50—100 cm Mächtigkeit, die in einer 30 cm dicken Schicht von sandigem Lehm eingebettet ist. Die Pollenanalyse ergab im Torf unten und oben Dominanz von *Picea* und Subdominanz von *Pinus*, im mittleren Teil eine kleine Dominanz von *Pinus*, reichlich *Quercus*pollen und etwas *Alnus*, *Abies*, *Corylus*. *L e m é e* und *B o u r d i e r* setzen diese Bildung in ein größeres Interstadial der Würmeiszeit ein.

Aus *Süddeutschland* hat uns *K a r l B e r t s c h* einige interglaziale Pollendiagramme geliefert: Eine Untersuchung in Berg bei Cannstatt in 227 m Meereshöhe (1928) ergab *Pinus* (*silvestris*) Dominanz, *Picea* Subdominanz, einzelne *Quercus*, *Corylus*, *Alnus*, keine *Abies*. Ein Aufschluß von Schelkingen bei Ulm (1930), vermutlich aus dem 2. Interglazial stammend, ergab das gleiche wie Cannstatt; ein weiterer aus dem Egautal am Ostrande der Schwäbischen Alb (1930) zeigte andauernde *Pinus* Dominanz mit wechselnder Subdominanz, von unten nach oben *Alnus* → *Abies* → EM (*Quercus* und etwas *Tilia*) + *Picea* + *Corylus* → *Picea*. Oben dominiert *Pinus* mit 69%. Das Diagramm wird gedeutet als langsamer Klimawechsel von ozeanisch zu kontinental und schließlich kälter werdend. 1932 untersuchte *B e r t s c h* eine tonige, interglaziale Ablagerung mit torfigen Einlagerungen bei Weißenburg in Mittelfranken (Bayern). Im Diagramm dominierten von unten nach oben: *Corylus* und *Alnus* (mit reichlich *Pinus*) → *Abies*, *Pinus* (subdom. *Picea*) → *Alnus* (subdom. *Tilia*) → *Pinus* (subdom. *Picea*) → *Pinus* (subdom. *Betula*). Zuerst trat wahrscheinlich eine leichte Klimaverbesserung, dann aber eine ausgesprochene Klimaverschlechterung ein. Die Fundstelle wird von *B e r t s c h* ins vorletzte Interglazial gestellt. Nur damals sei das Klima so ozeanisch gewesen, wie es von *Abies* und *Alnus* benötigt werde. Heute fehlt *Abies* in der Gegend.

1939 veröffentlichte *E r i c h O b e r d o r f e r* die pollenanalytische Untersuchung einer humosen Tonlinse aus Eberbach im Odenwald. Er fand *Picea* und *Pinus* Dominanz mit reichlich *Betula* und etwas *Corylus*. *O b e r d o r f e r* betrachtet die Ablagerung als Präglazial, wozu allerdings die Pflanzenfunde keinen Anlaß geben.

*P a u l G r o s c h o p f* hat eine Zusammenstellung der süddeut-

schen Interglazialfunde gemacht, in der auch eigene pollenanalytische Befunde verwertet wurden (Manuskript, 1951). Er untersuchte das Schieferkohlenlager von *Großweil am Kochelsee* (Oberbayrischer Alpenrand, 625 m), das in die Riß-Würm Interglazialzeit eingeordnet wird. In einem etwa 3 m mächtigen Profil fand er zuunterst Abies-Dominanz, dann Dominanz der Föhre mit Subdominanz von *Picea*, leichter Beimischung von *Abies*, *Betula*, *Alnus* und vereinzelt Pollen von *Ulmus*, *Tilia*, *Quercus* und *Corylus*.

Helga Reich (1952) hat die gleiche Fundstelle weiter untersucht und stellte in der Schieferkohle einen wiederholten Wechsel von *Picea*- und *Pinus*-Dominanz fest: unten *Picea* mit reichlich *Abies* und *Alnus* und nur vereinzelt *Pinus*, dann zweimaliger Anstieg von *Pinus* zur ausgesprochenen Dominanz, jeweils unterbrochen oder abgelöst von *Picea*-Dominanz. Mit den *Pinus* Dominanzen stieg auch der Gehalt an Krautpollen an, und der älteren *Pinus* Dominanz geht parallel ein leichter Anstieg von *Betula*, der jüngeren eine starke aber vorübergehende Zunahme der *Selaginella*-Sporen, die in den älteren Schichten überhaupt nicht gefunden wurden. Reich setzte ihre Nachforschung auch in die unter dem eigentlichen, ausbeutungsfähigen Kohlenlager liegenden Schichten fort und konnte dort ein Profil von 65 cm Mächtigkeit gewinnen. Das Diagramm aus diesen kohligen oder lehmig-kohligen Schichten schließt oben an die Basis des Schieferkohlenprofils an und weist gegen abwärts zuerst eine *Alnus* Dominanz auf, bei starkem Ansteigen der *Corylus*kurve und wesentlicher Beimischung von *Carpinus*pollen. Dann steigt nach unten die *Picea*kurve rasch zur Dominanz auf (über 60%), und die *Alnus*kurve fällt wieder ab, während die *Corylus*kurve weiter ansteigt zur Subdominanz mit einem Maximum von 38% und zugleich der Eichenmischwaldpollen reichlich auftritt (*Quercus*, *Ulmus*, vereinzelt *Tilia* und *Fraxinus*, zusammen nach der Diagrammzeichnung max. ca. 8%). In den tiefsten Teilen des Profils gelangt *Pinus* zur Dominanz (über 80%), und die *Betula*kurve steigt leicht an, während der Eichenmischwaldpollen verschwindet und *Picea*-, *Alnus*-, und *Corylus*pollen nur noch spärlich vorhanden ist. Reich glaubt, hier die ausgehende Eiszeit gefunden zu haben und betrachtet die Zeit des Haselmaximums mit dem reichlichen Eichenmischwald-

pollen als die des Klimaoptimums. Sie findet im Gesamtdiagramm von Großweil den aus nördlicheren Gegenden bekannten, interglazialen Vegetationszyklus in charakteristischer Ausbildung wieder, von unten nach oben und von der einen Eiszeit zur nächstfolgenden führend: Föhrenzeit mit reichlich *Betula* → Fichten-Eichenmischwald-Haselzeit → Erlen-Fichtenzeit mit reichlich Hasel und *Carpinus* → Fichten-Abieszeit → *Picea*-*Pinus*zeit mit wechselnder Dominanz dieser beiden Arten. Von der EM-Haselzeit an nimmt die Gunst des Klimas allmählich ab. Der letzte Diagrammabschnitt, der nach Reich der Zeit der eigentlichen Vermoorung entspricht, soll bereits in eine ausgeprägte Klimaverschlechterung fallen («subarktische Zeiten»), und die beiden dort eingeschlossenen *Pinus*dominanzen werden als Frühglazial von ausgesprochen stadialem Charakter gewertet.

Schon in der Frühzeit der pollenanalytischen Forschung hat Franz F i r b a s zwei Studien über *interglaziale Schieferkohlenstätten der Ostalpen* veröffentlicht (1925 und 1927). Die Diagramme von Schladming an der Ems, 944 m, Ampaß bei Innsbruck, 718 m, Hopfgarten bei Kitzbühl, 706—750 m und Wasserburg am Inn, ca. 400 m, geben übereinstimmend das uns vertraute Bild von Coniferenwald, wechselnde *Picea*- und *Pinus*-Dominanz, spärlich *Abies*, *Betula*, *Alnus*, *Salix* und vereinzelt *Quercus*, *Ulmus*, *Tilia*, *Carpinus*, Ampaß und Hopfgarten auch reichlich *Pinus cf. cembra*, Schladming in einzelnen Horizonten reichlich *Abies*, Hopfgarten *Picea cf. omorica* (vgl. S. 103). In Schambach bei Wasserburg fand F i r b a s in zwei Horizonten sehr viel *Fagus* (60%, 28%), neben *Alnus*, *Betula*, *Pinus*, *Picea*, *Abies*. *Fagus silvatica* kommt dort reichlich auch in makroskopischen Resten vor und wurde zuerst nachgewiesen durch J. S c h u s t e r, dann besonders auch durch H. G a m s. Dieses interglaziale Vorkommen von Buchenresten scheint nicht nur räumlich, sondern auch zeitlich sehr eingeschränkt zu sein. In einer 3. Probe aus einem nur 3 cm höher liegenden Horizont fanden sich nur noch 1% *Fagus*-pollen, aber dominant *Picea* und *Pinus*. Im benachbarten Zell, wo S c h u s t e r auch makroskopische Reste von *Taxus baccata* und *Larix decidua* fand, fehlte der *Fagus*-pollen gänzlich. F i r b a s erblickt im Pollenspektrum des obersten Horizontes von Schambach bereits das Zeichen einer starken Klimaverschlechterung. Die Ver-

änderung des Spektrums könnte aber auch nur die Folge zunehmender Kontinentalität des Klimas sein (Aufkommen von *Picea* und *Pinus* gegenüber *Fagus*; EM bleibt mit 4,5% gleich, aber mehr *Tilia* und *Ulmus* bei Wegfall von *Quercus*. Ebenso fällt *Corylus* weg). Diese Lagerstätte wird in das letzte Interglazial eingesetzt. Ob wir dort ein Analogon zu Flurlingen und Genf vor uns haben? G r o s c h o p f (loc. cit.) vermutet, die fagusführenden Schichten von Schambach könnten verschüttetes Postglazial sein.

Unser Gang durch die Nachbargebiete ergibt für die interglaziale Vegetation in Savoyen, in Süddeutschland, in den Ostalpen ganz ähnliche Verhältnisse, wie wir sie für das nördliche Alpenvorland der Schweiz gefunden haben. Dieses ganze Gebiet steht damit in einem gewissen Gegensatz zu dem weiter nördlich von England bis Rußland anschließenden weiten Tiefland, vor allem gegeben durch das Fehlen oder doch völlige Zurücktreten des thermophilen Laubwaldes (*Quercus*, *Ulmus*, *Carpinus*, *Tilia*, *Fraxinus*, *Acer*, *Corylus*) in den klimatisch optimalen Phasen der Interglazialzeiten. Anklänge an die Verhältnisse im nördlichen Tiefland finden wir in unseren relativ tiefgelegenen, heute trockenwarmen Gebieten bei Genf, Basel, Schaffhausen, dann auch bei Güntenstall und unter den süddeutschen Fundstellen bei Weißenburg in Mittelfranken und vielleicht im Egautal am Ost- rande der schwäbischen Alb, die wohl als Übergänge zu den Verhältnissen weiter im Norden zu deuten sind. Weitere Forschungen können dieses Bild abrunden und ergänzen, wohl auch noch weitere Übergangsbilder ergeben. Sie werden es aber nicht mehr wesentlich ändern.

Nach der Vegetationscharakterisierung, die G a m s uns gibt (vgl. S. 182), stimmen unsere Verhältnisse noch am ehesten mit seinem nadelwaldreichen Cromerien überein, das die erste Interglazialzeit (von dreien) repräsentiert. So alt sind jedoch unsere interglazialen Ablagerungen nach den Datierungen der Geologen nicht. Nach W o l d s t e d t (vgl. S. 184) zeichnet sich in Norddeutschland das vorletzte Interglazial, dem wohl auch ein Teil der Cromerien-Ablagerungen Gams' zugerechnet werden, durch das Überwiegen des Nadelwaldes aus. Aber sicher gehören unsere

charakteristischen Lagerstätten nicht alle, vielleicht sogar die wenigsten, ins Mindel-Riß Interglazial. Nach G a m s müßte das Dürntenien auch reichlich jetzt hier ausgestorbene Tertiärarten enthalten, von denen aber in den interglazialen Ablagerungen des schweizerischen Mittellandes nur Spuren angetroffen wurden. Im letzten Interglazial erscheinen *Picea* und *Abies* im Norden erst nach dem Klimaoptimum. Ob dies aber auch für unser Gebiet Geltung hat, ist sehr zweifelhaft.

Vielleicht paßt der Vegetationscharakter einiger unserer Interglaziale in die Aurignac-Schwankung zwischen Würm I und Würm II; aber hier läßt sich sagen, daß wohl eine Anzahl kleiner Fundstellen in dieser Zeit entstanden sein können (z. B. Cartigny, Bougy, Mutten, Niederweningen, Weiherbach), aber sicher nicht die großen Hauptlagerstätten. Für diese bleiben nur das Riß-Würm Interglazial und eventuell das Interglazial Riß I-Riß II, falls dieses sich als generelle Erscheinung von weitem Ausmaße bestätigen sollte.

Heute sind die Vegetationsunterschiede zwischen dem Alpenvorlande und dem nördlich anschließenden Tieflande nicht so groß, wie die Pollendiagramme der Interglazialzeiten es angeben. Wir finden die Laubwälder mit sehr ähnlichen Typen hier und dort, und es dürfte im Nordosten Gebiete mit interglazialer Laubwald-Herrschaft geben, die heute mehr Nadelwald aufweisen als unser Alpenvorland.

Für die abweichende Stellung des Alpenvorlandes scheinen sich folgende Erklärungsmöglichkeiten zu bieten:

- a) Unsere Diagramme umfassen nur einzelne Abschnitte der Interglazialzeiten, während andere Abschnitte, im besonderen zur Zeit der Klimaoptima, so trocken waren, daß Moorbildung fehlte (F i r b a s 1951). Nach F i r b a s ging die generelle Vegetationsentwicklung vom Optimum zum Ende einer Interglazialzeit in folgender Weise vor sich: Eichenmischwald und *Carpinus* → *Abies* und *Picea* → subarktische *Pinus*wälder. Erst in den späteren Fichten- und in den Föhrenzeiten lasse sich eine kräftige Versumpfung und Vermoorung erkennen mit Anstieg der Pollenwerte der *Ericaceen* und von *Empetrum*, und in dieser Zeit trete auch *Pinus mugo* auf den Mooren auf. Das Klima der Interglazialzeiten soll zu Beginn durch schneereiche, milde Winter charakterisiert und ge-

gen das Ende hin feucht-kühl geworden sein (vgl. F i r b a s 1951). H. R e i c h (1952) glaubt, den Beweis zu dieser Hypothese erbracht zu haben. Sie fand in Großweil in den unter dem Schieferkohlenlager liegenden Schichten ein stärkeres Vortreten der Laubgehölze (vgl. S. 190), das dem Klimaoptimum entspricht und der Eichenmischwaldzeit der Diagramme nördlicher Gegenden gleichgesetzt wird. Indem sie generalisiert, kommt sie zum Schlusse, die Eichenmischwaldzeit sei in den Schieferkohlenlagerstätten jeweils in den die Schieferkohlen unterlagernden Sedimenten vorhanden, und da man diese nicht untersucht habe, hätte man auch die Eichenmischwaldzeit nicht gefunden.

Die Erklärung, daß gerade die Zeiten der Klimaoptima in unseren Diagrammen fehlen sollten, kann für unser Alpenvorland nicht befriedigen. Wir haben dies bereits eingehend diskutiert (vgl. S. 164). Beim Vergleich mit den im Norden und Osten liegenden, großen Tieflandgebieten ist auch zu berücksichtigen, daß diese heute wesentlich niederschlagsärmer und im Osten auch kontinentaler sind als unser Alpenvorland, und wahrscheinlich waren sie es auch in pleistozäner Zeit. Und wenn dort Ablagerungen entstanden sind, die keinen Unterbruch zeigen und durch die trockenen Teile der Interglazialzeiten durchgehen, so ist dies für das feuchte Alpenvorland erst recht zu erwarten. Die meisten Schieferkohlenbildungen liegen in Gebieten mit mehr als 100 cm mittleren jährlichen Niederschlägen, die zudem ihr Maximum im Sommer haben und es sind m. E. hier keine Anhaltspunkte dafür vorhanden, daß die Moorbildung in der Interglazialzeit generell erst sehr spät, nach dem Klimaoptimum eingesetzt habe.

Zu der Beweisführung von H. R e i c h ist zu sagen, daß die Eichenmischwaldzeit in dem von ihr veröffentlichten Profil doch in sehr bescheidenem Umfange ausgebildet ist und den Vergleich mit den weiter nördlich gefundenen Verhältnissen bei weitem nicht aushalten kann. Dominanzen von *Alnus* in den Pollenspektren haben wir im Schweizermittelland nicht selten gefunden und auch ähnliche Werte von *Corylus* und Eichenmischwald wie die ihrigen. Dann scheint mir aber die Grundlage der ganzen Argumentation nicht gesichert. Wir haben nicht nur Schieferkohlen analysiert. Mehrere unserer Fundstellen ergaben nur mineralische Schichten und zeigen trotzdem Coniferendominanz. Ja, das Schick-

sal will es, daß das einzige Spektrum unserer interglazialen Fundstellen, das eine Eichenmischwald-Dominanz aufweist, aus Schichten stammt, die von den Geologen als glazial betrachtet werden (Alluvion ancienne von Genf). In den Schieferkohlenlagern wurden stets nach Möglichkeit die unter und über den Schieferkohlen liegenden mineralischen Ablagerungen in die Untersuchung einbezogen, wiederholt in beträchtlichem Ausmaß. Soweit sie genügend Pollen zur Analyse enthielten, ordneten sich ihre Spektren denen der Schieferkohlen ein. Häufig waren aber diese anorganischen Sedimente annähernd pollenleer, und die Diagramme hören da auf, wo der Pollengehalt zu spärlich wurde, um noch die Aufstellung richtiger Spektren zu ermöglichen. Es sei nachdrücklich nochmals darauf hingewiesen, daß die meisten Schieferkohlenlager in irgendwelchen Geländedepressionen entstanden, in denen sich natürlicherweise Wasser ansammelt. Und es ist nicht einzusehen, wie dort während einer Eichenmischwaldzeit nicht Seekreide, Gyttjen, Torfe entstehen konnten, ganz ähnlich wie dies in der postglazialen Eichenmischwaldzeit der Fall war. Von P. W o l d s t e d t (1950, S. 360) wird das Klima des Saale-Weichsel-Interglazials zur Eichenmischwaldzeit geradezu als atlantisch getönt bezeichnet, was einen für die Moorbildung günstigen Zustand ergibt.

b) Es ist die Möglichkeit zu erwägen, daß die Verteilung der interglazialen Vegetation durch die Diagramme etwas verzerrt dargestellt wird. Die den Eichenmischwäldern entsprechenden Querceto-Carpineten sind heute in den großen Ebenen die weithin herrschende Vegetationsform, im Alpenvorlande jedoch auf die tiefgelegenen Flußtäler beschränkt und erreichen erst am Genfersee und am Rhein größere Ausdehnung. Die Schieferkohlenfundstellen aber liegen meist höher, im Gebiete der Fagus- und Abieswälder. Nehmen wir für die Interglazialzeiten im schweizerischen Alpenvorland die gleiche Klimaverteilung und auch die gleiche Verteilung der thermophilen Laubmischwälder an, wie wir sie heute finden, so ergibt sich, daß die letzteren damals in der näheren Umgebung der Schieferkohlenfundstellen wenig verbreitet waren und in den Pollenniederschlägen nur schwach repräsentiert sein können. Nun wird aber der Vergleich der Vegetationsverteilung im Mittelland während der Interglazialzeiten mit derjenigen

der Gegenwart wesentlich auch durch das Fehlen von *Fagus* im Interglazial erschwert. Der weite Waldraum, in dem *Fagus* heute vorherrscht, ist in den Interglazialzeiten vermutlich nur zum kleinsten Teil durch Eichenmischwald-Baumarten, zur Hauptsache durch *Picea* und *Pinus* eingenommen worden. Wir sind geneigt, daraus auf ein rauheres, kontinentaleres Klima zu schließen, und das wohl mit Recht; denn wie die Diagramme zeigen, haben sich auch in den Interglazialzeiten bei einem wirklich feuchtgetönten Klima *Abies* und *Alnus* stark ausgebreitet und haben *Picea* und *Pinus* zurückgedrängt.

c) Ferner ist möglich, daß in den Interglazialzeiten die Verteilung von Meer und Land etwas anders gewesen ist, so daß dadurch die Klimaverhältnisse eine Änderung erfuhren. Es liegen aber kaum Anhaltspunkte für eine Land-Wasser-Verteilung vor, die gerade das Alpenvorland kontinentaler, klimatisch rauher gemacht hätte, als die nördlich und nordöstlich anschließenden Gebiete.

d) Mehr Wahrscheinlichkeit hat die Annahme, das Alpenvorland sei damals höher über Meer gelegen als heute und habe als Folge ein rauheres Klima besessen, das eine größere Vegetationsdifferenz zu den anstoßenden Tiefländern ergab. Ein solcher Vorgang, z. B. eine isostatische Hebung des Alpenlandes nach dem Abschmelzen des Eises, ist nicht unmöglich, aber schwer zu sichern. Doch sollte das Problem näher verfolgt werden.

Als Ergebnis dieser Untersuchung ergibt sich, daß die zeitliche Ordnung der interglazialen Fundstellen nach der Vegetation im nördlichen Vorlande der Schweizeralpen wenigstens vorläufig nicht möglich ist, die Pollenanalyse hier als Mittel zur Chronologie des Pleistozäns versagt. Auch die von G a m s 1935 vorgenommenen Zuteilungen sind nur soweit gesichert, als sie sich auf einwandfreie geologische Altersbestimmungen der Ablagerungen stützen können. Es ist sehr gut möglich, daß die ins Riß I-Riß II gestellten Fundstellen im wesentlichen erst in der Riß-Würm Interglazialzeit entstanden sind.

## Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wird ein Überblick über die Pflanzenwelt des Pleistozän im nördlichen Vorland der Schweizeralpen (Mittelland) gegeben, wobei nach Möglichkeit die pollenanalytischen Untersuchungsmethoden beigezogen wurden. Alle Fundstellen pleistozäner Pflanzenreste mit Ausnahme von St. Jakob bei Basel, liegen innerhalb der äußersten Grenzen der pleistozänen Vergletscherung, die Mehrzahl auch innerhalb der Endmoränen des wärmezeitlichen Gletschers (vgl. Abb. 1). Die meisten sind in Verbindung mit organischen Bildungen interglazialer Moore, die im Laufe der Zeiten zu harten, blättrig aufspaltenden Torfen umgewandelt worden sind, den sogenannten Schieferkohlen oder Ligniten.

Die meisten dieser Fundstellen enthalten Reste von Bäumen und werden als interglazial betrachtet. Nur wenige ergaben eine ausgesprochen alpin-nordische Vegetation, hauptsächlich von Zwergsträuchern (Dryasflora), in Verbindung mit Wasserpflanzen des gemäßigten Klimas (vgl. S. 128). Ihre Entstehung wird in das Spätglazial der Würmeiszeit eingesetzt. Die vorliegende Untersuchung beschäftigt sich im wesentlichen mit den als interglazial betrachteten Fundstellen.

Im speziellen Teil werden die einzelnen Fundstellen nach Lage, Stratigraphie und Fossilgehalt beschrieben und wird versucht, ihre Bildungsgeschichte darzustellen. Insgesamt gelangen 30 Fundstellen zur Untersuchung, von denen aber einzelne (Gondiswil-Zell, Uznach-Kaltbrunn, Eschenbach, Mörschwil) aus mehreren, von einander räumlich getrennten Ablagerungen bestehen. Von 18 Ablagerungen konnten Pollendiagramme aufgestellt werden, von den übrigen, mit Ausnahme von Wangen (Kt. Schwyz), gelangten doch einzelne Proben zur pollenstatistischen Untersuchung.

Die Zusammenstellung der in diesen Ablagerungen gefundenen Pflanzenarten ergab ca. 60 Moose, 70 Pteridophyten, Krautpflanzen und Zwergsträucher, 45 Bäume und Sträucher (vgl. Tab. 4—6). Dazu kommen von einigen Fundstellen Pilze und Algen, unter den letzteren besonders Diatomeen (133 Arten von Gondiswil-Zell). Die Flora ist von rezentem Charakter. Heute fehlen in der Schweiz

nur 2 Arten (*Picea omorica* und *Brasenia purpurea*), zu denen nach W. R y t z einzelne noch näher zu untersuchende Diatomeen kommen dürften. Mehrere Arten sind heute südlicher Verbreitung und kommen nördlich der Alpen nur kultiviert oder subspontan vor: *Juglans (regia)*, *Castanea (sativa)*, *Ostrya carpinifolia*, *Populus alba*. Einige Moose sind selten; *Osmunda regalis* und *Trapa natans* sind im nördlichen Alpenvorland der Schweiz ausgestorben, *Buxus sempervirens* findet sich, weit entfernt von den interglazialen Fundstellen, nur am Jurarand, *Selaginella helvetica* nur an wenigen Stellen nördlich der Alpen. Viele Arten der heutigen Flora, von denen sich einzelne Teile gut zur Fossilisation eignen und im fossilen Zustand erkannt werden können, fehlen in unseren Listen. Das sagt aber nicht, daß sie in den Interglazialzeiten im Untersuchungsgebiet nicht vorgekommen sind, sondern kann auf Zufall beruhen. Eine sorgfältige Forschung wird sicher in Zukunft noch manche neue Art ergeben. Besonders auffällig ist das beinahe völlige Fehlen von *Fagus silvatica*, deren Pollen leicht erkannt werden kann.

Wir versuchten, aus den gefundenen Arten, unter Berücksichtigung der Umweltsverhältnisse, Pflanzengesellschaften zu bilden. Es ergaben sich ohne Schwierigkeit die heutigen Gesellschaften nasser Böden, vom offenen Wasser über die Verlandungsgesellschaften bis zu den Ufergehölzen und zum Sphagnummoor. Desgleichen ergeben sich verschiedene Waldtypen: Gesellschaften, die dem Querceto-Carpinetum nahestehen, Abieswälder, Piceawälder, Pinuswälder, Acer-Fraxinus-Alnus-Wälder. Wiesenpflanzen sind spärlich und lassen sich zur Hauptsache in den erwähnten Waldtypen unterbringen. So können aus den vorhandenen Materialien, abgesehen von den Sumpfgesellschaften, kaum Wiesentypen rekonstruiert werden, und insbesondere ergeben sich keine Anhaltspunkte für Steppenvegetation.

In den Interglazialzeiten war somit unser Alpenvorland, ähnlich wie heute, ein ausgedehntes Waldland mit bedeutenden Sumpflandschaften. Und doch war diese Vegetation von der heutigen verschieden; denn die weitaus vorherrschende Waldform waren Nadelwälder, meist Piceawälder mit mehr oder weniger *Pinus silvestris*, oft wohl auch reine Pinuswälder. Häufig war *Abies* beigemischt und konnte auch stellenweise und zeitweise do-

minieren. Laubgehölze traten zurück. Unter diesen waren Alnusbestände am häufigsten und zeitweise von bedeutendem Umfange, wohl nur lokal auf Sumpfboden. Edellaubgehölz von Quercus, Ulmus, Tilia, Acer, Carpinus war wohl im größten Teil des Mittellandes nur sporadisch zu finden, an klimatisch besonders begünstigten Örtlichkeiten. Ihm scheinen neben viel Corylus auch Juglans, Castanea, Ostrya, Taxus und reichliches Gebüsch beigemischt gewesen zu sein. Bodenfrische Hänge in milden Lagen trugen das Acereto-Fraxinetum.

In den tiefgelegenen Randlagen des Vorlandes, am Rhein zwischen Bodensee und Basel und in der Umgebung von Genf, war das Laubgehölz reicher entwickelt, vermutlich sogar vorherrschend (Quercato-Carpinetum ähnlich). Doch konnte vom Rhein kein Diagramm aufgestellt werden und aus der Ebene von Genf nur ein unvollständiges. Flurlingen ergab ein schönes Acereto-Fraxinetum.

Dieses Vegetationsbild deutet auf ein Klima, das dem heutigen ähnlich war, aber wahrscheinlich rauher, stärker kontinental als heute, sonst würde der Laubwald sich mehr ausgebreitet haben. Ein ähnliches gemeinsames Vorkommen von Picea, Pinus, Abies, Quercus, Tilia, Ulmus wie in den optimalen Klimaphasen unserer Interglazialzeiten finden wir heute weiter im Osten, an den Grenzen Mitteleuropas, z. B. im südwestlichen Polen.

Das weite, heute von der Buche besiedelte Gebiet wurde größtenteils von Nadelgehölzen, vor allem von Picea und Pinus besiedelt. Es fragt sich, ob das Fehlen der Buche nicht gerade durch Klimahärte bewirkt worden ist. Abschnitte mit starker Verbreitung von Abies (und wohl auch von Alnus) entsprechen in unseren Diagrammen Zeiten mit einem feuchteren Klima. Die beiden einzigen stärkeren Buchenvorkommen (Montfleury bei Genf und Flurlingen) scheinen am Ende einer Interglazialzeit zu liegen und zeigen vielleicht den Wechsel zu einem ozeanischen Klimacharakter an.

Kein einziges Diagramm repräsentiert deutlich eine ganze Interglazialzeit. Aber mehrere beginnen oder enden mit Betula-Pinus-Dominanz, also wohl in der Nähe eiszeitlicher Verhältnisse. Einzelne Diagramme erleiden auch in den mittleren Teilen Veränderungen, die deutlich auf Klimaverschlechterung hinweisen. Diese

gehen in Gondiswil-Zell so weit, daß ein eiszeitlicher Unterbruch angenommen werden muß. Außerdem zeigen die Diagramme Veränderungen, die von Pinuswald über Piceawald zu Abieswald gehen, der letztere eventuell verbunden mit Alnusdominanz, wesentlichem Anteil von Corylus und merklicher Beteiligung von Eichenmischwald. Diese Abieswald-Phase mit Laubgehölz repräsentiert jeweilen ein Klimaoptimum. Auch die häufig wiederkehrenden Dominanzwechsel zwischen Picea und Pinus dürften im allgemeinen kleineren Klimaschwankungen entsprechen. Eine so klar und gesetzmäßig immer wieder auftretende Waldfolge wie in der Nacheiszeit fehlt.

Die Geologen haben die pflanzenführenden, interglazialen Fundstellen im nördlichen Vorland der Schweizeralpen sehr verschieden eingeordnet, von Mindel-Riß-Zwischeneiszeit über Riß I-Riß II, Riß II - Würm bis zu Würm-Interstadien. Die gleiche Ablagerung wurde oft verschieden eingeschätzt (vgl. Tab. 7). Nach H. G a m s sollen die meisten Schieferkohlenlager in das Interglazial Riß I - Riß II fallen. Unsere Pollendiagramme haben in der Vegetation keine für die einzelnen Interglazialzeiten charakteristischen Unterschiede ergeben und erlauben es nicht, das Alter der einzelnen Ablagerungen zu präzisieren. Nach den Pollenspektren könnten sie alle ganz gut in den verschiedenen Teilen einer einzigen Interglazialzeit erfolgt sein. Die kritische Betrachtung der Lagerungsverhältnisse läßt es übrigens möglich oder sogar wahrscheinlich erscheinen, daß da und dort Vereinfachung in der Auffassung der geologischen Bildungsgeschichte, ein Näherrücken an junge Interglaziale möglich ist. Sind diese floristisch so übereinstimmenden Bildungen auf mehrere Interglazialzeiten zu verteilen, so muß das jüngere Pleistozän im Alpenvorland mit Bezug auf Klima und Vegetation recht gleichartig und eintönig gewesen sein.

Der Vergleich ergibt sehr ähnliche interglaziale Diagramme am Rande der Westalpen bei Chambéry, in Süddeutschland und in den nördlichen Ostalpen. Im Gebiet der klassischen Interglazialgliederung, dem norddeutsch-dänisch-polnischen Tiefland dagegen tritt zur Zeit des interglazialen Klimaoptimums jeweilen eine schön entwickelte, langedauernde Eichenmischwaldperiode auf und hat sich eine regelmäßige, immer wiederkehrende Waldfolge vom Eiszeitende zum Klimaoptimum und von dort wieder zum

Eiszeitbeginn rekonstruieren lassen. Meines Erachtens ist das Fehlen der ausgeprägten Eichenmischwaldzeit im schweizerischen Alpenvorland nicht eine Folge der Unvollständigkeit der Diagramme. Es ist nicht anzunehmen, daß stets gerade die Zeit des Klimaoptimums ausgefallen wäre. Die Besonderheit ist aber schwierig zu erklären. Es mag von Einfluß sein, daß die meisten Diagramme (aber nicht alle!) bereits in den höher gelegenen Teilen des Mittelandes aufgenommen sind und zudem die Buche fehlt, so daß bei einem gegenüber heute etwas rauheren Klima dort *Picea* und *Pinus* konkurrenzfähig und im Waldbild dominant werden konnten. Vielleicht lag auch in den Interglazialzeiten der ganze Alpenkörper samt dem nahen Vorland gegenüber dem entfernteren Tiefland etwas höher als heute, besonders zur Zeit des Klimaoptimums (isostatischer Ausgleich).

## Verzeichnis der zitierten Literatur

- B a a s, Josef: Eine fröhdiluviale Flora im Mainzer Becken. *Zeitschr. f. Botanik* 25, 1932 (289—371, 60 Abb., 5 Taf.).
- B ä c h l e r, Emil: Das alpine Paläolithikum der Schweiz. Monogr. z. Ur- und Frühgeschichte der Schweiz 2. Basel 1940 (261 S. und Tafelband mit 115 Taf.).
- B a u m b e r g e r, E.: Die diluvialen Schieferkohlen von Eschenbach (Kt. St. Gallen). In: Die diluvialen Schieferkohlen der Schweiz. Beitr. z. Geologie der Schweiz. Geotechn. Serie 8, 1923 (S. 449—463, Karten, Profile).
- Die diluvialen Schieferkohlen von Wildhaus im Toggenburg (Kt. St. Gallen. Ib. (496—499).
- B e c k, G. von Mannagetta: Die Vegetation der letzten Interglazialperiode in den österreichischen Alpen. *Lotos* 56, 1908 (67—125, 2 Karten).
- B e c k, Paul: Über das schweizerische und europäische Pliozän und Pleistozän. *Ecl. Geol. Helv.* 26, 1933 (335—437, Taf., Abb.).
- Die Umgebung von Thun. *Geol. Führer der Schweiz*, herausg. v. d. Schweiz. Geol. Ges. bei Anlaß ihrer 50. Jahresfeier, 1934. Fasc. 8, Exk. Nr. 39a (577—583).
- Studien über das Quartärklima im Lichte astronomischer Berechnungen (Schluß). *Ecl. Geol. Helv.* 31, 1938 (137—172, 1 Taf.).
- Bericht über die außerordentliche Frühjahrsversammlung der Schweizerischen Geologischen Gesellschaft in Thun 1938. *Ecl. Geol. Helv.* 31, 1938 (173—198, 1 Taf., 5 Textabb.).
- B e r t s c h, Karl: Eine Interglazialflora aus Oberschwaben. *Allg. Botan. Zeitschr.* 1925 (2—16).
- Eine fröhdiluviale Flora im Stuttgarter Tal. *Ber. Deutsch. Bot. Ges.* 46, 1928 (40—46).
- Die diluviale Flora der Schwäbischen Alb. Ib. 48, 1930 (365—373).
- Eine neue Interglazialflora aus Süddeutschland. *Beih. Botan. Centralblatt* 49, Abt. II, 1932 (669—676).
- B o l l i n g e r, G.: Mollusken aus der Schieferkohle von Dürnten. *Festschr. für Friedr. Zschokke*, Nr. 5, 1921 (17 S.).
- B o u r d i e r, Franck: Essay sur l'évolution climatique du bassin du Rhône pendant le quaternaire. *Compte Rendu Sommaire des Séances, Soc. de Biogéographie*, Nr. 237, 1950 (130—136).
- B r a u n - B l a n q u e t, Josias: L'origine et le développement des flores dans le massif central de France. Paris/Zürich 1923 (282 p.).
- Zur Kenntnis nordschweizerischer Waldgesellschaften. *Beih. Botan. Centralblatt* 49, Ergänzungsband 1932 (7—42).
- B r i q u e t, J.: Les réimmigrations postglaciaires des flores en Suisse. *Actes Soc. Hélv. Sc. Nat.* 90, 1907 (112—133, 5 Taf.).
- B r o c k m a n n - J e r o s c h, Heinrich: Die fossilen Pflanzenreste des glazialen Deltas bei Kaltbrunn (bei Uznach, Kt. St. Gallen) und deren Bedeutung für die Auffassung des Wesens der Eiszeit. *Jahrb. St. Gall. Naturw. Ges.* 1908/1909, 1910 (1—189).
- Weitere Gesichtspunkte zur Beurteilung der Dryasflora. *Vierteljahresschr. Nat. Ges. Zürich* 64, 1919 (35—49).
- Die Vegetation des Diluviums in der Schweiz. *Verh. Schweiz. Nat. Ges.* 101 (Neuenburg 1920, 1921, 2. Teil (59—74).
- Fundstellen von Diluvialfossilien bei Lugano. *Vierteljahresschr. Nat. Ges. Zürich* 68, 1923, Beiblatt 1 (1—7).
- B r o c k m a n n - J e r o s c h, H. u. M.: Die natürlichen Wälder der Schweiz. *Ber. Schweiz. Botan. Ges.* 19, 1910 (171—225).

- Die Geschichte der schweizerischen Alpenflora. In: C. Schröter, Das Pflanzenleben der Alpen, 2. Aufl., Zürich 1926 (1110—1225).
- Büdel, Julius: Die Klimazonen des Eiszeitalters. Eiszeitalter und Gegenwart 1, 1951 (16—26).
- Dubois, A., und Stehlin, G. H.: La grotte de Cotencher, station moustérienne. Mém. Soc. Paléont. Suisse, 1<sup>re</sup> partie 1932, 52 (1—178), 2<sup>e</sup> partie 1933, 53 (179—292).
- Erni, Arthur, Forcart, Lothar, und Härrri, Hans: Fundstellen pleistozäner Fossilien in der Hochterrasse von Zell (Kt. Luzern) und in der Moräne der größten Eiszeit von Answil bei Rohrbach (Kt. Bern). Ecl. Geol. Helv. 36, 1943 (85—124).
- Etter, Hermann: Pflanzensoziologische und bodenkundliche Studien an schweizerischen Laubwäldern. Mitt. Schweiz. Anstalt f. d. forstl. Versuchswesen 23, 1943 (7—130, 24 Abb.).
- Unsere wichtigsten Waldpflanzengesellschaften. Beih. z. d. Zeitschr. d. Schweiz. Forstvereins 21, 1943 (97—112).
- Über die Waldvegetation am Südostrand des schweizerischen Mittelandes. Mitt. Schweiz. Anstalt f. d. forstl. Versuchswesen 25, 1947 (141—210, 11 Abb., 1 Karte).
- Firbas, Franz: Zur Waldentwicklung im Interglazial von Schladming an der Enns. Beih. Bot. Centralblatt 41, Abt. II, 1925 (295—310).
- Beiträge zur Kenntnis der Schieferkohlen des Inntales und der interglazialen Waldgeschichte der Ostalpen. Zeitschr. f. Gletscherkunde 15, 1927 (261—277).
- Die Vegetationsentwicklung des mitteleuropäischen Spätglazials. Bibl. Botan. 112, 1935 (68 S.).
- Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen. 1. Bd.: Allgemeine Waldgeschichte. Jena 1949 (480 S., 163 Abb.). 2. Bd.: Waldgeschichte der einzelnen Landschaften. Jena 1952 (256 S., 18 Abb.).
- Die quartäre Vegetationsentwicklung zwischen den Alpen und der Nord- und Ostsee. Erdkunde 5, 1951 (6—15).
- Fukarek, Pavle: Das heutige Verbreitungsareal der Omorica-Fichte (*Picea omorica* Panč.) und einige Mitteilungen über ihre Bestände. Godišnjaka Biološkog Instituta u Sarajevu 3, 1950 (141—198, 4 Taf., 1 Verbreitungskarte). (Deutsche Zusammenfassung.)
- Forcart, L., 1943: s. Erni, A., Forcart, L., und Härrri, H.
- Friedländer, Carl: Über das Interglazial von Wettingen. Ecl. Geol. Helv. 35, 1942 (151—154, 2 Abb.).
- Früh, J.: Über Kohlenreste aus dem Schweizersbild. In: Nüesch, J., und Mitarb.: Das Schweizersbild, eine Niederlassung aus paläolithischer und neolithischer Zeit. Neue Denkschr. Schweiz. Nat. Ges. 35, 1896 (S. 197—200).
- Früh, J., und Schröter, C.: Die Moore der Schweiz. Beitr. z. Geologie d. Schweiz, Geotechn. Serie 3, 1904 (750 S., 1 Moorkarte, Taf. und Abb.). Die Flora der Interglazialzeiten, S. 345—350.
- Furrer, Ernst: Kleine Pflanzengeographie der Schweiz. 2. Aufl. Zürich 1942 (127 S., 8 Taf.).
- Gams, Helmut: Beiträge zur Mikrostratigraphie und Paläontologie des Pliozäns und Pleistozäns von Mittel- und Osteuropa und Westsibirien. Ecl. Geol. Helv. 28, 1935 (1—31, Taf., Abb.).
- Die Fortschritte der alpinen Moorforschung von 1932—1946. Öster. Botan. Zeitschr. 94, 1947 (235—264).
- Überblick über die Floren- und Vegetationsgeschichte Tirols. Der Schlern 1949 (435—438, 491—493), 1950 (15—17).

- G a m s, Helmut, und N o r d h a g e n, Rolf: Postglaziale Klimaänderungen und Erdkrustenbewegungen in Mitteleuropa. Landeskundl. Forschungen herausg. v. d. Geogr. Ges. in München 25, 1923 (336 S., Taf.).
- G e r b e r, Ed.: Die diluviale Schieferkohle auf der Mutten-Terrasse. In: Die diluvialen Schieferkohlen der Schweiz. Beitr. z. Geologie d. Schweiz, Geotechn. Serie 8, 1923 (493—495).
- Die Schieferkohlenlager im Glütschtal. In: Die diluvialen Schieferkohlen der Schweiz. Beitr. z. Geol. d. Schweiz, Geotechn. Serie 8, 1923 (102—105).
- Die diluvialen Schieferkohlen von Gondiswil-Zell. In: Die diluvialen Schieferkohlen der Schweiz. Beitr. z. Geol. d. Schweiz, Geotechn. Serie 8, 1923 (30—101).
- G o u r g, J., et B o u r d i e r, Franck: Analyse pollinique et position stratigraphique des lignites quaternaires de la région de Chambéry. Comptes Rendus des Séances de l'Acad. des Sciences 205, 1937 (p. 72).
- G r e p p i n, J. B.: Terrains quaternaires de Bâle. Observations géologiques, historiques et critiques, No. 4, II, p. 4—11. Bâle 1879.
- G r o s c h o p f, Paul: Der Stand der pollenanalytischen Untersuchung süddeutscher und benachbarter Interglaziale. Manuskript 1951 (11 S., 1 Diagramm).
- G u t z w i l l e r, A.: Die Diluvialbildungen der Umgebung von Basel. Verh. Nat. Ges. Basel 10, 1894 (512—690).
- Das Alter der fossilen Pflanzen von St. Jakob an der Birs bei Basel. Verh. Nat. Ges. Basel 19, 1908 (208—220).
- G u y a n, Walter Ulrich, und S t a u b e r, Hans: Die zwischeneiszeitlichen Kalktuffe von Flurlingen (Kt. Zürich). Ecl. Geol. Helv. 34, 1941 (321—326).
- H ä r r i, Hans: Eine vorrißeiszeitliche Gytjtja auf dem Distelberg (bei Aarau). Mitt. Aarg. Nat. Ges. 20, 1937 (106—111).
- 1943 s. E r n i, A., F o r c a r t, L., und H ä r r i, H.
- H a r t m a n n, Ad.: Beiträge zur Geologie von Aarau. Mitt. Aarg. Nat. Ges. 20, 1937 (101—105).
- H e e r, Oswald: Die Schieferkohlen von Uznach und Dürnten. Zürich, Orell Füßli & Co. 1858 (40 S.).
- Die Urwelt der Schweiz. Zürich, Friedr. Schultheß, 1865 (622 S., Taf. und Karten). 2. Aufl. 1879 (713 S., Taf. und Karten).
- H e i m, Albert: Geologie der Schweiz. Leipzig (Tauchnitz), 2 Bde. (Für unsere Problemstellung von Bedeutung Bd. 1: Das Diluvium (1919) und Bd. 2, 2. Hälfte: Nachträge zu Bd. 1 (1922).
- H e i m, Arnold, und G a m s, Helmut: Interglaziale Bildungen bei Wildhaus (St. Gallen). Vierteljahresschr. Nat. Ges. Zürich 63, 1918 (19—33).
- H e s c h e l e r, Karl, und K u h n, Emil: Die Tierwelt. In: O. T s c h u m i, Urgeschichte der Schweiz, 1. Bd. 1949 (121—368).
- H e ß, Eugen: Geologische Beobachtungen in Winterthur. Mitt. Naturw. Ges. in Winterthur 24, 1945 (113—128).
- H ü b s c h e r, Jakob: Geologisches Merkblatt für den Rheinfallbesucher. Flugblatt Nr. 4 der Naturf. Ges. Schaffhausen. Herausg. mit dem Neujahrsblatt auf das Jahr 1951.
- I v e r s e n, Johs.: Sekundäres Pollen als Fehlerquelle. Danmarks Geolog. Undersog. 4. R. 2 1936 (24 S., 1 Taf.).
- J a y e t, Adrien: Origine et âge de l'alluvion ancienne des environs de Genève. Comptes Rendu des Séances Soc. Phys. et Hist. Nat. Genève 62, 1945 (27—31).
- A propos de l'âge du maximum glaciaire quaternaire. Ecl. Geol. Helv. 38, 1946 (458—469).
- Les stades de retrait würmien aux environs de Genève. Ecl. Geol. Helv. 39, 1947 (238—244).

- Une nouvelle conception des glaciations quaternaires, ses rapports avec la paléontologie et la préhistoire. *Ecl. Geol. Helv.* 40, 1947 (316—320).
- Observations sur le quaternaire de la Suisse centrale et septentrionale. Manuscript 1949.
- Découverte d'une faunule malacologique de la fin du Pleistocène au contact des graviers günziens à Boppelsen (Canton de Zurich). *Ecl. Geol. Helv.* 42, 1950 (436—441).
- J e a n n e t, Alphons: Schieferkohlen zwischen Walensee und Zürichsee. In: Alb. Heim, *Geologie der Schweiz*, Bd. 2. Nachträge zu Bd. 1. Leipzig 1922 (897—901).
- Les charbons feuilletés de la vallée de la Linth entre les lacs de Zurich et de Walenstadt. In: *Die diluvialen Schieferkohlen der Schweiz. Beitr. z. Geol. d. Schweiz, Geotechn. Serie 8*, 1923 (106—448, Kart., Abb.).
- Les charbons feuilletés de la Suisse occidentale (Grandson; Signal de Bougy; les argiles et marnes dites à lignites des environs de Genève). In: *Die diluvialen Schieferkohlen der Schweiz. Beitr. z. Geol. d. Schweiz, Geotechn. Serie 8*, 1923 (500—526).
- J e s s e n, Knud, und Milthers, V.: Stratigraphical and paleontological studies of interglacial fresh-water deposits in Jütland and Northwest Germany. *Danm. Geol. Unders. II*, 48 (379 S. und Atlas von 40 Taf.).
- J o u k o w s k y, Etienne: Géologie et eaux souterraines du Pays de Genève. Kündig, Genève 1941 (111 S.).
- K e l l e r, Paul: Untersuchung eines Torflagers am Zürichberg. *Vierteljahresschr. Nat. Ges. Zürich* 78, 1933 (1—7).
- K l e b e l s b e r g, R. v.: *Handbuch der Gletscherkunde und Glazialgeologie*. Springer Verlag, Wien. 1. Bd. 1948, 2. Bd. 1949 (1028 S.).
- K n a u e r, Josef: Über das Alter der Moränen der Zürich-Phase im Linthgletschergebiet. *Abh. d. Geol. Landesuntersuchung am Bayr. Oberbergamt* 33, 1938 (29 S., 10 Abb., 6 Taf., 1 Karte).
- Zur Theorie der «überfahrenen» Würm-Endmoränen. *Mitt. d. Reichsstelle f. Bodenforschung, Zweigstelle München* 37, 1940 (19 S., 3 Abb., 1 Taf.).
- K o c h, Walc: Pflanzensoziologie und Wald. *Schweiz. Zeitschr. f. Forstwesen* 1944 (266—276, 299—304).
- L a i s, Robert: Über den jüngeren Löß in Niederösterreich, Mähren und Böhmen. *Ber. Nat. Ges. Freiburg i. Br.* 41, 1951 (119—178, 10 Taf.).
- L a n g, Arnold: Geschichte der Mammutfunde. Nebst einem Bericht über den schweizerischen Mammutfund in Niederweningen 1890/1891. Mit Beiträgen von A. Heim, C. Schröter und J. Früh. *Neujahrsblatt Naturf. Ges. Zürich* 94 auf das Jahr 1892 (36 S.).
- L e m é e, Georges: Successions forestières contemporaines du dépôt des lignites quaternaires dans la cluse de Chambéry. *Comptes Rendus des Séances de l'Acad. d. Sciences* 215, 1942 (23—25).
- L'Histoire forestière et le climat contemporains des lignites de Savoie et de la tourbe wurmienne d'Armoy d'après l'analyse pollinique. *Trav. labor. Géol. Faculté Sc. Grenoble* 29, 1951 (167—180).
- et Bourdier, F.: Une flore pollinique tempérée incluse dans les moraines wurmiennes d'Armoy près Thonon. *C. R. Acad. Sc.* 230, 1950 (2313).
- L o n a, Fausto: Contributi alla storia della vegetazione e del clima nella Val Padana. — Analisi pollinica del Giacimento Villafranchiano di Lefte (Bergamo). *Atti Soc. Ital. Sc. Nat.* 89, 1950 (123—180, 4 Taf.).
- L ü d i, Werner: Das Große Moos im westschweizerischen Seeland und die Geschichte seiner Entstehung. *Veröff. Geobot. Inst. Rübel* 11, 1935 (344 S., Kart., Taf.).

- Zur Frage des Waldklimaxes in der Nordschweiz. Ber. Geobot. Forsch. Inst. Rübel 1934, 1935 (15—49).
- Alter, Zuwachs und Fruchtbarkeit der Fichten (*Picea excelsa*) im Alpengarten Schynigeplatte. Schweiz. Zeitschr. f. Forstwesen 1938 (104—110).
- Analyse pollinique des sédiments du lac de Genève. Etudes sur la partie occidentale du lac de Genève. IV. Mém. Soc. Phys. et Hist. Nat. Genève 41, 1939 (467—497).
- Die Waldgeschichte des südlichen Tessin seit dem Rückgang der Gletscher. Ber. Geobot. Forsch. Inst. Rübel 1943, 1944 (12—71).
- Pollenstatistische Untersuchung interglazialer gebänderter Mergel an der Rhone unterhalb Genf. Ber. Geobot. Forsch. Inst. Rübel 1945, 1946 (88—97, 1 Abb.).
- Interglaziale Pollendiagramme aus der Schweiz. Verh. Schweiz. Naturf. Ges. 1946 (135—137).
- Paul Müllers Pollendiagramm von Weiherbach, Luzern. Ber. Geobot. Forsch. Inst. Rübel in Zürich 1949, 1950 (94—101, 1 Abb.).
- Ludwig, A.: Über die Lagerung der Schieferkohlen von Mörschwil. Jahrb. St. Gall. Naturw. Ges. 1910, 1911 (220—226).
- Merxmüller, Hermann: Untersuchungen zur Sippengliederung und Arealbildung in den Alpen. München 1952 (105 S., zahlreiche Verbreitungskärtchen).
- Moor, Max: Die Fagiongesellschaften im Schweizer Jura. Beitr. z. Geobotan. Landesaufnahme d. Schweiz 31, 1952 (201 S., 10 Taf., 13 gr. Tab.).
- Mühlberg, F.: Zweiter Bericht über die Untersuchung der erratischen Bildungen im Aargau. Mitt. Aarg. Nat. Ges. 1, 1878 (1—99).
- Müller, Frd. C.: Die diluvialen Kohlen der Schweiz. Zeitschr. f. prakt. Geol. 20, 1912 (12 S.).
- Müller, Paul: Pollenanalytische Untersuchungen in eiszeitlichen Ablagerungen bei Weiherbach (Kt. Luzern). Ber. Geobot. Forsch. Inst. Rübel 1949, 1950 (67—94, 10 Abb.).
  - Pollenanalytische Untersuchungen in eiszeitlichen Ablagerungen im «Sumpf» bei Safenwil (Aargau). Ber. Geobot. Forsch. Inst. Rübel 1951, 1952 (122—131).
- Murr, Jos.: Neue Übersicht über die fossile Flora der Höttinger Breccie. Jahrb. Geolog. Bundesanstalt 76, 1926 (153—170, 2 Taf.).
- Nathorst, Alf.: Sur la distribution de la végétation arctique en Europe au nord des Alpes pendant la période glaciaire. Arch. Sc. Phys. et Nat. Genève, 2<sup>e</sup> pér. 51 (52—64), 1874.
- Neuweiler, E.: Beiträge zur Kenntnis schweizerischer Torfmoore. Diss. phil. II Univ. Zürich, Vierteljahresschr. Naturf. Ges. Zürich 46, 1901 (35—92, 2 Taf.).
  - Zur Interglazialflora der schweizerischen Schieferkohlen. 9. Ber. Zürcher Bot. Ges., in Ber. Schweiz. Bot. Ges. 15, 1905 (93—102).
  - Über die subfossilen Pflanzenreste von Güntenstall bei Kaltbrunn. Ber. Schweiz. Bot. Ges. 16, 1907 (64—79).
  - Untersuchungen über die Verbreitung prähistorischer Hölzer in der Schweiz. Ein Beitrag zur Geschichte unseres Waldes. Vierteljahresschr. Nat. Ges. Zürich 55, 1910 (156—202).
- Niggli, Paul: Geologische Karte von Zofingen 1 : 25 000, mit Erläuterungen Nr. 12. Geolog. Spezialkarten herausg. v. d. Geolog. Kommission d. Schweiz. Naturf. Ges. Nr. 65, 1912.
- Oberdorfer, E.: Pollenanalytische Untersuchung der humosen Tonlinie in den Eberbacher Schichten. Sitzgs.ber. Heidelberger Akad. d. Wiss., mathem.-naturw. Kl. 1939 (90—94).

- Paréjas, Ed.: Atlas géologique de la Suisse 1 : 25 000, 12 (feuilles Dardagny, Chancy, Vernier, Bernex) et notice explicative (25 p.) 1938 Comm. Géol. Soc. Helv. Sc. Nat.
- Penck, A.: Säugetierfauna und Paläolithikum des jüngeren Pleistozäns in Mitteleuropa. Abh. Preuß. Akad. Wiss. 1938, Phys.-Math. Kl. Nr. 5.
- Penck, Albr., und Brückner, Ed.: Die Alpen im Eiszeitalter. 2. Bd.: Die Eiszeiten in den nördlichen Westalpen. 3. Bd.: Die Eiszeiten in den Südalpen und im Bereich der Ostabdachung der Alpen. Chronologie des Eiszeitalters in den Alpen. Leipzig 1909.
- Poser, Hans: Die nördliche Lößgrenze in Mitteleuropa und das spätglaziale Klima. Eiszeitalter und Gegenwart 1, 1951 (27—55).
- Reich, Helga: Zur Vegetationsentwicklung des Interglazials von Großweil. Eiszeitalter und Gegenwart 2, 1952 (108—111).
- Rytz, Walter: Die Diatomeen des Schieferkohlenkomplexes von Gondiswil. Mitt. Naturf. Ges. Bern 1920, 1921. Sitzungsber. Bern. Bot. Ges. XXXVIII—XL.
- Die Pflanzenwelt der Schieferkohlen von Gondiswil-Zell. In: Die diluvialen Schieferkohlen der Schweiz. Beitr. z. Geol. d. Schweiz, Geotechn. Ser. 8, 1923 (79—101).
- Über Interglazialfloren und Interglazialklimate mit besonderer Berücksichtigung der Pflanzenreste von Gondiswil-Zell und Pianico-Sellere. Veröff. Geobot. Forsch. Inst. Rübel 3, 1925 (Schröter Festschrift) (540—553).
- Die Pflanzenwelt. In: O. Tschumi, Urgeschichte der Schweiz, 1. Bd. 1949 (15—119).
- Sarntheim, R. v.: Untersuchung über den Pollengehalt einiger Moränen und Terrassensedimente des Inntals. Zeitschr. f. Gletscherkunde 25, 1937 (232—236).
- Scheibener, Edmund: Beiträge zur Bewertung einiger pflanzenführender Ablagerungen des Quartärs sowie zur Geschichte ihrer Erforschung. Diss. phil. Bonn ca. 1915 (82 S.).
- Schmid, Emil: Die Reliktföhrenwälder der Alpen. Beitr. z. Geobot. Landesaufnahme der Schweiz 21, 1936 (190 S.).
- Schmidt, Carl: Bericht über die Exkursion nach dem Rickentunnel, nach Uznach und dem Toggenburg. Ber. über die 38. Vers. d. Oberrhein. Geolog. Vereins zu Konstanz, 26. IV. 1905 (7 S., 4 Abb.).
- Schönhals, Ernst: Über fossile Böden im nicht vereisten Gebiet. Eiszeitalter und Gegenwart 1, 1952 (109—130).
- Schröter, C.: Die Flora der Eiszeit. Naturf. Ges. Zürich, Neujaahrsblatt 85 (1883), 1882 (41 S., Tab., Taf.).
- Slavikova-Vesela, Jirina: Reconstruction of the succession of forest trees in Czechoslovakia on the basis of an analysis of charcoals from prehistoric settlements. Stud. Bot. Cechoslovaca 11, 1950 (198—225).
- Srodon, Andrzej: The development of vegetation in the Grodno area during the last interglacial period (Masovien II). Acta Polonica 1, 1950 (365—400, 4 Taf.). (Engl. Summary).
- Stamm, Elisabeth: Die Eichen-Hainbuchenwälder der Nordschweiz. Beitr. Geobot. Landesaufnahme d. Schweiz 22, 1938 (163 S., Verbr.-Kärtchen, 8 Taf.).
- Staub, Rudolf: Der Paß von Maloja. Seine Geschichte und Gestaltung. Jahresber. Naturf. Ges. Graubünden, N. F. 83, 1952 (3—84, Tab., Taf.).
- Stehlin, H. G.: Revision der Säugetierfunde aus Hochterrassen und aus Ablagerungen der größten Vergletscherung. Ecl. Geol. Helv. 18, 1922.
- Studer, Th.: Die Tierreste aus den Kohlenflözen von Gondiswil. In: Die diluvialen Schieferkohlen der Schweiz. Beitr. z. Geol. d. Schweiz, Geotechn. Ser. 8, 1923 (67—78).

- Sz a f e r, Wladislaw: Zur Frage der Vielgestaltigkeit, Herkunft sowie des Aussterbens von *Brasenia purpurea* im europäischen Diluvium. Veröff. Geobot. Inst. Rübel 3, 1925 (Festschrift Carl Schröter) (493—509).
- Entwurf einer Stratigraphie des polnischen Diluviums auf floristischer Grundlage. Rocznik PolskTowarz. Geol. 5, 1928 (15 S., 12 Tab.).
- The oldest interglacial in Poland. Bull. Acad. Pol. Sc. et Lettres, Classe S. Math et Nat. Sér. B. 1931 (19—50, 1 Taf.).
- Th o m s o n, Paul W.: Das Interglazial von Wallensen im Hils. Eiszeitalter und Gegenwart 1, 1951 (96—102, 3 Abb.).
- T s c h u m i, Otto, und Mitarb.: Urgeschichte der Schweiz. 1. Band, Frauenfeld 1949 (751 S.).
- V a n d e r V l e r k, J. M., en F l o r s c h ü t z, F.: Nederland in het Jistijdvak. Utrecht 1950 (287 S., 40 Taf., 98 Textabb.).
- V e n z o, Sergio: Rinvenimento di *Anancus arvernensis* nel Villafranchiano dell'Adda di Paderno, di *Archidiscodon meridionalis* e *Cervus a Leffe*. Stratigrafia e clima del Villafranchiano Bergamasco. Atti Soc. Ital. Sc. Nat. 89, 1950 (43—122).
- W e b e r, C. A.: Versuch eines Überblickes über die Vegetation der Diluvialzeit in den mittleren Regionen Europas. Naturw. Wochenschrift 14, 1899 (525—528, 537—543).
- W e b e r, Jul.: Die Schieferkohlen in Mörschwil (St. Gallen). In: Die diluvialen Schieferkohlen der Schweiz. Beitr. z. Geologie d. Schweiz, Geotechn. Ser. 8, 1923 (1—29, Abb., Karte).
- W e h r l i, Léon: Über den Kalktuff von Flurlingen bei Schaffhausen. Vierteljahresschr. Nat. Ges. Zürich 39, 1894 (275—292, 1 Taf.).
- W e l t e n, Max: Pollenanalytische und stratigraphische Untersuchungen in der prähistorischen Höhle des «Kirchli» im Simmental. Ber. Geobot. Forsch. Inst. Rübel 1943, 1944 (90—100).
- Über Entstehung und Deutung von Pollendiagrammen in alpinen Aufschüttungsböden. Ber. Geobot. Forsch. Inst. Rübel 1946, 1947 (92—100).
- W e t t s t e i n, R. v.: Die fossile Flora der Höttinger Breccie. Denkschr. K.-K. Akademie Wiss. math. naturw. Kl. Wien 59, 1892 (48 S. 7 Taf.).
- W o l d s t e d t, P.: Norddeutschland und angrenzende Gebiete im Eiszeitalter. Stuttgart 1950 (464 S.).
- Rein, U., und Selle, W.: Untersuchungen an nordwestdeutschen Interglazialen. Eiszeitalter und Gegenwart 1, 1951 (83—96).