© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Die postglaziale Klima- und Vegetationsgeschichte des Schluchsees (Schwarzwald).

Von

Erich Oberdorfer, Freiburg i. B.

(Mit 15 Textabbildungen.)

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Einleitung	2
Einige methodische Bemerkungen	3
I. Spezieller Teil	6
1. Das Moor am Wolfsgrund	6
2. Das Ahaer Delta	15
A. Das ufernahe Deltagebiet	15
B. Die Seehalde	22
C. Oberer Deltaabschnitt, Feldmoos	25
D. Zusammenfassung	27
3. Die litoralen Sedimente	29
4. Das Fischbachdelta	40
5. Die klimatische Bedingtheit des Schichtwechsels	44
II. Allgemeiner Teil	47
A. Die Vegetationsentwicklung	47
B. Der Schluchsee im Wechsel der postglazialen Klimaänderung	71
C. Über die Verlandung des Schluchsees	81
D. Schema	82
Literaturverzeichnis	83

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Einleitung.

Die Schönheit und die einsame Weite des Schluchsees ist zerstört. Die Spirken und Fichten sind geholzt, über ihren Boden wird bald ein großer Stausee fluten, und unwiederbringlich eine unberührte Landschaft versinken lassen.

Zum Ausbau unterseeischer Schleusen ist der Schluchsee im Sommer 1930 erstmals um etwa 16 m abgesenkt worden. Zum letzten Male hat er dabei vielleicht einen Reiz und Zauber anderer Art auszuüben vermocht: In kilometerlangen Profilen, Erosionsschluchten, Abbrüchen usw. bot sich ein überreiches Material zur Erkenntnis seiner Geschichte.

Durch mancherlei Umstände versprachen die Untersuchungen besonders wertvoll zu werden. Da war man nicht angewiesen auf Bohrungen, die einen klaren Einblick in die Sedimentationsfolge oft versagen und — sofern sie nicht dicht genug gelegt werden — nicht immer zeigen können, was nur lokale Zufälligkeit oder was gesetzmäßiger Aufbau ist. Hier aber konnte man hoffen durch eine intensive Untersuchung mehr zu erreichen, als sonst vielleicht bei extensiver Arbeitsweise. Tatsächlich wirkt der zeitlich ganz einheitliche Wechsel trockenzeitlicher und feuchtzeitlicher Sedimente geradezu verblüffend.

Eine Reihe anderer Vorzüge, die die Untersuchungen am Schluchsee auszeichnen konnten, liegen auf der Hand. Ich möchte z. B. daran erinnern, daß alle Moor- und Muddeproben direkt anstehend mit Messer oder Schaufel entnommen werden konnten, wodurch der Faktor der Verunreinigung fast ganz ausgeschaltet wurde, — der doch die Ergebnisse der Pollenanalyse bei Bohrungen so oft mit Unsicherheit zu belasten droht. Ferner war es möglich, reichlicher auch makroskopisches Material zu finden und zu sammeln und das mikroskopische Bild der Vegetationsentwicklung dadurch wertvoll zu ergänzen.

Die Ergebnisse der Arbeit erwiesen sich vor allem deshalb als besonders wertvoll, als es zum ersten Male gelang im Schwarzwald in die Klima- und Vegetationsentwicklung des Spätglazials hinein-

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

zuleuchten. Die bisher ermittelten Diagramme beginnen zwar auch mit der noch nacharktischen Kiefernphase, aber überall stehen wir schon unmittelbar an der Schwelle zur postglazialen Wärmezeit. Das Interesse der pollenanalytischen Forschung hat sich aber in den letzten Jahren immer mehr gerade auf diese noch wenig erschlossenen ersten Entwicklungsabschnitte konzentriert. Hier muß die Lösung noch mancher Rätsel zu finden sein. Unsere Beobachtungen werden deshalb auch eines allgemeineren Interesses sicher sein.

Die Arbeit nahm ihren Ausgang von einer liebenswürdigen Aufforderung Herrn Prof. Dr. R. Lauterborns, die rezente Flora des Schluchseemoores vor ihrem Untergange noch aufzunehmen und zu bearbeiten. Diese Untersuchungen sind in der Folgezeit vielleicht ein wenig ins Hintertreffen geraten infolge des paläontologischen Materials, das sich bald in so reicher Menge bot und mich zunächst fesselte. Immerhin fehlt es nicht an soziologischen und ökologischen Ergebnissen. Sie sollen später veröffentlicht werden.

In meiner Arbeit wurde ich von den verschiedensten Seiten unterstützt. Herrn Prof. R. Lauterborn und Herrn Prof. R. Lais danke ich die Vermittlung einer finanziellen Unterstützung durch die Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft, Herrn Geh. Hofrat Prof. Dr. Oltmanns eine solche durch das badische Ministerium des Kultus und Unterrichts. Der Notgemeinschaft und dem badischen Ministerium selbst sei an dieser Stelle mein Dank ausgesprochen.

Bei der Bestimmung der Fossilien half mir Herr Prof. R. Lauterborn durch die Identifizierung der subarktischen Käferflügel, Herr W. Mönkemeyer, Leipzig, durch die Bestimmung der Moose. Herr Privatdozent Dr. B. Huber führte mich in die Untersuchung der Holzreste ein. Mancher geologisch wertvolle Hinweis wurde mir durch Herrn Geh. Hofrat Prof. Dr. W. Schmidle, Herrn Geh. Hofrat Prof. D. W. Deecke und Herrn Oberbergrat Schnarrenberger zu teil. Allen diesen Herren meinen aufrichtigsten Dank. Viel Unterstützung bei Ausarbeitung und Untersuchung im Gelände danke ich meiner Braut, Frl. Kläre Barth.

Einige methodische Bemerkungen.

Die Behandlung der Proben zur Auffindung der Fossilien und zur Auszählung der Pollen erfolgte nach oft beschriebenen und bewährten Methoden. Zur Bestimmung der subarktischen Flora wurde in erster Linie das reichhaltige Herbar des Bot. Institutes in Freiburg zu Rate gezogen. Die meisten Blattypen konnten auf

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

einem Objektträger in Dammarharz konserviert werden. Die Identifizierung des fossilen Blütenstaubs erfolgte nach den Pollentabellen, wie sie RUDOLPH und FIRBAS, ERDTMANN, DOKTUROWSKY und MEINKE gegeben haben. Die Pollenangaben: cf. Melandrium rubrum, cf. Galium palustre u. a. m. beziehen sich in erster Linie auf eine Übereinstimmung mit den Zeichnungen und Maßangaben in MEINKES Pollenatlas.

Sehr oft wurde aber auch mit rezentem, entsprechend vorbehandeltem Herbarmaterial verglichen. Das gilt vor allem für den Pollen von Hippophae, dessen Bestimmung da und dort noch umstritten erscheint und der auch eventuell mit dem Pollen der Buche verwechselt werden kann. Die Übereinstimmung in charakteristischen Einzelheiten war ausgezeichnet. Der Pollen kann übrigens durch seine durchschnittlich eckigere und kleinere Form (22—32 μ! Fagus, ca. 35—50 μ!) durch die stärker hervorspringenden Keimporen und die bekannte Querrunzelung leicht von Fagus getrennt werden. — Trotzdem kann ich mir natürlich nicht verhehlen, daß die meisten Pollenbestimmungen, die über die bekannten Baumpollentypen hinausgehen, bei der derzeitigen ungenügenden Kenntnis aller unserer Pollenarten immer noch mit einiger Unsicherheit behaftet sind.

Eines Hinweises bedarf es ferner bezüglich der Bestimmung des Weidenpollens. Dieser wird im allgemeinen als sehr variabel

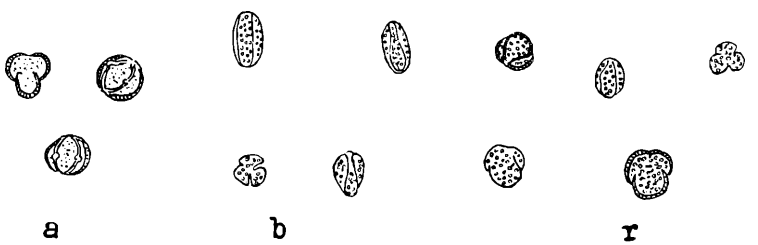


Abb. 1. a = Salix a, b = Salix b, r = rezenter Salixpollen.

angegeben. Bei den Untersuchungen fielen vor allem zwei Typen auf, die als Salix bestimmt werden könnten. Sie seien hier beide abgebildet (Abb. 1). Salix a entspricht den Abbildungen wie sie RUDOLPH und FIRBAS, P. STARK u. a. gaben. Der Pollen ist im allgemeinen ziemlich unveränderlich, hat polar und seitlich eine rundliche Form und schwankt nur wenig in der Größe (18—22 μ). Charakteristisch ist die verdickte Membran; die für den Weidenpollen als typisch angegebene Netzstruktur der Exine ist nur schwer

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

zu erkennen (wohl sehr engmaschig!). — Umgekehrt Salix b, meist recht langgestreckt, viel variabler in Form und Größe (18—30 μ) deutliche Netzstruktur (weitmaschiger!), aber nur zarte Membran. Das Pollenbild erinnert mehr an die von Dokturoskwy u. a. gegebenen Salixpollenabbildungen.

Die Untersuchung von rezentem Salixpollen (Herbarmaterial) konnte keine eindeutige Entscheidung herbeiführen. Dabei wurde in erster Linie der Pollen der in Blättern fossil gefundenen Arten betrachtet. So: Salix myrtilloides, S. reticulata, S. retusa, S. herbacea und polaris, weiter S. repens, S. aurita und S. petandra. — Der rezente entsprechend vorbehandelte Pollen nimmt nun eine gewisse Mittelstellung zwischen Salix a u. b ein. Zunächst erinnert er vor allem durch seine vorwiegend rundliche Form an Salix a. Aber nie sind die Membranen so auffällig stark verdickt und meist ist die Netzstruktur viel deutlicher zu erkennen als bei den fossilen Formen. Daneben treten aber auch Typen auf, die Salix b gleichen. Aber einmal sind sie im Verhältnis viel weniger häufig als im fossilen Material und dann ist vor allem die Gegensätzlichkeit der Typen nie so groß.

Innerhalb der verschiedenen Salixarten sind keine gröberen Unterschiede zu erkennen. Die Variabilität der Pollen ist quantitativ und qualitativ bei allen untersuchten Spezies dieselbe. Es ist nicht so, daß der eine Typ mehr der einen, der andere Typ mehr der anderen Form zugehört. Trotzdem bleibt es denkbar, daß vielleicht auf variationsstatistischem Wege noch Trennungen möglich sind.

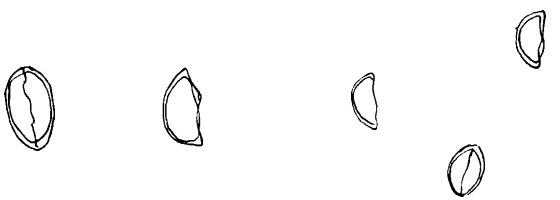


Abb. 2. l = Isoetes lacustris, e = I. echinospora.

Ein trotz mancher Bemühungen zunächst unbekannter Sporentyp entpuppte sich als Mikrospore von Isoetes. Da in der Literatur fast keine Angaben zu finden sind, sei hier eine Abbildung beigefügt (Abb. 2). Die Sporen der beiden Isoetesarten können leicht unterschieden werden und verraten eine interessante Ein-

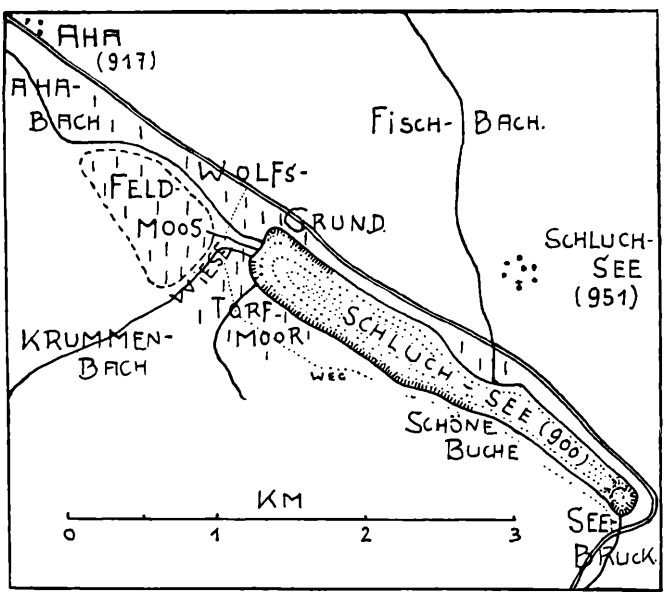
© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

wanderungsgeschichte. Die Mikrosporen von Isoetes echinospora sind 22—29 μ, meist 24 μ lang, die von Isoetes lacustris 31—44 μ, meist 41 μ. Da sie zudem in ihrer Halbmond- oder Ellipsenform äußerst charakteristisch und auch noch in Ablagerungen gut erhalten sind, in denen die Pollen schon Zeichen starker Zersetzung und Zerstörung zeigen, wird es nicht nutzlos sein, auch in Zukunft auf sie zu achten.

I. Spezieller Teil.

1. Das Moor am Wolfsgrund.

Wenn man von Aha her die Straße herunter an den Schluchsee kam [1]), so zog sich, kurz bevor der Blick frei über den See schweifte, im sog. Wolfsgrund zur Rechten ein kleines, nasses Sphagnummoor hin, das dicht von bis 5 m hohen Spirken bestanden war. Es war



Mooriger Grund.

Litorale Muddesedimentation.

Abb. 3.

[1]) Der Untergang der Schluchseelandschaft läßt es angebracht erscheinen, zunächst in der Form der Vergangenheit zu reden.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

ca. 150 m breit und wurde durch den Ahabach von den Mooren und Sumpfwiesen des übrigen noch ca. 650 m breiten Ahaer Zuflußgebietes getrennt (vgl. Abb. 3). Einen besonderen Charakter gewann dieses Moor vorne am See; während die übrigen Moore des Ahaer Deltas in der Nähe des Sees Riedmoorcharakter annahmen und am Ufer beim Niederwasser weiße Sandbänke aufblitzten, wuchs hier das Sphagnummoor bis unmittelbar in den See hinein und umschloß eine düster-dunkle Bucht. Der Grund war mit schwarzem Mulm erfüllt, in dem nur die schlangenartigen Wurzelstöcke der gelben Seerosen krochen (Nuphar luteum und N. pumilum), die mit ihren Blättern und kleinen gelben Blüten den Reiz dieser Uferstrecke besonders erhöhten.

Beim Ablassen des Schluchsees im Frühjahr 1930 brach ein 5—10 m tiefer Streifen dieses Moores ab und rutschte auf einer sanft gegen den See geneigten Fläche, die aus glazialen, roten verbackenen Sanden besteht wie auf einer schiefen Ebene dem wegströmenden Wasser nach. — Dadurch wurden auf die Breite von 150 m wundervolle Profile freigelegt, die zuerst einer Untersuchung unterzogen wurden. Wie die 3,50 m mächtige, ungestört aufeinander folgende Lage fast nur organogener Sedimente zeigt, muß es sich hier schon immer um eine ruhige Bucht gehandelt haben, die einer rein phytogenen Verlandung erlag. — Diese Bucht muß einmal entsprechend der ganzen Länge des Moores nach hinten gegriffen haben, wie eine Bohrung 350 m landeinwärts bewies.

Der Mooraufbau am Wolfsgrund steht in scharfem Gegensatz zu den großen, 650 m breiten Flächen des übrigen Ahaer Zuflußgebietes, wo organogene Schichten nur eine untergeordnete Rolle spielen, im Vergleich mit den Sandmassen, die in großer Mächtigkeit vor allem unmittelbar nach dem Zurückschmelzen des Gletschers aufgeschüttet wurden.

Der Aufbau des Profiles ist folgender:

Über dem schon erwähnten glazial verbackenen Sand folgen zunächst nur wenige Dezimeter mächtige lockere Sande, dann eine 5—10 cm mächtige Tonlage, die frei von organogenen Resten und Fossilien ist. Darüber:

3,50—2,70 m gelbgrüne, oft sandhaltige Tonmudde (Grobdetritusgyttja).

2,50—1,40 m Lebertorf (Dy-gyttja), der natürlich nicht scharf gegen die Tonmudde abgesetzt ist; in 2,00 m öfter eingeschwemmtes oder angetriebenes Holz.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

1,40—1,35 m Equisitetum mit wenig Carex (rostrata).
1,35—1,20 m Scheuchzerietum und weniger Carex, dem sich weiter nach oben Sphagnum und oberhalb 1,10 m Eriophorum beimischt.
1,00—0,80 m Eriophoretum — Sphagnetum.
0,80—0,30 m Sphagnetum.
0,30—0,0 m Sphagnetum — Eriophoretum.

Der Fossilgehalt der Schichten ist:

3,50—3,00 m. Die Tonmudde dieser Lage ist vor allem reich an den wohl erhaltenen Blättern einer arktischen Dryasflora. Ich zähle dabei jetzt vorwegnehmend und zusammenfassend auf, was ich nicht nur hier, sondern in den ganz entsprechenden Schichten an den SW- und NO-Ufern und im Delta des Ahaer Zuflußgebietes gefunden habe [1]):

Salix myrtilloides	s h [2])	Dryas octopetala	ss
„ herbacea	h	Salix cf. arbuscula	
Betula nana	h	cf. hastata	
Salix reticulata	s	„ cf. incana	
retusa	s	Vaccinium uliginosum	
		Betula cf. pubescens	„

Die Reihenfolge gibt die Häufigkeit an, in der die Blätter gefunden wurden. Am häufigsten ist Salix myrtilloides, recht selten und nur in ca. 10 Blättern gefunden wurde die Leitform dieser Flora: Dryas octopetala. Sehr charakteristisch ist Salix myrtilloides mit dem meist breiten, oft herzförmigen Blattgrund und dem umgerollten Blattrand. Gelegentliche Blätter mit schmalem Blattgrund und entfernter Zähnelung wurden als Salix arbuscula bezeichnet. Doch zeigte ein Vergleich mit Herbarmaterial, daß auch Salix myrtilloides manchmal solche Blattypen ausbilden kann.

An makroskopischen Fossilien wurde hier außerdem gefunden: 3,20 m gehäuft das Gewirr der Sprosse von Myriophyllum alternifolium, einmal ein Zapfen von Pinus montana, häufiger — vor allem wieder in oberer Lage (3,20 m) — solche von Pinus silvestris, Holz von Kiefern, Zwergweiden und Zwergbirken, ein Wurzelstock von Polygonum bistorta, Carexfrüchte und Kiefernnadeln.

---

[1]) Ein paar zweifelhafte Bättchen konnte ich Herrn D. WALO KOCH (Zürich) vorlegen, dem ich für seine Bemühungen auch an dieser Stelle danken möchte. Leider war auch Herrn KOCH eine eindeutige Bestimmung nicht möglich.

[2]) s h = sehr häufig, h = häufig, s = spärlich, s s = sehr spärlich.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

An Moosen bestimmte mir Herr Garteninspektor W. Mönkemeyer

Drepanocladus exannulatus z. T.
var. serratus submersus
Polytrichum commune
Philonotis alpicola
Mnium punctatum
Calliergon spec.
cf. Hygrohypnum spec.
cf. Grimmia spec.

Besonders häufig, vor allem in oberen Lagen ist Drepanocladus exannulatus. Seltsamerweise fehlt Calliergon trifarium, das aber auf Kalkgebiete beschränkt zu sein scheint. Im übrigen handelt es sich um Moose, die alle auch heute noch im Schwarzwald vorkommen oder allgemein verbreitet sind. Sie sind zwar durchweg „nordisch", eigentlich arktisch-alpin ist aber höchstens Philonotis alpicola.

Die Tonmudde enthält außerdem reichliche Chitinreste, so die Deckflügel von Käfern. Prof. Dr. R. Lauterborn bestimmte mir [1])

Selatosomus rugosus (Schnellkäfer)
Otiorhynchus nodosus (Rüsselkäfer)
Chrysochloa spec- (2 Arten)
Donacien (Plateumaris sericea?)

Prof. Lauterborn machte mich darauf aufmerksam, daß es sich um eine ganz typisch subalpine Käfergesellschaft handelt, die er z. B. schon in den Alpen (Quellgebiet des Rheins) in über 2000 m ü. M. gesammelt habe, — die aber auch auf unserem Hochschwarzwald heute noch lebt. Selatosomus fehlt zwar, kommt aber dafür in den Hochvogesen vor. Die Chrysochloaarten sind dem Schwarzwaldwanderer wohl bekannt als die grünen Käfer, die oft massenhaft auf den Blättern des Alpendostes oder der Senecio- und Petasitesarten sitzen und diese zerfressen. Da diese Käfer ganz vorwiegend auf solchen saftigen Staudengewächsen leben, so können wir daraus auch mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit auf die Anwesenheit einer subalpinen Hochstaudenflur in dieser Dryaszeit schließen, wenn sie auch fossil nicht erhalten ist. Weiter konnte auch einmal ein zarter Hymenopterenflügel wohl erhalten in der Tonmudde gefunden werden. (Wespe!?)

[1]) Es darf hier vielleicht noch angemerkt werden, daß sich Herr Prof. Lauterborn seine Bestimmungen durch den bekannten Käferspezialisten, Herrn W. Hubenthal bestätigen ließ. — Im übrigen hängen z. B. bei Chrysochloa beide Flügeldecken noch öfter zusammen. Herrn Prof. Dr. Lauterborn danke ich wieder den Hinweis, daß dies ein untrügliches Zeichen für eine gewisse Standortsnähe der Käfer wäre. Bei weiterer Verschwemmung könnten niemals mehr die Flügeldecken so zusammenhängend erhalten bleiben.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Das Fehlen von Schnecken ist beim Kalkmangel der Schichten wohl verständlich. — Sehr groß ist auch der Reichtum an Mikrofossilien.

Es wurden gefunden; Pollen von Pinus (montana und silvestris), Betula (nana, pubescens und alba), ferner von Hippophae, Myriophyllum alternifolium, Umbelliferen, Cyperaceen, Gramineen, cf. Galium palustre, cf. Polygonum bistorta, dazu Ericaceentetraden, Sporen von Sphagnum, Pilzen, Athyrium spec., Mikrosporen von Isoetes echinospora.

Blattfetzen von Myriophyllum, Hypnum spec. (als Großgattung) Sphagnum. — An Algen nur Pediastrum Boryanum und muticum. Diatomeen: Melosira spec., Surirella elegans, Pinnularia nobilis, Eunotia gracilis, Synedra radians, Epithemia sorex und E. turgida, Gomphonema acuminatum, Nitschia vulgaris, Cymbella spec., Navicula spec. — Chitin: Cocconhüllen von Rhabdocoeliden, Schalen und Maxillen von Cladoceren. Blattschuppen von Betula (?), Blatthaare von Nuphar.

3,00—2,70 m. Die subarktische Flora verschwindet. Neue Pollenformen treten auf, so: Corylus, Alnus, Ulmus, Quercus und Tilia. Neben anderen oben schon erwähnten Pollen und Sporen erscheinen jetzt ferner die Sporen von Equisetum limosum und die Mikrosporen von Isoetes lacustris. Eingeschwemmt findet sich Birkenholz, mikroskopisch: Treppengefäße von Farnen und Radizellen. Der Gehalt an organischem Material nimmt zu.

2,70—1,40 m. Bei etwa 2 m treten neu die Pollen von Fagus, Abies, Picea und auch Fraxinus auf. Das hier eingeschwemmte oder angetriebene Holz besteht vor allem aus Pinus, Alnus und Betula. In 1,70 m taucht erstmals der Pollen von Carpinus auf. — Neben den alten Mikrofossilien wurden weiterhin neu beobachtet: Sporen von Lycopodium inundatum (?), Spaltöffnungen von Pinus, Sporen von Aspidium filix mas, Farnsporangien, Gewebefetzen von Scheuchzeria palustris und Eriophorum spec. Die Diatomeenflora bleibt stets unverändert.

1,40—1,35 m. Makroskopisch werden neben den massenhaften Stengelgliedern und Wurzeln von Equisetum (welch letztere übrigens den Lebertorf bis weit nach unten durchsetzen) Rhizome und Halmbündel von Carex gefunden mit den charakteristisch aufgeblasenen Früchten von Carex (rostrata). — Außerdem Blätter von Vaccinium vitis idaea, Salix aurita, Fagus silvatica, benadelte Zweigstücke von Pinus montana und Abies pectinata, mikroskopisch

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

reichlich Equisetumsporen, ferner Sphagnumsporen, Blattfetzen von Hypnum spec., Radizellen, Gewebefetzen von Equisetum, immer noch Pediastrum Boryanum. — Ericaceentetraden, Pollen von Abies, Fagus, Picea, Pinus, Betula, Alnus, Quercus, Ulmus, Corylus.

In dem Scheuzerietum darüber treten zum ersten Male die charakteristischen Hochmoortönnchen auf (Ditrema flavum). Erst in den obersten Schichten (0,10 m) entdeckt man Desmidiaceen (Euastrum spec.). Die Pollen- und Sporenflora bleibt unverändert dieselbe. Verschwunden sind natürlich limnische Formen, wie Isoetes, verschwunden sind auch die Diatomeen.

Die statistische Auszählung der Pollen und einer Reihe von Sporen ergab umstehendes Bild (Tabelle 1).

Eine graphische Darstellung gibt Diagramm 1 (Abb. 4), (Abb. 5).

Besonders überraschend und neu für den Schwarzwald ist der untere Abschnitt dieses Diagramms. Der Kiefernphase vorgeschaltet erscheint noch eine Weiden-Birkenphase, die sich in einen Weidengipfel und einen nachfolgenden Birkengipfel trennen läßt. Allerdings war im vorliegenden Diagramm die Probeentnahme zu wenig dicht erfolgt, um den Birkengipfel klar hervortreten zu lassen. Deutlicher wird es in anderen Diagrammen werden.

Das unterste Spektrum ist dabei einfach das Abbild der makroskopisch gefundenen Tundrenvegetation. Wie noch gezeigt wird stammt der Birkenpollen hier überwiegend von Betula nana. Bemerkenswert ist weiterhin der sekundäre Birkenanstieg, der an ähnliche vor allem von K. Bertsch in Oberschwaben gefundene Erscheinungen erinnert. Erst jetzt tauchen Erle, Ulme, Hasel und Eiche auf und reiht sich die für den Schwarzwald durch die Untersuchungen von P. Stark und W. Broche bekannte Baumfolge an:

Kiefernhaselzeit
Hasel-Eichenmischwaldzeit
Tannenmaximum
Buchenmaximum
Fichten-Kiefernanstieg, wobei im Tannen-Buchenverhältnis zunächst eine Führung der Tanne (II. Tannendominanz), zuletzt eine solche der Buche (II. Buchendominanz) deutlich wird.

Das Spektrum in 0,10 m ist als subrezente Oberflächenprobe zu werten. Die Probe wurde aus einem kräftig wachsenden und noch fast grünen Regenerationskomplex entnommen. Die Pollenzusammensetzung entspricht recht gut dem heutigen Vegetationsbild. Die Kieferndominanz wird vor allem durch den Spirken-

Tabelle 1. Moor am Wolfsgrund.

Tiefe cm	350	345	340	330	320	310	300	290	280	270	260	250	240	230	220	210	200	170	140	125	105	80	70	60	50	40	30	10
B	20,2	41,6	40,9	17,1	14,4	12,5	20,0	34,6	22,5	22,7	19,2	36	31	29,8	10,7	10,7	7	5	2	0,9	3,5	8	10,6	10	9	8	5	6
P	1,3	2,7	39,3	63,5	75,3	81,7	72,2	57,5	66,1	66,8	60,5	27	31	22,8	9,4	10,7	10	7	3	9,5	9,1	8	13,5	17	17	23	12	45
S	78,4	56,4	19,6	19,2	10,1	5,6	7,6	5,8	2,4	3,8	2,8	1	1	0,6	1,2			1,5									1	
Sa	*54*	*41*	*13*	*16*	*7*	*4*	*8*	*4*		*2*	*1*	*1*	*1*		*1*			*3*									*1*	
Sb	*66*	*20*	*12*	*11*	*7*	*5*	*9*	*8*	*3*	*4*	*2*		*1*	*1*	*1*													
Co								9,2	48,3	65,6	98,0	62	59	34,8	26,5	9	9	3,7	1	4,7	9,8	9	4,9	3	8	8	3	1
Ul								1,9	8,0	3,9	7,6	6,8	8,9	6,6	6,9	2,5					1,3					1		1
T										1,2		11,1	8,9	14,1	8,8		0,9	1,3					0,9					
Q							0,4			1,2	6,7	13,5	15,3	17,2	39,2	14	6,3	2,9	3	4,7	3,5	13	3,9	2	3	5	4	4
E M							0,4	1,9	8,0	6,4	14,4	31,4	33	37,8	55	16,5	7	4	3	4,7	4,9	13	4,8	2	3	6	4	5
Al									0,8		2,8	5	4	9	20,2	14,8	14,5	8	2	1,9	5,6	4	0,9	3	3	2	1	4
F															1,2	10,7	13	26	18	37,1	46,4	40	21,3	18	27	20	28	6
Ab															1,9	29,7	40	42	58	31,4	19,6	13	28,1	30	23	14	19	4
Pc																6,6	8	6	13	12,3	9,1	12	19,4	18	15	26	30	29
Cp																		1		0,9	1	2	1	2	2	1		
Sa	153	319	127	140	138	159	224	224	184	255	206	191	197	140	200	132	120	214	126	110	156	109	107	103	108	108	103	116
Di	30	108	460	354	996	985	1075	900	562	685		118	124	151	316	352	352			105	142	100						262
Hip	18,9	0,9	2,3	1,4		0,6																						
Ie			11	+	+	+	+	+	+	+			+	5,7	45,8	4,1													
Il												1,7	1,6	63,5	254,7	62,4	11,8	+										
Ath	1,3	0,9					0,4	0,5	5,6	4,5	21,1	25,4	22,5	13,4	8,2	15,7	33,6	0,4	?									
Myr	?						+		0,7	4,5	1,9	0,8																

Die Angaben von Hippophaepollen (= Hip), Isoetessporen (Ie = Isoetes echinospora, Il = Isoetes lacustris), Athyriumsporen (= Ath), Myriophyllumpollen (= Myr) sind nicht zur Pollensumme (= Sa = Waldbaumpollen und Corylus) gerechnet, aber (wie Corylus) prozentual auf die Waldbaumpollensumme ohne Corylus bezogen. Liegt keine Zählung vor, so wird das bloße Vorhandensein einer Art durch + ausgedrückt. Die Zahlen unter Sa (Salix a) und Sb (Salix b) geben die absolut gezählten Pollen an. Die Pollendichte (= Di) ist die Zahl der Pollen pro Präparat 18×18 mm.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

bestand des Moores verständlich. Aber auch auf dem über dem Moore aufsteigenden Berghange stocken gleich häufig nebeneinander Fichten, Berg- und Waldkiefer. Häufiger als die recht seltene Weißtanne ist in den umgebenden Wäldern noch die Buche zu finden.

Interessant ist auch der Wandel der Isoetesarten. In den Dryasgyttjen ist überall nur Isoetes echinospora häufig. I. lacustris

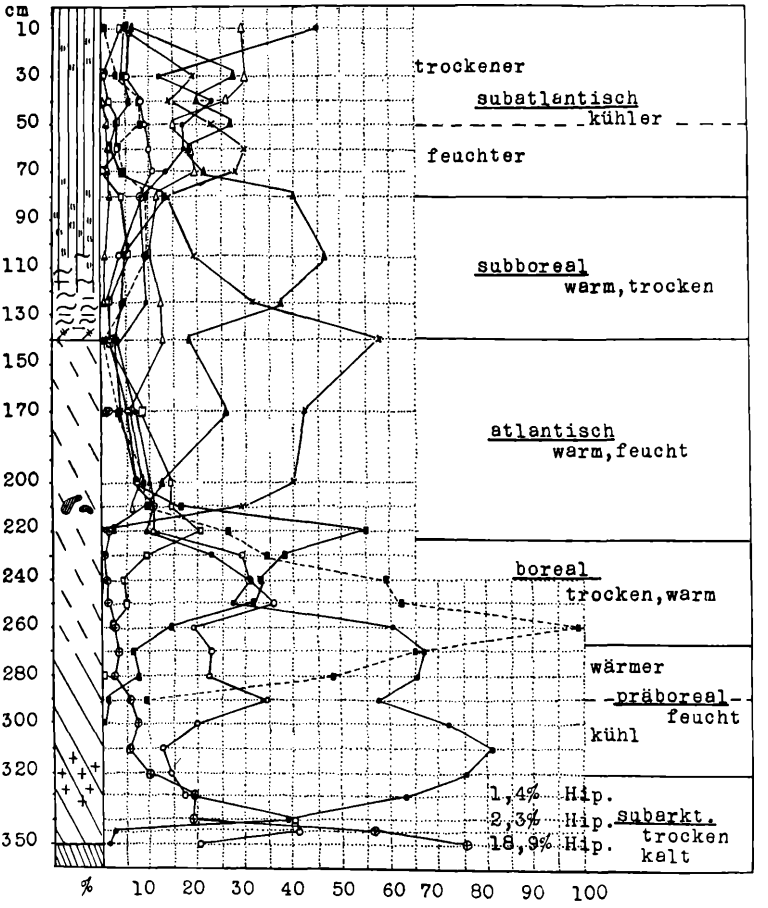


Abb. 4. (Diagr. 1).

erscheint erst mit Hasel und Eichenmischwald und muß in dieser Zeit, wie vorher I. echinospora eine Massenentfaltung erlebt haben.

Wie weit der Verlauf der Waldkurven lokal bedingt ist, ob außerdem der obere Abschnitt des Diagramms mit dem Wechsel von Buche und Tanne nur Zufall oder Gesetzmäßigkeit ist wird

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

neben dem Vergleich mit anderen Schwarzwalddiagrammen vor allem die Untersuchung noch anderer Profile am Schluchsee entscheiden. Vorweg sei aber gleich gesagt, daß das vorliegende Diagramm direkt an Stelle eines Durchschnittsdiagrammes genommen und gewertet werden kann. (Die deshelb hier schon beigefügten Parallelsetzungen mit Klimaschwankungen sollen aber erst später begründet werden.) Zur Feststellung eventueller Klimaschwankungen

Abb. Zeichenerklärung zu den Diagrammen 1—4.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

müssen wir nun auch gleich auf die Eigentümlichkeiten des Schichtaufbaus nach ihrer Lage in den Diagrammen achten.

Im vorliegenden Profil sei vor allem auf drei Dinge aufmerksam gemacht. Einmal findet eine ganz auffällige Häufung von Myriophyllum alternifolium kurz vor dem ersten Kieferngipfel statt, hier und vor allem noch weiter seewärts in einer Tiefe, in der diese Pflanze nur noch spärlich oder gar nicht mehr wächst. Dann sei an den Schwemmholzhorizont erinnert der mit dem Schnittpunkt der Eichenmischwald- und Tannenkurve zusammenfällt. Kurz vor der Buchendominanz erfolgt schließlich die Verlandung. Dieser Verlandungszone kommt insofern ein ganz eigenartiger Charakter zu, als sie auch an der Bohrstelle, 350 m landeinwärts, noch genau in denselben Diagrammabschnitt fällt. Die Verlandung einer weit nach hinten greifenden Bucht muß also sehr rasch und über große Flächenerstreckung hin erfolgt sein. Weiterhin liegt das Equisitetum und Scheuchzerietum weit unter dem heutigen Normalwasser Das zeigte vor allem der Wiederaufstau des Schluchsees im Herbst 1930.

Das zeigt aber auch noch eine andere Tatsache. Das Scheuchzerietum streicht ahabachwärts, dort, wo die Ufer auf Sand ruhen und nicht abgebrochen sind, auf einer Fläche aus, die heute vom Normal- und Hochwasser überspült wird. Es ist jetzt eine Erosionsfläche auf der noch Juncus supinus, Polygonum amphibium, aber nicht einmal mehr die Macrocarices gedeihen können. Die Pollenanalyse zeigte sofort das Buchenmaximum, also die Gleichzeitigkeit mit dem Scheuchzerietum in der Bucht.

Übrigens dürfte in unserem Profil auch der spätere Wechsel von Sphagnetum und Eriophoretum, der durch die ganze Bucht hindurch zu verfolgen ist nicht ganz zufällig sein und sich nicht bloß durch die Sukzession von Regenerations- und Erosionskomplexen erklären lassen.

2. Das Ahaer Delta.

A. Das ufernahe Deltagebiet.

Tiefe kañonartige Schluchten hat nach Ablassen des Schluchsees der Aha- und Krummenbach, ein dazwischen gelegenes künstliches Entwässerungsbächlein und ein kleiner durch das sog. Torfmoor fließender Bach in rückwärts greifender Erosion in das breite Delta des oberen Zuflußgebietes des Sees geschnitten (vgl. Abb. 3). Sie ließen zunächst und vor allem einmal klar die Geschichte der ufernahen Partien erkennen.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

In der Sohle der „Torfmoorschlucht" kamen fossilleere Bändertone zum Vorschein. Darüber liegen mächtige, bis 10 m hohe Sande, die eine wunderschöne subaquatische Deltastruktur aufweisen. Ungefähr 3,50 m unter der Oberfläche nehmen sie horizontale Flußstruktur an, um dann von einem 30—40 cm mächtigen Tonmuddeband überlagert zu werden.

Nun folgt aber keineswegs eine weitere normale Folge organogener Sedimente, sondern ein für die ganzen Profile gültiger, zwei-

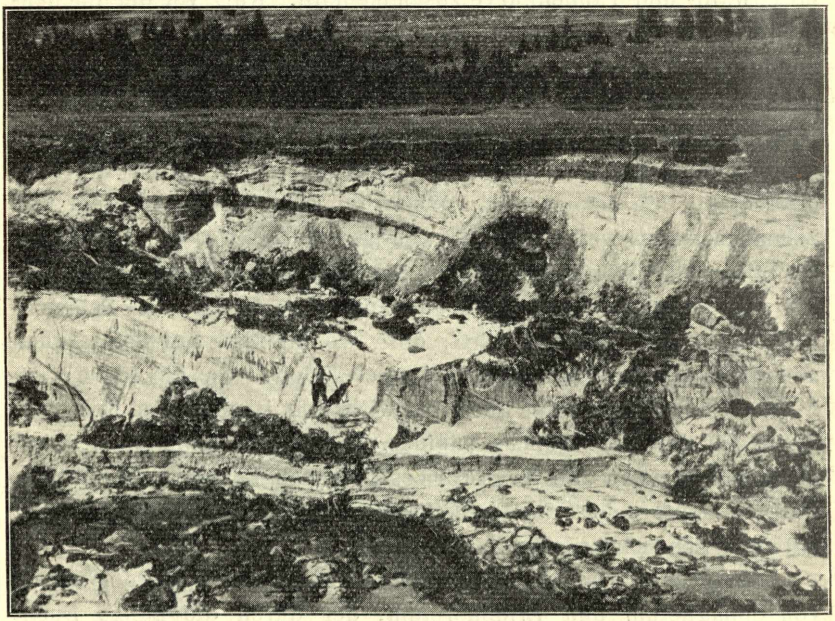


Abb. 6. Erosionsschlucht des Krummenbachs kurz vor der Mündung in den See.

maliger Wechsel von Torf und Sand (vgl. dazu Abb. 6 u. 8). Vor allem über die unterste tonige Mudde schichtet sich noch einmal eine mächtige Sandlage von 1—2 m, die wieder in der Nähe der Seehalde Deltastruktur annimmt, sonst aber in horizontaler Lagerung Flußstruktur mit typischer Linsenbildung usw. zeigt. Diese Sandschüttung ist recht intensiv und läßt sich weit talaufwärts, sogar unter dem Feldmoos hindurch verfolgen.

Über diesem Sand folgt hier im vorderen Deltagebiet eine 40—60 cm mächtige Lebertorfschicht. Sie reicht talaufwärts bis zu der Krummenbachwiese (s. Abb. 3), wo sie immer weniger

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

mächtig und dünner wird. Von oben gräbt sich der hangende nächste Sand zapfenartig ein. Schließlich erscheint die Schicht nur noch in einer schalenartig aufgearbeiteten Form, wie sie überall in der Nähe von Strandlinien heute noch entsteht (subrezent in litoralen Profilen). Wir müssen uns also in der Nähe eines alten Ufers befinden. Wie wir noch sehen werden ist auch tatsächlich die Verlandung vom Feldmoos her in jener Zeit sehr rasch bis dorthin fortgeschritten. Noch einmal erfolgt also Störung durch eine Sandzwischenlagerung. Diese ist zwar lange nicht so intensiv wie die erste, reicht auch nicht so weit talaufwärts, ist aber doch ganz allgemein in allen Profilen wiederzufinden. Darüber folgen zuletzt telmatische Torfe. die durchschnittlich 1 m mächtig sind.

Betrachten wir uns dieses Profil näher! Im untersten Tonmuddeband entdecken wir wieder den ganzen Reichtum der Dryasflora, den wir schon oben beschrieben haben. An Mikrofossilien finden wir neben den Pinus-, Betula-, Salix- und Hippophaepollen vor allem wieder die Mikrosporen von Isoetes echinospora, weiter die Blatthaare von Nuphar, Blattfragmente von Myriophyllum, Pediastrumarten, die bekannten Diatomeen und anderes schon oben Beschriebenes. In den oberen Lagen kündet sich die nahende Sandschüttung durch zunehmende Häufigkeit von feinen Sand- und Glimmerlagen und kleinen, nur Millimeter mächtigen Schwemmtorfschichten an. Auch an Moostorflagen fehlt es hier nicht (Drepanocladus ex., vielleicht primär), Myriophyllum und Isoetes verschwinden dann.

Im hangenden Sand fehlen die Fossilien. In dem folgenden Lebertorf begegnen uns stellenweise gehäuft die Zapfen von Pinus silvestris (und zwar ausschließlich P. silvestris!) vereinzelt Haselnüsse, einmal fand ich außerdem eine Lindenfrucht, die Kupula einer Eichel, häufiger besonders in oberen Lagen die Fruchtstandspindeln von Alnus. Holzreste stammen von Erle und Birke.

An Mikrofossilien sind wieder nicht selten die Pollen des Eichenmischwaldes, die Sporen von Isoetes lacustris, denen gegenüber diejenigen von I. echinospora ganz in den Hintergrund treten, weiter: Ericaceentetraden, Umbelliferenpollen, Sphagnum- und Athyriumsporen, Hypnumblättchen, Myriophyllumblattreste u. a. m.

Im weiter hangenden Sand, zu dem die Lebertorfschicht durch zunehmenden Sandgehalt in den obersten Lagen überleitet, ist häufig Holz eingeschwemmt. Ich fand solches von Erle, Birke, Weißtanne, Rotbuche und Kiefer. Einmal gelang es auch hier schon einen Fichtenzapfen zu entdecken.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Die letzte telmatische Torfschicht zeigt eine für alle Profile gleichmäßig gültige Gliederung. Von oben nach unten folgt:

(Sand)	
humifizierter Torf	0— 25 cm
gelber lehmiger Ton	25— 35 cm
schwarzer, humifizierter Torf mit Stubben	35— 70 cm
(Eriophoretum)	
Scheuchzerietum (und etwas Carex)	70— 90 cm
(Caricetum)	90—100 cm.

Das Caricetum ist dem Scheuchzerietum nur dort vorgeschaltet wo muldenförmige Vertiefuugen zu erkennen sind. Häufig sind dann die Früchte von Carex rostrata. Das Scheuchzerietum ist besonders gut in der Nähe des heutigen Seeufers zu erkennen. Landeinwärts ist es stark verrottet und kaum mehr von der hangenden schwarzen, humifizierten Moorerde zu trennen. An Fossilien finden sich hier die Früchte des Fieberklees, mikroskopisch neben den bekannten Pollen jetzt solche von Abies, Fagus, Picea, nicht selten sind Cyperaceenpollen, Athyriumsporen, Radizellen, Hypnumreste, Sphagnumblättchen, Tetraden, Lycopodiumsporen u. a. m.

Auch das Eriophoretum ist nicht überall klar ausgebildet. Es ist meist so stark humifiziert, daß es von der schwarzen Moorerde gar nicht getrennt werden kann. Die Stubben in der obersten Lage dieser Moorerde gehören zu Birke, Kiefer und Fichte. Mikroskopisch erscheinen Pollen, Sporen, Radizellen usw. etwas korrodiert. Neu sind die Epidermisfetzen von Eriophorum. Schon im Scheuchzerietum steckten übrigens an tierischen Resten Rhabdocoelidencoccons und die Spermatophoren von Canthocamptus.

Nun folgt der gelbe lehmige Ton. Wie schon bei der liegenden humifizierten Moorerde, so fehlen auch hier beim Aufschwemmen makroskopische Reste ganz. Vereinzelte Carexwürzelchen durchsetzen die Schicht sekundär. Die Armut an organischen Stoffen scheint kaum geringer als in der über- und unterlagernden schwarzen Moorerde. Der gelbe Ton wird der Luft ausgesetzt bald ebenso schwarz wie die hangenden und liegenden Schichten und ist dann nicht mehr von diesen zu unterscheiden. Die primär geringere Humifizierung der gelben Schicht darf man wohl in einem feuchteren und kühleren Klima zur Zeit ihrer Entstehung verursacht sehen. Ein wärmeres, trockeneres Klima wird dagegen zu den schwarz zersetzten Sedimenten geführt haben. Die mikroskopische

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Struktur zeigt vor allem Feindetritus, daneben vereinzelt grobe Sandkörner, die dem schwarzen Torf fehlen. Überraschend ist der Fossilgehalt: Es erscheinen wieder die aus den limnischen Ablagerungen bekannten Diatomeen, die im liegenden semiterrestren Torf natürlich ganz gefehlt haben. So: Pinnulariae majores und P. minores, Surirella elegans und Eunotia spec.

Das Sediment muß also das Produkt einer Überflutung sein, die über eine bereits mit Bäumen wie Fichten bestandene Fläche griff.

Im übrigen ist der Mikrofossiliengehalt wenig verändert. Verschwunden sind die Epidermisfetzen von Eriophorum, verschwunden sind auch die Spermatophoren von Canthocamptus. Häufig sind Pollen und Athyriumsporen, seltener Sphagnumsporen, Sphagnumblättchen und ein paar Radizellenfragmente.

Der abschließende humifizierte Torf ist vielleicht wieder unter trockeneren Klimabedingungen entstanden. Makroskopische Reste fehlen. Mikroskopisch sind besonders auffällig die häufigen Ericaceentetraden und Sphagnumsporen. Die Diatomeen fehlen hier natürlich wieder.

Eine neuerliche teilweise Sandüberschichtung, die sich zapfenartig in die liegende Mudde eingefressen hat, würde wieder für einen ganz jungen höheren Seespiegelstand sprechen.

Die pollenstatistische Untersuchung dieses Profiles ergibt nun folgendes Bild (Tabelle II, Diagramm 2, Abb. 7).

Unser Interesse wird hier in erster Linie auf den Zusammenhang der Baumfolge mit der Schichtfolge gelenkt.

Das unterste Tonmuddeband mit der subarktischen Dryasflora zeigt die Weiden- und Birkenphase und den Aufstieg zum ersten Kieferngipfel. Die erste Sandschüttung nimmt gerade den ganzen Diagrammabschnitt des sekundären Birkenanstiegs bis zum Höhepunkt der Haselkurve ein. Der Lebertorf umfaßt die absteigende Haselkurve und die Eichenmischwaldzeit. Die zweite Sandschüttung beginnt mit dem ausklingenden Eichenmischwald und fällt mit dem ersten Abschnitt der Tannenphase zusammen. Ein auffällig hohes, wohl mehr oder weniger lokal bedingtes Erlenmaximum verbindet sich außerdem mit diesem Entwicklungsabschnitt.

Im Scheuchzerietum beginnen sich wieder Tanne und Buche zu nähern. Der Buchendominanz selbst entspricht der humifizierte Torf mit dem Stubbenhorizont. Mit dem Augenblick, mit dem aber die Tanne die Buche zum zweiten Male überschneidet, setzt die Ablagerung der gelben lehmigen Tone mit den Diatomeen ein.

Tabelle II. Ahaer Delta.

Tiefe cm	333 I	333 II	330	327	324	320	314	305	301	296	290	190	180	170	155	145	140	90	75	70	55	40	30	15	5
B	34,4	31,8	47	56,7	38,3	44,4	20,5	23	7,7	2,9	3,8	36	23,5	20,7	11,8	16	25,9	8,2	4,2	2,6	2,6	15,8	12,6	25,9	7,5
P	1.7	1,5	5,8	0,9	36,4	52,2	70,5	73	83,4	80,5	89,5	19	27,4	9,9	11,8	13	5,7	1,7	3	7,4	7,2	17,6	30,9	33,1	22,5
S	63,7	66,6	47	42,3	25,2	3,3	8,8	3,8	8,7	16,5	6,6	3		0,9	0,9		2,8								
S a	*22*		*9*	*36*	*20*	*2*	*7*	*1*	*6*	*14*	*7*	*3*		*1*	*1*		*1*								
S b	*15*		*7*	*11*	*7*	*1*	*2*	*3*	*3*	*3*							*2*								
Co												40	34,3	37,6	27,7	38	19,2	2,5	3,6	4,4	2,6	5,8	4,7	2,7	4,1
Ul												10	5,9	6,9	8		3,8		1,2	0,5					
T													8,8	18,8	17,8	14	12,5			0,3					
Q												14	19,7	23,8	28,7	30	16,3	2,2	5,5	5,3	1,3	6,4	6,3		
E M												24	34,3	49,5	54,5	44	32,7	2,2	6,7	6,2	1,3	6,4	6,3		
Al												18	13,7	17,8	19,8	25	29,8	72,1	23,7	14,2	12,5	12,3	3,1	3,3	5,8
F																	0,9	4,2	23,7	32,0	45,6	22,3	15,8	15,4	22,5
Ab													0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	9,6	27,4	32,9	29,8	15,2	16,6	15,4	20
Pc																	0,9	1,7	4,2	4,1	0,6	10	12,6	6,6	21,6
Cp																			0,6	0,3	0,6		1,5		
Sa	58	135	34	111	107	90	102	104	103	103	105	140	137	139	129	88	124	361	170	352	155	180	132	186	125
Di	58	67,5	34		214		136		137	164		300	200			66		866		1000					
Hip	1,7	1	11,7	5,4	1,8	1,1	1,9		0,9																
Ie					10,2	22,2	2,9	14,4	3,8			13		+	+	+									
Il												70	+	+	+	+	0,9								
Ath	1,7	?				1,1	0,9	+				+	+	+	+	+	+	7,9	+	+	+	+	+	+	?
Myr					0,9	1,1																			

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Gleichzeitig steigt hier die Fichte zu einem ersten kleinen Gipfel an. Die Kiefer, die schon im Stubbenhorizont zum Anstieg eingesetzt hat, läßt sich auch durch die neuen Überschwemmungen nicht mehr aus den Ufermooren verdrängen und behält bis zuletzt eine führende Rolle. Das Verhalten der Kiefernkurve dürfte hier deshalb mehr oder weniger lokal bedingt sein (Kiefernstubben!).

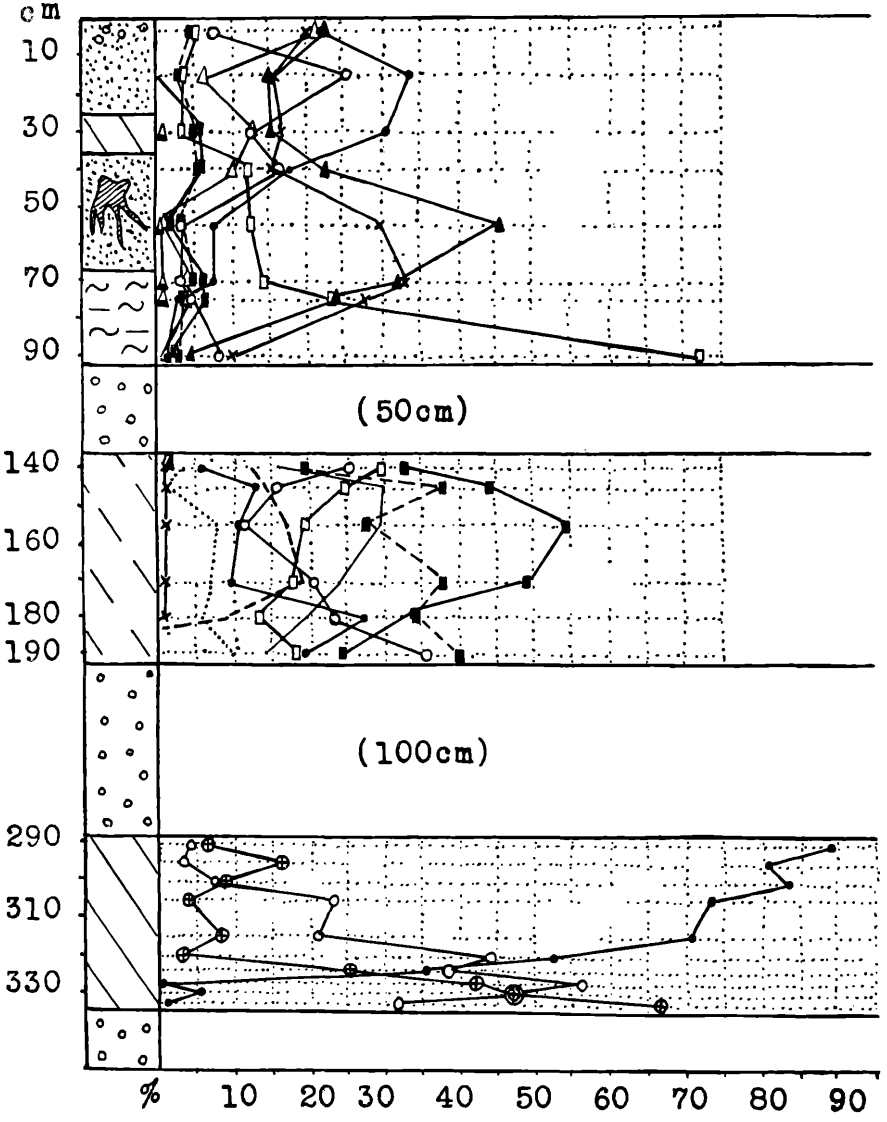


Abb. 7. (Diagr. 2.)

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Das obige Diagramm gilt für alle Profile, die in den Schluchten des Deltas zutage treten. Hier erweist sich die Pollenanalyse als ein wertvolles geologisches Hilfsmittel und die einzelnen Pollenspektren als äußerst fein zu differenzierende Leitfossilien. Überall gehörten das unterste Tonmuddeband, ebenso wie der über der ersten Sandschüttung liegende Lebertorf relativ derselben Zeit an. Es ist nicht so, wie man vielleicht denken könnte, daß der Wechsel von Ton und Torf und Sandlagen nur einer wechselnden Verlagerung der Bachläufe entspräche, die einmal hier Sand schütteten und dort eine stille Bucht zum Ton- und Muddeabsatz freiließen; dann aber umgekehrt dort Sand schütteten und an der alten Stelle einen ruhigen Absatz feiner Sedimente gestatteten. Dann müßte in der Tonmudde oder dem höher gelegenen Lebertorf auch einmal der sekundäre Birkenanstieg oder das Haselmaximum zu finden sein. Die Kontrollproben ergaben aber stets das oben wiedergegebene Diagramm.

Es wird so klar, daß wir hier nur einen Wechsel von stärkerer und schwächerer Wasserführung vor uns haben können, der nur schwer lokal, leicht aber durch Klimaschwankungen erklärt werden kann. Die Muddebänder würden dann eine trockene, die Sandschüttung eine feuchte Klimaentwicklung anzeigen.

Bevor wir unsere Schichten und ihre Ausbildung weiter talaufwärts und in der Höhe des Feldmooses verfolgen, müssen wir noch kurz die Geschichte

B. der Seehalde

betrachten.

Die Hauptmassen des Deltasandes müssen unmittelbar nach dem Zurückgehen des Gletschers aufgeworfen worden sein. Erst durchschnittlich 40 m vor der heutigen Seehalde beginnt die über den Sanden liegende Dryastonmudde in ganz normaler Lagerung über der Deltastruktur gegen den Seekessel abzufallen und die alte Seehalde zu markieren. Die hangende, zweite Sandschüttung treibt das Delta 25—30 m vor (vgl. Abb. 8).

Der eichenmischwaldzeitliche Lebertorf, der diese Sande nun wieder überlagert, schwillt nach unten mächtig an und vereinigt sich hier schließlich mit den Dryassedimenten. Wir haben dann den ganz normalen Verlauf des Diagramms mit sekundärem Birkengipfel und der ansteigenden Haselkurve; je höher wir im Liegenden dieser Lebertorfschicht kommen, desto größer wird die Lücke im Diagramm (vgl. Abb. 8). Auf ungefähr halber Höhe verschwindet

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

der sekundäre Birkenanstieg (I), dann beginnt die Waldentwicklung mit der ansteigenden Haselkurve (II), schließlich im Horizontalen treffen wir ja nur noch — wie oben gesehen — den absteigenden Ast der Haselkurve. In der Angliederung der Segmente I und II spiegelt sich einfach die Art des Sandzuwachses wieder. Oft setzen auch Sandbänder ganz in der Art der konstruierten Grenzlinien durch die Muddeschicht und demonstrieren eine Sandüberrieselung bei besonders starker Wasserführung der Bäche.

Nur 10—15 m wächst das Delta während der Sandschüttung, die dem ersten Anstieg der Tannenkurve entspricht. Die semiterrestren Scheuchzeriatorfe gehen im Abfallenden in Dy- und Schwemmtorfe über, die wieder nach unten anschwellen und sich mit der eichenmischwaldzeitlichen Torfschicht vereinigen zu einer Muddefolge von mehreren Metern Mächtigkeit. Diese streicht flach in den Seekessel ein und wird in ähnlicher Mächtigkeit den ganzen

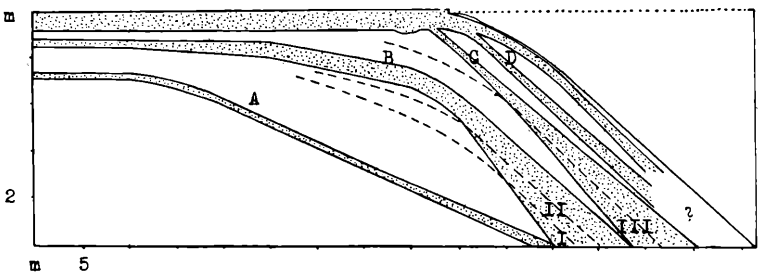


Abb. 8. Seehalde (Aha Delta). A: Dryastonmudde, B: Lebertorf der Eichenmischwaldzeit, C: Tannenphase, D: Buchenphase. I: sek. Birkenanstieg, II: ansteigende Haselkurve, III: letzter Abschnitt der Eichenmischwaldzeit.

Seekessel ausfüllen. — Auch hier verschwindet, je tiefer hinab man der Unterseite der Schicht folgt, je mehr die Diagrammlücke. Der Schwemmtorf der tannenzeitlichen Seehalde wird vor allem durch die häufigen Fichtenzapfen charakterisiert. Ferner wurden hier auch Zapfen von Pinus montana und P. silvestris gefunden.

Wieder folgt Sand, der sich aber jetzt nirgends mehr landeinwärts in das Delta hinein verfolgen läßt. Eine nächste Muddeschicht gehört schließlich gerade der Buchendominanz an. Sie behält, bei ihrem Verfolg von oben nach unten besonders lange eine semiterrestre Struktur. Noch 1 m unter einem Punkt, der heute zwischen Normal- und Niederwasser liegt, steht ein Horizont von Equisetum limosum an. Es entspricht dies der tiefen Lage des gleichaltrigen Scheuchzerietums in der Uferzone am Übergang zu

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

dem Moor am Wolfsgrund. — Für den weiteren Wechsel von Sand und dünnen Torflagen lassen sich keine bestimmten Gesetzmäßigkeiten mehr erkennen, zumal hier die Rutschungen nach Ablassen des Schluchsees die normale Lagerung meist vollständig zerstört haben (vgl. Abb. 8).

Es ist vielleicht wichtig hierbei zu betonen, daß bei der Seespiegelsenkung sonst keinerlei Rutschungen vorkamen und bei der allmählichen Erosion des Baches die Schichten genau in der Lagerung zum Vorschein kamen, wie sie sich später als ein übersichtliches Bild der allmählich, postglazial vorrückenden Seehalde darboten. Auch postglaziale Rutschungen können keine nennenswerten Störungen verursacht haben, da die Muddeschichten immer durchaus konkordant über der Deltaschichtung des Sandes liegen.

Besonders auffällig ist die geringe geologische Wirkung des Postglazials. Wenn auch die Sandbank anfänglich noch vom Wasser überspült war, so war doch schon nach dem Abschmelzen größerer Eismassen die heutige Morphologie des Sees im großen geschaffen. Ob der See anfänglich, vielleicht noch zur Zeit der Bildung der Dryas gyttjen höher stand als heute, so, wie es BUBNOFF annehmen möchte, werden wir gleich entscheiden können.

Nehmen wir nun seit dem letzten großen Abschmelzen des Eises und dem Absatz der Dryastonmudde einen Zeitraum von 10000 Jahren an (vgl. unten), so kommen wir bei einem Vorwachsen des Deltas um durchschnittlich 40 m zu einem jährlichen Zuwachs von 0,4 cm. Natürlich erfolgte dieser Zuwachs nicht stetig, er erfolgte vor allem nur durch die Sandschüttungen der wohl feuchten Perioden. Der mächtigste Anteil kommt dabei der ersten über der Dryastonmudde liegenden Sandsedimentation zu.

Den größten Zuwachs überhaupt erfuhr das Delta bei der Mündung des Ahabaches. Ich maß von dem Punkt, von dem an die Dryasgyttjen einzufallen beginnen bis zur heutigen Uferlinie ca. 50 m. Vermutlich wird hier schon immer der Hauptzufluß aus dem oberen Ahatale erfolgt sein. Dafür sprechen auch mächtige Geröllbänke, die unter der Dryastonmudde liegen und sich in der ungefähren Richtung des heutigen Bachlaufes erstrecken. Sie fehlen in den anderen Schluchten, die ja auch zum Teil durch künstlich angelegte Bäche aufgerissen wurden. Die Eichenmischwald- ebenso die Dryassedimente fehlen ferner hier auf größere Strecken ganz, vielleicht erst durch sekundäre Erosion. Hier auch greift die tannenzeitliche Sandschüttung viel weiter talaufwärts bis in die

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Höhe des Feldmooses und transgrediert über semiterrestre Torfe der Eichenmischwaldzeit. Auch eine jüngere, stärkere Wasserführung macht sich hier in der unmittelbaren Nachbarschaft des Baches in Form von Sandlinsen bemerkbar.

C. Oberer Deltaabschnitt, Feldmoos.

Ein etwas verallgemeinertes Profil im Ahabach auf der Höhe des Feldmooses zeigt so z. B. von oben nach unten:

0,00—0,20 m hellbraune, sandige Mudde.
0,20—0,25 m Sandlinse.
0,25—0,30 m schwarzer, humifizierter Torf (Buchendominanz).
0,30—0,55 m feiner muddehaltiger Sand.
0,55—0,80 m Betuletum.
0,80—1,80 m Sand mit eingeschwemmtem Kiefernholz.
1,80—2,00 m Dryastonmudde.

Eine Pollenprobe aus dem unteren Teil des muddehaltigen Sandes (50 cm) zeigt gerade den zweiten Abschnitt des Eichenmischwaldes mit relativ hohem Alnusprozentsatz (24 %).

Die Dryassedimente sind limnisch. Hier nur wurde übrigens Dryas selbst gefunden. Mit der Eichenmischwaldzeit treten Verlandungstorfe auf, die aber im folgenden wieder übersandet werden. Dann zeigt sich noch einmal — wie schon gesagt — eine jüngere Überschwemmung, die wohl den gelben lehmigen Tonen in den ufernahen Teilen des Deltas entspricht.

Die Dryassedimente behalten ihre limnische Struktur, soweit sie sich überhaupt bachaufwärts verfolgen lassen, soweit sie sich auch unter dem Feldmoos hindurch verfolgen lassen, in dem entlang einer Längsschnittlinie schon im Herbst 1929 eine Reihe von Bohrungen gemacht wurden. An den meisten Stellen stößt man zwar auf den Sand, der die subarktische Vegetationsentwicklung von der haselzeitlichen trennt. Es ist dies auch der Grund, weshalb bei früheren Bohrungen hier — vielleicht auch in anderen Schwarzwaldmooren — diese erste Vegetationsentwicklung nicht gefunden wurde. Nur im zentralen Teil des Feldmooses, 8,20 m über dem heutigen Seespiegel kam ich bei 7,20 m auf Sand, über dem eine limnische Tonmudde noch mehr Birken- als Kiefernpollen enthielt (75 % : 25 % ca.) und wärmeliebende Bäume ganz fehlten (sekundärer Birkenanstieg!!?) [1].

[1]) Diese Probe zählte mir seinerzeit Herr cand. Eberhardt Schmidt aus, wofür ihm hier nochmals gedankt sei.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Der See muß also in jener Zeit tatsächlich über das Delta hinweg weit nach hinten ins Ahaer Tal gegriffen haben. Ob dabei der Seespiegel höher als heute stand, oder gleich hoch oder vielleicht eher niederer entscheidet ein Profil in der Krummenbachwiese. Hier zeigen die Dryasschichten ausnahmsweise eine semiterrestre Ausbildung, ohne daß sie gegen die limnischen Sedimente besonders gehoben erscheinen. Der Seespiegel kann nicht höher, wohl aber niederer als heute gestanden sein. Beim Wiederaufstau des Schluchsees im Herbst 1930 verschwanden beim Normalstand die Schichten tief unter dem Wasser.

Dieser alte Torf hat eine sehr interessante Ausbildung. Er ist zunächst ein Sphagnetum, dann ein Eriophoretum-Betuletum nanae. Das ganze Profil hat folgendes Aussehen und folgenden Fossilgehalt:

0,00—0,30 m gelbe, feinsandige Mudde, Carexradizellen.

0,30—0,35 m Eriophorumband eingebettet in tiefschwarz humifizierte Mudde. Pollenanalyse in 34 cm ergab: Bet. 25 %, Pi. 22 %, Cor. 256 %, Eichenmischw. 51 %, Aln. 2 %. Außerdem Cyperaceenpollen, Sphagnumsporen u. a. m. Also gerade erster Abschnitt der Hasel-Eichenmischwaldentwicklung (mit Birkengipfel!); dabei maximaler Haselwert!

0,35—1,00 m Gelbbrauner, etwas zersetzter telmatischer Torf; vereinzelt Carex-Eriophorum und Zwergbirkenholzreste erkennbar, Pollenanalyse in 0,95 m: Bet. 9 %, Pi. 74 %, Sal. 16 %, Cor. 1 %, Ul. 1 % (?)

1,00—1,15 m grauer, limnischer Ton mit Sandschmitzen, streckenweise rein Sand, dann 20—30 cm mächtig. Pollenanalyse (1,14): Bet. 1 %, Pi. 93 %, Sal. 6 %, außerdem 4 mal Sphagnumblattreste, 2 mal Hypnumblättchen, 1 Radizelle, 1 Athyriumspore, ein paarmal Cyperaceenpollen.

1,15—1,30 m zersetztes Eriophoretum-Betuletum nanae.

1,30—1,35 m zersetztes Sphagnetum. Analyse in 1,34 m: Bet. 49,4 %, Pi. 15,2 %, Sal. 35,2 %, Hippoph. 2,3 %[1]), Umbelliferenpollen 2,3 %[1]), Ericaceentetraden 7,0 %[1]), Sphagnumsporen 423,5 %[1]).

1,35—1,38 m grauer Ton.

Sand.

Schon zur Zeit der Bildung der Dryasgyttjen müssen also vermoorte Inseln über das nur flach überspülte Delta herausgeblickt

[1]) Nicht mit in die Waldbaumpollensumme eingerechnet!

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

haben. Aber auch hier erfolgt wieder Sand- und Tonüberschichtung und zwar mit einem noch höheren Kiefernwert, als wir ihn in den obersten Lagen der Dryassedimente fanden. Noch vor der Hasel-Eichenmischwaldperiode setzt aber wieder die Verlandung ein. Auch die Sedimente der Haselzeit sind natürlich terrester und zeichnen sich zudem deutlich als Trockenhorizont ab.

In welchem Verhältnis stehen nun Baum- und Schichtfolge in dem eigentlichen Feldmoos. Eine Reihe von Bohrungen ergab die eintönige Folge: Mudde — Eriophoretum-Sphagnetum, ohne daß natürlich innerhalb der Schichtfolge infolge der Bohrtechnik feinere Unterschiede festgestellt werden konnten. In 1 m Tiefe stößt man immer wieder auf Holz.

Die Pollenanalyse ergab nun, daß die Grenzfläche Eriophoretum-Sphagnetum — Mudde durch das ganze Moor hindurch in den ersten Abschnitt der Hasel-Eichenmischwaldentwicklung fällt (Corylus und Tiliadominanz bei noch geringen Alnuswerten). Die Fläche muß also in ihrer ganzen Ausdehnung in jener Zeit verlandet sein. Dabei ist besonders auffällig, daß auf die Mudde sofort Sphagnum und Eriophorum folgt. Es mag dies mit Ernährungsverhältnissen zusammenhängen, vielleicht deutet es aber auch eine primäre Trockenlegung der Mudde an, auf der sich dann sofort Sphagnum und Eriophorum ansiedelten. Nur in den Profilen am unteren Ende des Feldmooses bei den Torfschichten vor der großen Spirke ist dem Wollgras auch vereinzelt Schilf beigemischt (vgl. die Angaben bei Broche). In diesen Torfschichten tritt auch sehr deutlich der Holzhorizont (Pinus) in 1 m Tiefe zutage. (Stellenweise setzt er aus, so daß es verständlich ist, wenn er in dem von Broche gegebenen Schluchseediagramm fehlt). Er ist in ein fast reines Eriophoretum eingebettet und fällt gerade in den ersten Schnittpunkt der Buchen- und Tannenkurve.

D. Zusammenfassung.

Zusammenfassend sei noch einmal in ein paar Sätzen die Geschichte des Ahaer Zuflußgebietes am Schluchsee dargelegt.

Das fluvoglazial aufgeschüttete Delta war anfänglich nur flach, allerdings weit über das heutige Feldmoos hinweg, vom Wasser überspült. Schon müssen aber Inseln über die Seefläche geragt haben, vor allem wohl parallel dem heutigen Krummenbach, wodurch schon früh das Feldmoosbecken von dem vorderen Delta abgesondert wurde. Auch heute fällt hier noch eine Wiese mit

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

xerophiler Flora auf. In dem nur wenig durch Flußstörungen gestörten „Schelf", konnte sich in einer eventuell kontinentalen Periode eine feine Mudde absetzen, die eine reiche arktische Flora konservierte. Eine eventuell feuchtere, dann auch wärmere Periode, in der vielleicht die letzten Eisreste verschwanden, warf mit stärkerer Wasserführung neue Sande über das alte Delta.

Mit dem Höhepunkt der Haselnuß- und Eichenmischwaldentwicklung erfolgte im heutigen Gebiet des Feldmooses die Verlandung, während gleichzeitig die heute ufernahen Partien noch unter Wasser lagen, wo sich wieder ungestört durch stärkere Wasserströmungen und gleichmäßig ein feiner Dy absetzte. Noch einmal macht sich hier mit der einsetzenden Tannenentwicklung Sandschüttung bemerkbar, die schließlich auch in diesen Teilen, praktisch bis zur heutigen Uferlinie die Verlandung auslöste. Nach dem Pollen- und Schwemmholzbefund müssen Erlenbruchbestände weit ausgedehnt gewesen sein. Sie konnten aber anstehend nirgends gefunden werden. Bei der Verlandung spielte weiter in einer heute ganz unvorstellbaren Weise Scheuchzeria palustris eine große Rolle.

Am längsten offen gehalten hatte sich eine langgestreckte Bucht am Wolfsgrund. Aber nicht lange nach der Verlandung im ufernahen Deltagebiet, wurde auch sie in ihrer ganzen Ausdehnung trockengelegt. — Bei einer jüngeren stärkeren Wasserführung des Ahabachs wurden auf den seenahen Uferstrecken noch einmal Überflutungssedimente abgelagert. Dann bildete sich allmählich das Vegetations- und Landschaftsbild heraus, wie wir es heute vom Schluchsee kennen oder kannten.

Entgegen landläufiger Ansicht ist übrigens ein aktives Vordringen des Moores nirgends zu beobachten. Die Verlandung ist vorwiegend auf Kosten der allochthonen Zuschüttung zu setzen. Die Ansiedlung des Moores, das ufernah ja auch nur geringe Mächtigkeiten zeigt, erfolgte sekundär.

Abb. 9 gibt einen schematischen und überhöhten Schnitt durch das Ahaer Delta. Das Urgestein, das aber oberhalb des Feldmooses anstehend zutage tritt, ist nur vermutungsweise eingetragen. Die Linie E bezeichnet die neu geschaffene Sohle der Erosionsschluchten nach Absenkung des Sees. Das Schnittbild durch das Feldmoos konnte auf Grund der oben erwähnten Bohrungen in Verbindung mit barometrischen Höhemessungen [1]) konstruiert werden.

[1]) Herrn Oberbergrat Dr. K. SCHNARRENBERGER danke ich die Überlassung eines Höhenmessers aus der badischen geologischen Landesanstalt.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

3. Die litoralen Sedimente.

Nicht überall wurde an den Halden des abfallenden Seekessels (Sublitoral) und auf der flacheren Uferbank (Litoral) organogene Sedimente abgelagert. Am weitesten vom Ahadelta her nach SO, fast bis zur „Schönen Buche" reichen die litoralen Sedimente auf der SW-Seite des Sees; nur wenig weit auf dem den vorherrschenden SW-Winden viel mehr ausgesetzten NO-Ufer. Zu einem Muddeabsatz bis herauf in die litoralen Partien des Seekessels kommt es noch einmal am SO-Ende des Sees hinter dem glazial aufgestauchten Wall kurz vor Seebruck (vgl. Abb. 3).

Untersucht wurden zunächst die Profile am NO-Ufer, immer noch innerhalb des Bereiches des Wolfsgrundes. Dort war ungefähr 10 m seewärts vor der normalen Uferlinie und parallel dem Ufer die ganze litorale, organogene Sedimentation abgebrochen und wieder auf den roten, verbackenen und gebänderten Sanden und Tonen glazialen Ursprungs dem sinkenden Seespiegel nachgerutscht.

Die Sedimente haben eine durchschnittliche Mächtigkeit von 1,50—2,00 m. Schon bei oberflächlicher Betrachtung fällt sofort ein weißes Tonband auf, das sich von der dunklen Mudde deutlich abhebt und in mittlerer Tiefe und in steter Mächtigkeit (ca. 10 cm) den ganzen Profilen entlang zieht; ferner eine Anhäufung von Myriophyllum alternifolium in den tiefsten Lagen des Profiles.

Die Folge ist von oben nach unten:
0,00—0,28 m Grobdetritusdy mit Equisetum.

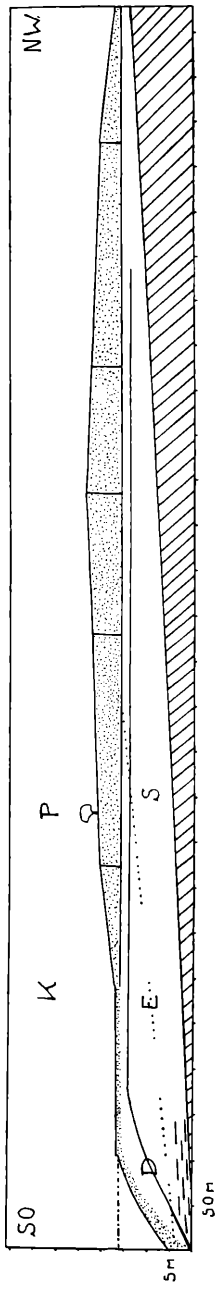


Abb. 9. Längsschnitt durch das Ahadelta. E = Sohle der Erosionsschlucht, D = Dryastonmudde, S = Sand, K = Krummenbach, P = Alte Spirke. (Naturdenkmal).

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

0,28—0,30 m Equisitetum.
0,30—0,75 m feinerer Dy.
0,75—0,85 m weiße Tonmudde.
0,85—1,40 m gelbbraune Dygyttja, 88—90 cm: Häufung von Myriophyllum.
1,40—1,70 m gelbraune Dygyttja, vollständig durchsetzt mit Myriophyllum alternifolium.
1,70—1,72 m Sand.
1,72—1,80 m Ton.
Sand.

Der Fossilgehalt ist folgender:

1,72—1,80 m. Der Ton ist wieder reich an den Blättern der subarktischen Flora mit Salix myrtilloides, S. herbacea u. a. m. Mikroskopisch: Pollen von Betula, Pinus, Salix, Hippophae, Umbelliferen, cf. Polygonum Bistorta, Cyperaceen und Gramineen; ferner Pediastrum muticum, einmal Myriophyllumblättchen.

1,40—1,70 m. Makroskopisch: Myriophyllum, Kiefernsamen, Blatt von Betula cf. pubescens. Mikroskopisch: Pollen von Pinus, Betula, Salix, Quercus, Gramineen, Umbelliferen, cf. Plantago, Myriophyllum alternifolium, Ericaceentetraden, Sporen von Athyrium, Pilzen, Sphagnum, Lycopodium cf. selago, Isoetes echinospora; Blattreste von Sphagnum, Hypnum und Myriophyllum, Blatthaare von Nuphar, Blattschuppen von Betula (?), Treppengefäße, Algenfäden (Cladophora!?) und Diatomeen. Chitin, Arcella.

0,85—1,40 m. Neben dem oben genannten Pollen der von Hasel, Erle, Ulme und zuletzt Linde. Neue Sporentypen stammen von Equisetum limosum und Aspidium spinulosum; sonst ist das Bild unverändert, immer noch Hypnum- und Myriophyllumblattfragmente, Algenfäden, Diatomeen, (Surirella elegans, Melosira spec., Eunotia spec. Epithemia turgida, Gomphonema acuminatum usw.) und Chitin (Cladocerenschalen), Spongillanadeln. Die Sedimentstruktur zeigt überwiegend Feindetritus (80 %), wenig Sand und Grobdetritus (je ca. 10 %) und reichlich Humine.

0,75—0,80 m. Der Feindetritusgehalt sinkt auf ca. 50 %, daneben dominiert feiner Sand (40 %) ein geringer Rest sind Grobdetritus, Pollen und Sporen[1]). Die Humine sind verschwunden. Pollen, Sporen und Gewebefragmente zeigen deutliche Korrosions-

[1]) Es handelt sich bei diesen Angaben lediglich um eine Abschätzung des mikroskopischen Bildes.

Tabelle III. Litoralprofil.

Tiefe cm	180	170	160	155	150	148	146	143	139	136	134	130	125	118	113	100	90	80(?) [1]	75	70	50	30	15	5
B	22,2	10,6	9,7	8,8	22,8	20,5	29,6	23,5	27,1	30,6	19,8	30	23,3	20,5	15,2	18,0	14,3	12,1	6,6	2	8,6	1,5	3,3	10
P	3,7	82,7	84,4	89,2	72,8	77,5	63,8	72,5	67,9	66,2	72,9	64,2	69,4	71,5	71,9	50,9	50,9	13,6	4,7	3	4	3,0	7,3	6
S	74	6,5	5,8	1,9	4,3	0,9	6,4	3,9	3,8	1,2	6,2	4,8	4,5	3,9	2,5	5,1	1				0,5			
Sa	*32*	*9*	*10*	*1*	*9*	*1*	*5*	*2*	*2*	*1*	*6*	*3*	*3*	*2*	*2*	*6*	*1*							
Sb	*28*	*5*	*2*	*1*	*5*		*5*	*2*	*2*	*1*	*7*	*3*	*4*	*2*	*2*	*2*					*1*			
Co										0,6	4,8	4	24	31,3	63,6	100,6	138,5	109	23,8	10	8	2,2	3	7,3
Ul										0,6		0,8	1,9	2,9	7,6	20,6	13,7	21,2(?)	2,8	1	0,6			0,6
T																	1,3	3,1	0,9		1,3			
Q						0,9			0,9	0,6					1,9	1,9	17,6	28,7	10,4	4	6	6	4,6	2,6
EM						0,9			0,9	1,2		0,8	1,9	2,9	9,5	22,5	32,6	53	14,2	5	8	6	4,6	3,3
Al										0,6	0,9		0,6	0,9	0,6	1,9	1,3	13,6	16,1	17	13,2	7,5	8	12
F																		1,5	16,1	23	21,2	40,1	36,6	20,6
Ab																		4,5	35,2	42	39,8	31,8	29,3	34
Pc																		1,5	6,6	8	4	8,3	11,3	12,6
Cp																					0,6	1,5		1,3
Sa	81	215	206	102	320	102	155	102	103	161	217	128	191	134	257	311	365	138	130	110	162	135	155	161
Di	40	860	800		1200								780		620	600	600	110	210			270	300	300
Hip	12,3													0,9						+				
Ie		12	5,8	7,8	3,4	+	6,4	+	+	+	5,7	+	72	+	4,4	1,3	22,2				0,6			4
Il																		201,5	16,1	+	1,3			
Ath			0,5		1,2	+			0,9		1,9	+	2,5	+	1,2	3,7	5,8	13,6	3,8	+	8		+	8,6
Myr					0,3	?	0,6		0,9	2,5	3,8	1,6	0,6		1,2	2,5	1,3							

[1] Die Auszählung (80 cm) ist infolge der Zersetzung der Pollen etwas unsicher.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

erscheinungen und sind meist nur schwer zu identifizieren. Am besten erhalten sind die Sporen, vor allem Athyrium und die neu und massenhaft auftretenden Mikrosporen von Isoetes lacustris. Die Myriophyllumblattreste fehlen, zu erkennen sind nur einige glatte, langzellige Radizellen. — An neuen Pollen erscheinen solche von Abies Fagus und Picea. Spongillanadeln.

0,75—0,0 m. Charakteristisch sind die jetzt überall häufigen Epidermisfetzen von Phragmites und Equisetum (limosum) daneben fehlt es wieder nicht an Myriophyllum-, Hypnum- und Sphagnumblättchen; ferner: glatte Radizellen, Treppengefäße, Sternhaare von Nymphaceen, Pinusspaltöffnungen, Sporen von Equisetum, Isoetes lacustris und I. echinospora, Athyrium spec., Sphagnum spec. und Lycopodium

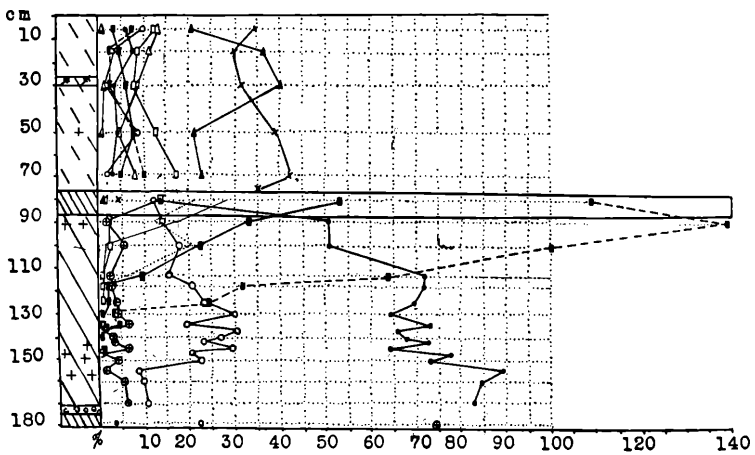


Abb. 10. (Diagr. 3.)

spec. Zu dem bekannten Waldbaumpolleninventar kommt neu Carpinus Betulus. An Kräuterpollen sind nur noch Gramineen- und Cyperaceenpollen und Ericaceentetraden zu entdecken. Neben die üblichen Diatomeen tritt in 1,20 m Cymbella cuspidata.

Equisetumrhizome durchsetzen wieder sekundär die ganze Schichtfolge bis in eine Tiefe von 1,80 m.

Die statistische Auszählung der Pollen ergab folgendes Bild (Tabelle III, Diagramm 3) (Abb. 10).

Der unterste Ton mit der arktischen Flora enthält wieder den Weidengipfel mit 74 %. Vergleichen wir nun aber den weiteren Verlauf des Diagrammes mit dem im ufernahen Ahadelta, so ergibt sich eine merkwürdige Dissonanz: Gerade die Diagrammabschnitte,

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

die dort besonders ausgeprägt erscheinen, wie der Aufstieg zum I. Kieferngipfel und der Verlauf des Eichenmischwaldes sind hier ganz unterdrückt. Besonders auffällig ist das Fehlen der Eichenmischwaldentwicklung, die offenbar in dem Tonband von 10 cm Mächtigkeit zusammengeschoben ist, oder, was nach dem hohen Haselprozentsatz an der oberen Grenze des Tones noch wahrscheinlicher ist, ganz ausfällt. Allerdings kann hier auch die selektive Erhaltung des Pollens eine Rolle spielen.

Ich wurde dadurch in der Vermutung bestärkt, daß es sich bei diesem weißen Tonband um einen Niveausenkungshorizont handelt, wobei eine ursprünglich dunkle Mudde ausgetrocknet und ausgebleicht wurde. Dies legte zuerst der mikroskopische Befund nahe, der überall Verwitterung und Zersetzung zeigte.

Tatsächlich wird auch die liegende dunkle Mudde durch Austrocknen weiß und erwärmt man noch ein wenig, so bleibt sie auch beim Wiederbefeuchten weiß. Die Pollen bieten dann ein ähnlich korrodiertes Bild wie in der natürlichen weißen Tonmudde. Erwärmt man zu stark, so tritt Verkohlung ein und die Tonmudde wird und bleibt wieder schwarz. Wie in den übrigen Sedimenten, so fehlt übrigens auch hier jede Spur von Kalk.

Wichtig ist ferner gleich an dieser Stelle zu betonen, daß dieses weiße Muddeband um den ganzen Schluchsee herum zu verfolgen ist, wo es litoral überhaupt nur zu einem Muddeabsatz kam.

Die häufigen Schwankungen der Birkenkurve in ihrem sekundären Anstieg traten erst bei dichtester Probeentnahme zutage. Ob die Schwankungen nur zufällig lokal sind, oder ob sie allgemeineren Vegetationsverschiebungen entsprechen, läßt sich schwer entscheiden, bevor sich nicht solche Kurvenverläufe in einem Gebiet häufiger wiederholen. Der zweite Kieferngipfel erscheint hier relativ etwas niedrig, wohl vor allem deshalb, weil der Eichenmischwald — zunächst nur vertreten durch die Ulme — von vornherein sich viel kräftiger bemerkbar macht als in anderen Diagrammen.

Linienprofil.

Die Lösung der in dem obigen Diagramm aufgegebenen Rätsel erfolgt in einem Profil ca. 10—20 m weiter Seebruck zu, wo ein kleines Bächlein sich quer zum Ufer eingefressen hat und einen Querschnitt durch die ganze litorale Sedimentation liefert. Die organogenen Ablagerungen sind zwar bereits nicht mehr so mächtig und betragen maximal nur etwas über einen Meter. Dafür ist die

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

ganze Lagerung noch normal und sind hier keine Verrutschungen oder Abbrüche erfolgt.

Die Uferbank selbst besteht aus verbackenen Sanden, die seewärts in die aus dem Delta bekannten Bändertone [1]) übergehen. Von den lockeren Sanden macht sich hier naturgemäß nur wenig bemerkbar. In der aufliegenden Mudde erscheint jetzt das weiße Tonmuddeband im Querschnitt. Es geht uferwärts in eine Sandbank über, vor der eine Menge eingerolltes Holz (Pinus) liegt. Seewärts beginnt es nach ca. 15 m abzusinken und auszukeilen. Es setzt sich fort in einer feinen Sandschicht mit Myriophyllum alternifolium, die eine ältere gelbbraune Tonmudde von einem offenbar jüngeren rotbraunen Dy trennt. M. E. kann dieses Bild gar nicht anders als durch Niveausenkung erklärt werden. Dort, wo die weiße Mudde in die Sandbank übergeht und Schwemmholz sich anhäuft, sehen wir das alte Ufer lebendig werden.

Sonst waren nur wenig Differenzierungen wahrzunehmen, höchstens, daß im Dy, ca. 30 cm unter der Oberfläche Equisetum limosum und Phragmites anstehend sich häuften. Oberflächlich sind in 3—5 m Tiefe Eisenockerbildungen auffällig, wie sie fossil in dieser Ausbildung nie gefunden wurden.

Nun sollte sich die Pollenanalyse wieder als wertvolles Hilfsmittel erweisen. Vielleicht ließ sich mikroskopisch die einheitlich erscheinende Sedimentation differenzieren und nach dem Vorgange von LUNDQUIST verschiedene „Zeitzonen" herausarbeiten. Den Anstoß zur Aufstellung eines Linienprofils gab die Entdeckung, daß dort, wo die haselzeitliche Tonmudde sich in eine feine Sandschicht fortsetzt, ein Sedimentationshiatus von 5000—6000 Jahren besteht. Unter der Kontaktlinie waren da nur Pinus-, Betula- und Salixpollen zu finden, während die Sedimente darüber der Zeit des ersten Buchengipfels angehören.

Die Ergebnisse einer Untersuchung von ca. 40 Proben sind in Abb. 11 niedergelegt. Dadurch wird auch das Diagramm 3 verständlich. Der Aufstieg zum I. Kieferngipfel ist uns dort seewärts entschlüpft. Es ist eben bei Seesedimenten nie gleichgültig wo man ein Profil untersucht. Abhängig von der Höhe des Seespiegelstandes wandert die obere Grenze der Sedimentation nach oben oder unten.

Die Weidengipfeltone fehlen leider an dieser Stelle. Ein Vergleich mit den Profilen ähnlicher Anrisse zeigte aber, daß sie auf

[1]) Wie überall, so erwiesen sich auch hier die Bändertone als fossilleer!

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

jeden Fall weiter nach oben reichen als die folgenden Sedimente, die den Anstieg zum ersten Kieferngipfel enthalten. Vielleicht ge-

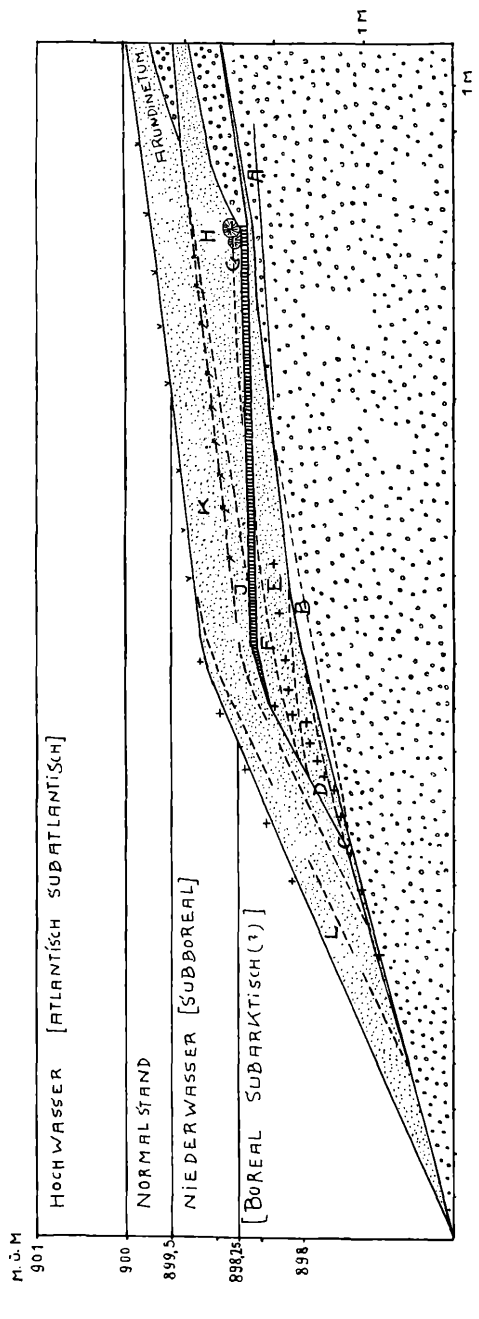


Abb. 11. Litorales Linienprofil.

A = fossilleeres, graues Tonband (Weidenphase?), B = Lage der Weidenphasentone in anderen Profilen, C = Anstieg zum ersten Kieferngipfel, D = sek. Birkenanstieg (Hasel zuletzt höchstens 1—5 %), E = zweiter Kiefernanstieg (Hasel 60—80 %), F = Hasel über 100 %, G = letzter Abschnitt der Eichenmischwaldzeit, H = Tannenphase, J = Buchenphase, K = sek. Tannendominanz (Fichtenanstieg), L = sek. Buchendominanz (Fichtenanstieg).

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

hört im vorliegenden Profil ein feines graues (ca. 1 cm mächtiges) aber fossilfreies Tonband dazu, das hoch gegen das Ufer hinaufreicht.

Tief hinab aber rückt die Sedimentation, die vor dem ersten Kieferngipfel abgelagert wurde. Der Seespiegel sank wohl unter das heutige Durchschnittsniveau. Dafür spricht auch die Häufung von Myriophyllum alternifolium, die sogar synchron noch viel tiefer, sublitoral zu finden ist, in einer Tiefe unter dem heutigen Seewasserspiegel (3—5 m und mehr), in der heute diese Pflanze nicht mehr wächst, wo zum mindesten nicht ihr Vegetationsoptimum und -maximum liegt.

Jetzt, mit dem sekundären Birkenanstieg beginnen sich die Ablagerungen wieder nach oben zu verschieben. Mit ihnen wandert ganz entsprechend Myriophyllum, das aber aus nicht ganz ersichtlichen Gründen rasch an Vegetationsintensität verliert (schwächere Sonneneinstrahlung!?). Der Seespiegel steigt!

Ein Niveauhöhepunkt wird mit der Kiefern-Haselzeit erreicht, bei einer Haselvertretung von 50—80 %. Die Mudde streicht mit einem solchen Pollenspektrum uferwärts unter der hangenden „eichenmischwaldzeitlichen" Sandbank aus. Eine Unmenge von Kiefernholzstückchen und Kiefernzapfen sind hier eingerollt; soweit die Zapfen noch zu erkennen sind, gehören sie Pinus silvestris an.

Darauf muß ein sehr rasches Sinken des Seespiegels erfolgt sein. Die Sedimentation in der Zeit einer Haselvertretung von 100 % geschieht nur wieder in größerer Tiefe. Gleichzeitig erscheint hier noch einmal gehäufter Myriophyllum. Mit dem Höhepunkt der Haselkurve oder unmittelbar darnach werden durchschnittlich so tiefe Wasserstände erreicht, daß die Mudde trockengelegt wurde. — Der Seespiegel mag etwa 1,25 m unter dem heutigen Normalwasser gestanden haben. Soweit ich es übersehe, liegen diese Zahlen noch im Bereich der Möglichkeiten, die die Auslaufschwelle bei Seebruck läßt. Zudem machte mich Herr Oberbergrat Dr. K. SCHNARRENBERGER darauf aufmerksam, daß mit dem oberflächlichen Versiegen des Abflusses der See noch keineswegs stagniere, sondern noch lange unterirdisch durch den Schutt im Grundwasser abfließe. Es besteht also kein Grund an eine Abflußlosigkeit des Schluchsees zu denken.

Ähnlich rasch wie die Niveausenkung muß auch wieder die Niveauhebung erfolgt sein. Im uferzugewandten Teil wird unter dem Einfluß der Wellenbewegungen das Tonmuddeband aufgelockert

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

und oberflächlich etwas zerstückelt. Zwischen die Fugen und in dünner Linse über das weiße Tonband legt sich Dy, der gerade das letzte Drittel der Eichenmischwaldentwicklung enthält. (Eichendominanz und Erlenanstieg.) Die weitere Tannenzeit ist nur ganz hochgeschoben im Profil zu finden. Der Seespiegelstand wird jetzt unserem heutigen Normal- oder Hochwasser entsprochen haben.

Mit der Herrschaft der Buche, verschiebt sich plötzlich die Sedimentation wieder nach unten. Uferwärts entspricht ihr nochmals eine allerdings diesmal ziemlich flache Sandlinse. Abgeschlossen wird die Periode durch die schon erwähnte Häufung von Equisetum und Phragmites, die auffällig weit seewärts zu verfolgen ist. Die Seespiegelsenkung war aber zweifellos nicht so groß wie während der Hasel-Eichenmischwaldphase. Vielleicht wurde durchschnittlich ein Niveau von der Höhe des heutigen Niederwassers gehalten. Natürlich wird es auch in jener Zeit frühjahrliche Hochwasser gegeben haben, aber sie waren nicht so groß und vor allem nicht so lange anhaltend wie heute, so daß auch eine Ufer- und Sumpfvegetation tiefer gegen den See hinabdringen konnte, als es unter anderen Bedingungen möglich gewesen wäre.

Mit dem Anstieg der Fichte und dem abermaligen Überwiegen der Tanne über die Buche beginnen die Dyablagerungen wieder höher zu greifen. Allerdings legen sich die Sedimente auch über den buchenzeitlichen Dy in größerer Tiefe. Aber entscheidend ist die obere Sedimentationsgrenze, die von der Höhe des Wasserspiegels abhängig ist und eine bestimmte Entfernung von ihr einhält.

Noch einmal scheint sich aber, und zwar mit jüngster historischer Zeit eine Senkung des Wasserspiegels bemerkbar zu machen. Bei hohen Fichtenwerten überschneidet die Buche die Tanne zum zweiten Male. Die Ablagerungen sind nur wieder auf die größere Tiefe beschränkt.

Jüngere litorale Profile.

Noch sind aber gerade die jüngsten Entwicklungsphasen des Sees am wenigsten geklärt. Deshalb seien noch ein paar weitere Beobachtungen, die sich auf den jüngsten Aufbau der Uferbank beziehen besprochen.

Auf dem ganzen Uferstreifen am Wolfsgrund fielen recht häufig Erlen- und Birkenstubben auf, die bis 10 m vor der heutigen Uferlinie stocken, in einer Zone in der gegenwärtig längst nicht einmal mehr die Macrocarices, geschweige denn Birken oder Erlen ge-

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

deihen können. Diese Stubben sitzen in einem telmatischen Torf, der wechselnd aus Phragmites und Carex oder aus Scheuzeria mit Sphagnum und Menyanthessamen besteht. Der pollenanalytischen Zusammensetzung nach sind diese Torfe nicht immer gleichaltrig. Einmal gehören sie zum I. Buchengipfel, ein andermal sind sie sehr jung mit schon hohen Pinus- und Piceawerten und der zweiten Buchendominanz. Wie die Profile eines Aufrisses, der etwas hinter der heutigen Uferlinie, aber wieder parallel mit ihr liegt, zeigten, kann tatsächlich beiden Vegetationsphasen ein Holzhorizont entsprechen.

Der Aufbau der Profile ist folgender: (von oben nach unten).

0— 30 cm Caricetum, Phragmites nur noch ganz vereinzelt!
30— 60 cm Betuletum-Phragmitetum (+ Eriophorum) II. Buchengipfel.
60— 80 cm Phragmitetum - Caricetum (+ Sphagnum) II. Abiesdominanz!
8—110 cm Betuletum-Scheuchzerietum (+ Alnus und Phragmites) I. Buchengipfel mit voraneilendem Erlengipfel.
110—120 cm Equisitetum, atlantische Abiesdominanz.
Dy.

Interessant sind im Equisitetum Blattlagen von Salix aurita. Durchgehend im ganzen Profil sind zu finden: Menyanthessamen, Fichtenzapfen, Rhizome von Polygonum Bistorta, Puppenhüllen und Flügeldecken von Donatien. Mikroskopisch erscheinen dazu: Spermatophoren von Chantocamptus, Cocconhüllen von Rhabdocöliden, Eier von Macrobiotus echinogenitus, Cladocerenschalen, Arcella u. a. m. Botanisch fällt neben den bekannten Farnsporen (Athyrium spec. Aspidium filix mas) besonders das Hochmoormycel auf, das vor allem das obere Betuletum reichlich durchsetzt.

Trotzdem läßt sich die Zugehörigkeit der Stubben auf der Uferbank nicht sicher entscheiden. Ich haber eher den Eindruck, als ob sie alle zum jüngsten Holzhorizont gehörten, der noch weit in die historische Zeit hineinragen muß. Dann wäre also in den allerletzten Jahrhunderten wieder an stärkere Überflutungen zu denken? So schien es ja schon im Deltagebiet, wo über einer jungen humifizierten Mudde oberflächlich noch einmal Sand lag! Schließlich erfuhr ich aber, daß der Schluchsee schon seit Anfang des letzten Jahrhunderts, vielleicht schon früher von St. Blasien aus bewirtschaftet wurde mit der Konzession für eine Seespiegelschwankung von 1,80 m. Die Amplitude dieser künstlichen Spiegelschwankung ist wohl

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

größer als die normale Wasserstandsdifferenz am Schluchsee betragen würde. Vor allem wird wohl dabei der Hochwasserstand länger als gewöhnlich gehalten werden, was zur Genüge diese jungen Erosionserscheinungen im Litoral und auch im Ahaer Deltagebiet erklärt.

Schließlich sei noch mit ein paar Worten auf die litorale Schichtfolge an anderen Stellen des Schluchsees eingegangen.

Wie schon betont zieht das weiße Tonband allen Profilen entlang und gehört auch immer — wie Stichproben zeigen — derselben Hasel-Eichenmischwaldphase an. Dort, wo die litorale Sedimentation seltlich angeschnitten ist, kann wieder dasselbe Verhalten der Schicht, ihr Auskeilen gegen den See usw. festgestellt werden.

In der höher gelegenen Mulde hinter dem glazial aufgestauten Wall bei Seebruck können wir am N- und O-Ufer ähnliche Beobachtungen machen wie im Ahaer Delta. Eine untere braungelbe Tonmudde, die die bekannte arktische Zwergstrauchflora enthält, wird durch eine Sandzwischenlagerung von einem eichenmischwaldzeitlichen Dy getrennt und dieser wiederum durch Sand von einem Schwemmtorf, der, wie vor allem die Fichtenzapfen verraten, einer jüngeren Zeit angehört.

Auch dort, wo die Uferbank nur aus Sand besteht, lassen sich in aufgeschlossenen Profilen Unterschiedlichkeiten feststellen, ohne daß es allerdings beim Fehlen jeglicher Fossilien möglich wäre, irgendwelche Zuordnungen zu treffen. Vor allem fallen ziemlich regelmäßig 10 und wieder 20 cm unter der Oberfläche starke Eisenhydroxydeinlagerungen auf, für deren Entstehung man vielleicht auch wieder Seespiegelschwankungen verantwortlich machen könnte. Sie zeigen zugleich, daß Eisensedimente schon in älterer postglazialer Zeit gebildet worden sein müssen.

Weiterhin ist mir in der Oberflächengestaltung der Uferbank[1]) immer wieder parallel dem Ufer eine feine dreimalige Stufenbildung aufgefallen, der eine dreimalige Geröllansammlung entspricht. Ihre Entfernung von der heutigen Normaluferlinie beträgt etwa 4, 9 und 15 m. Die erste Geröllanhäufung mag durch das heutige Niederwasser verursacht sein. Sind auch die anderen Linien alte Uferlinien? (Boreal und Subboreal). Wenn wir diese Erscheinungen auch nicht weiter auszuwerten vermögen, so sollen sie doch nicht unerwähnt bleiben!

---

[1]) Und zwar vor allem dort, wo Muddeablagerungen fehlen.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

4. Das Fischbachdelta.

Nun mögen noch Profile besprochen sein, die in dem Delta des Fischbachs unterhalb des Dorfes Schluchsee aufgeschlossen worden waren. — Eine tiefe Erosionsschlucht zeigte bald wieder eine schöne und gewaltige Deltaschichtung, die von einer 1—2 m mächtigen Geröllsohle überlagert ist. Abschließend darüber liegen wechselnd Torf- und Sandschichten, im ganzen ebenfalls von 1—2 m Mächtigkeit. Diese Torfbildungen sind bis nahe an das heutige Ufer heran terrester oder semiterrester. Da sie aber bis in die ältesten Vegetationsentwicklungen zurückreichen, wird hier am augenfälligsten offenbar, daß der Schluchsee schon am Ende des Glazials nicht höher stand als heute.

Der postglaziale Zuwachs der Seehalde ist entsprechend der geringeren Mächtigkeit des Deltas noch kleiner als im Ahaer Zuflußgebiet. Wieder erkennt man aber ganz vorn mächtige nach unten anschwellende Lebertorfschichten, die durch Sandlagen getrennt werden.

Sehr schöne, hunderte von Metern lange Profile traten beim Ablassen des Sees durch Staffelbrüche zutage, die parallel dem Ufer ca. 10—20 m landeinwärts mit einer Sprunghöhe von ca. 2 m erfolgten. Wieder konnte auf diese Weise besonders klar erkannt werden, was nur lokale Zufälligkeit oder was für die ganze Deltasedimentation Regel ist. Die Untersuchung der Profile wurde vor allem dadurch interessant, daß an dieser Stelle ein Feuersteinsplitter gefunden wurde; ferner trat die erste Entwicklung der Baumfolge besonders klar zutage.

Durchweg wiederholt sich folgender Schichtenaufbau: Von oben nach unten:

0— 5 cm erdige Wurzelschicht der Grasnarbe.
5— 15 cm sandig-lehmiger Torf.
15— 30 cm schwarz humifizierte Moorerde mit Stubben (Birke) und häufigen Brandhorizonten.
30— 50 cm sandig-lehmiger Torf.
50— 80 cm schwarz humifizierte Moorerde mit Stubben (Birke, Kiefer) und Brandhorizonten.
80—100 cm Sand oder eine ganz sandige, feste, hellbraune Mudde 90 cm: Silex.
100—120 cm wechselnd hell sandiger oder schwarz humifizierter Torf. Geröllsohle.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Sieht man von den Holzfunden ab, so können in diesen Torfen kaum makroskopische Funde gemacht werden. In 110 cm fand ich einmal einen Zapfen der Waldkiefer, in 30—50 cm einen solchen der Fichte. Um so reicher ist die mikroskopische Flora:
100—120 cm: Pollen von Betula, Pinus, Salix, Hippophae, Cyperaceen und Gramineen, cf. Galium palustre, cf. Polygonum Bistorta, Compositen und Umbelliferen. Ericaceentetraden. Sporen von Pilzen, Sphagnum (besonders in 100 cm) und von Lycopodium cf. selago. — Epidermisfetzen von Sphagnum und Scheuchzeria, besonders in tieferen Lagen sehr häufig Pustelradizellen und glatte Radizellen von Carex (mindestens 4 verschiedene Arten, u. a. C. Goudenoughii und C. limosa), Hypnumblättchen. Chitin.

Diese unterste Schicht wäre nach der Häufigkeit der mikroskopischen Bestandteile zunächst als ein Caricetum-(Scheuchzerietum) (108—120 cm), dann als ein Sphagnetum (100—108 cm) anzusprechen.

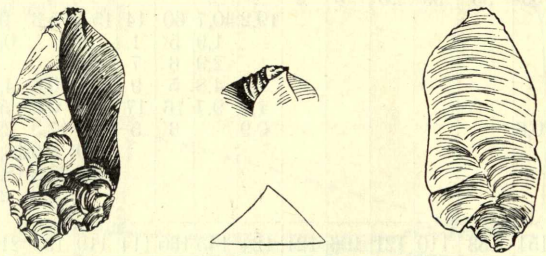


Abb. 12. Silex des Fischbachdeltas.

90 cm unter der Erdoberfläche fand ich in der festen sandigen Mudde den Feuersteinsplitter. Das Material ist zweifellos ortsfremd und dürfte nach der liebenswürdigen Auskunft Geh. Hofrat Prof. Dr. Deeckes am ehesten aus dem obersten Jura stammen. Die Länge des Silex beträgt 5 cm, seine Breite 2 cm und die Höhe 1,2 cm (vgl. Abb. 12). Es handelt sich um einen Dreikant, der aus einem Feuersteinknollen herausgeschlagen, aber kaum retuschiert ist (Abspliss). Eine Zuordnung ist leider nicht möglich. Seine Lagerung, die nach der Ausbildung der entsprechenden Schichten sicher indigen ist, läßt ein spätpaläolithisches (bis mesolithisches) Alter vermuten. Wir befinden uns gerade im sekundären Birkengipfel. Die Hasel ist mit 20 % im Anstieg begriffen, Erle und Eiche haben je erst 1 %. Eine horizontale Verschwemmung erscheint übrigens nach der Art der Lagerstätte nicht ausgeschlossen. Der Silex wird hier zuletzt unter dem Spiegel des Schluchsees, allerdings in aller-

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

nächster Nähe des Ufers gelegen sein. Die Paläolithiker selbst mögen ja auch einerseits am Ufer des Sees, andererseits am Rande des Fischbachs gesessen sein.

Über die Fossilien der Torfe zwischen 0 und 80 cm ist nur wenig zu sagen. Mikroskopisch findet man ganz vereinzelt einmal Radizellen. Neben den Baumpollen sind häufig Ericaceentretraden, Cyperaceenpollen, Athyriumsporen, Sphagnumsporen; letztere besonders häufig zwischen 15 und 40 cm.

Tabelle IV. Fischbach.

Tiefe cm	120	118	113	111	108	105	100	90	85	80	67	52	40	30	26	15	10
B	17,7	26,6	33	26,3	62,8	63,2	22,3	63,4	19,4	71	73	71,8	42,3	33,5	25,8	31,5	14
P	4,8	4,5	0,7	0,9	2,4	11,3	72,7	30,7	67,9	10		13,5	1,3	1,5	0,6	2,7	17
S	77,4	68,1	66,1	72,7	34,7	25,4	4,9	2,8	2,9			0,9	0,6	1	0,6	3,6	
Sa	*31*	*52*	*55*	*21*	*21*	*21*	*4*	*1*	*1*			*1*		*2*		*3*	
Sb	*17*	*53*	*33*	*59*	*20*	*6*	*2*	*2*	*2*				*1*		*1*	*1*	
Co								19,2	40,7	60	14	15,5	5,3	9	12	9	7
Ul									1,9	5	1			0,5	0,6		
T									2,9	6	7	3,9			0,6		
Q								1,9	4,8	5	9	4,8	0,6	4,5	3,4	1,7	3
E M								1,9	9,7	16	17	8,7	0,6	5	4,6	1,7	3
Al		0,6						0,9		3	5	4,8	17,9	22	27,1	19,8	3
F												0,9	8,6	16,5	24,4	22,5	16
Ab												3,8	27,8	18,5	12,6	7,2	24
Pc													0,6	2	4	10,8	23
Sa	62	154	133	110	121	106	121	124	145	160	114	119	159	218	169	121	167
Di	13	46	266	91	784			339	470								
Hip	12,9	5,2	3,7	5,4	1,6	0,9		0,9									
C + G	219,3	61,5	195,4	53,6	38,7	61,3	3,3	13,4	2,9	4		1,9	1,3		0,6	2,7	13
Tet	4,8	5,4			0,6		0,9					1,9		1	1,3		6
Ath			0,7					13,4		8	1	1,9	15,3	0,5	3,4	4,5	17

C + G = Cyperaceen- und Gramineenpollen, prozentual bezogen auf die Pollensumme ohne Corylus. Tet = Ericaceentetraden.

Die Auszählung der Blütenstaubkörner ergab folgendes Bild (Tabelle IV, Diagramm 4) (Abb. 13):

Besonders klar erscheint die erste Phase der Baumentwicklung. Dabei ist der Pollenreichtum der entsprechenden Schichten schon erstaunlich groß. In 113 cm Tiefe bedurfte es kaum eines halben Deckglases, bis schon über hundert Pollen gezählt waren. Bei gleichbleibender Spärlichkeit der Kiefer erscheint diese dann gerade hier gegenüber Weide und Birke deprimiert.

Die Weidenphase beginnt mit dem maximalen Wert von 77,4 %, ebenso erreicht die Birke in ihrem ersten Gipfel nur hier 63,2 %.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Der sporadische Erlenpollen in 118 cm Tiefe dürfte von der Grünerle stammen. Besonders drastisch ausgeprägt ist auch der sekundäre Birkenanstieg, der mit 63,4 % die Kiefernkurve überschneidet.

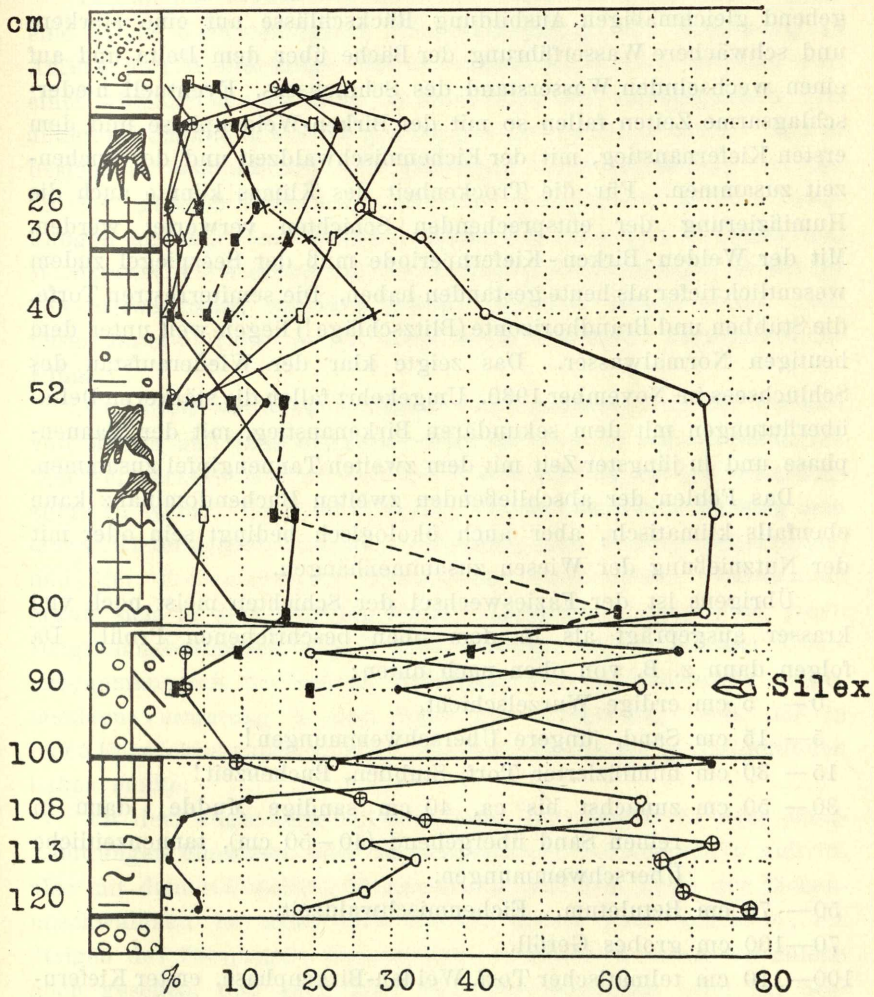


Abb. 13. (Diagr. 4.)

Die weitere Vegetationsentwicklung bleibt etwas unübersichtlich durch eine lokale Birken- und Erlendominanz.

Trotzdem ist die bekannte Baumfolge gut zu erkennen. Zunächst Hasel-Eichenmischwald; der kleine Kieferngipfel am Ende dieser Periode ist wohl ebenfalls lokal bedingt. Unter dem Holz

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

der entsprechenden Schicht wurde ja auch das der Kiefer gefunden. Dann folgt die Tannenphase, schließlich die Buchendominanz; das Profil schließt ab mit dem Fichtenanstieg und dem zweiten Tannengipfel.

Wieder erlaubt die wechselnde Schichtfolge infolge ihrer durchgehend gleichmäßigen Ausbildung Rückschlüsse auf eine stärkere und schwächere Wasserführung der Bäche über dem Delta und auf einen wechselnden Wasserstand des Schluchsees. Eventuell niederschlagsarme Zeiten fallen so mit der Birken-Weidenphase und dem ersten Kiefernanstieg, mit der Eichenmischwaldzeit und der Buchenzeit zusammen. Für die Trockenheit des Klimas könnte auch die Humifizierung der entsprechenden Schichten verwertet werden. Mit der Weiden-Birken-Kiefernperiode muß der Seespiegel zudem wesentlich tiefer als heute gestanden haben. Die semiterrestren Torfe, die Stubben und Brandhorizonte (Blitzschläge!) liegen weit unter dem heutigen Normalwasser. Das zeigte klar der Wiederaufstau des Schluchsees im November 1930. Umgekehrt fallen die stärkeren Deltaüberflutungen mit dem sekundären Birkenanstieg, mit der Tannenphase und in jüngster Zeit mit dem zweiten Tannengipfel zusammen.

Das Fehlen der abschließenden zweiten Buchendominanz kann ebenfalls klimatisch, aber auch ökologisch bedingt sein oder mit der Nutznießung der Wiesen zusammenhängen.

Übrigens ist der Fazieswechsel der Schichten meist noch viel krasser ausgeprägt als in dem oben beschriebenen Profil. Da folgen dann z. B. von oben nach unten:

0— 5 cm	erdige Wurzelschicht.
5— 15 cm	Sand, jüngere Überschwemmungen!
15— 30 cm	humifizierter Torf, Stubben, Buchenzeit!
30— 50 cm	zunächst bis ca. 40 cm sandige Mudde, dann in reinen Sand übergehend (40—50 cm), tannenzeitliche Überschwemmungen.
50— 70 cm	Betuletum. Eichenmischwaldzeit.
70—100 cm	grobes Geröll.
100—110 cm	telmatischer Torf, Weiden-Birkenphase, erster Kiefernanstieg.

5. Die klimatische Bedingtheit des Schichtwechsels.

Wir haben im Voraufgehenden versucht zunächst die Dinge so darzustellen wie sie sind und uns einer Deutung wenn irgend möglich zu enthalten. Vor allem sollte nicht jedes Profil uns schon in Versuchung bringen weittragende klimatische Schlüsse daran zu-

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

knüpfen. Wird doch in den letzten Jahren immer klarer, wie mannigfaltig die Verursachungen des Schichtwechsels in Mooren und Seesedimenten sein können.

Schließlich ergab sich aber von Profil zu Profil immer mehr eine solche Gleichsinnigkeit, Übereinstimmung und Ergänzung in Aufbau und Wechselfolge, daß es einfach nicht mehr möglich war, einer klimatischen Deutung auszuweichen und demgegenüber alle anderen Denkmöglichkeiten gezwungen erscheinen mußten. Zudem besteht im wesentlichen eine glänzende Übereinstimmung mit den für fast ganz Mitteleuropa ermittelten postglazialen Klimaschwankungen und mit den Gleichsetzungen, wie sie schon P. Stark und W. Broche, vorwiegend aus der Ökologie der Baumfolge heraus für den Schwarzwald getroffen haben. Darüber hinaus bringt aber unser Material Licht in das noch wenig erforschte nacheiszeitliche Klima.

So hatten wir denn im Ahaer Delta gesehen, daß der Wechsel von Mudde und Sand möglicherweise auf einen klimatisch bedingten Wechsel stärkerer und schwächerer Wasserführung der Bäche zurückzuführen wäre. Trockene Perioden würden dann dem Aufstieg zum ersten Kieferngipfel (mit der vorangehenden Weiden-Birkenphase) und der Eichenmischwaldentwicklung entsprechen. Tatsächlich ergab sich in dem litoralen Profil (Diagramm 3) gerade in jenen Diagrammabschnitten wieder eine Störung, die in schöner Übereinstimmung mit der bei der Erklärung der Ahabachprofile aufgetauchten Vermutung in dem Sinne ihre Aufklärung fand, daß in jenen Entwicklungsphasen auch eine Seespiegelsenkung stattgefunden haben mußte.

Mit dem Augenblick mit dem dann über dem Delta neue Sandschüttungen einsetzen, oder im Diagramm 1 Schwemmholz auftritt, also mit dem sekundären Birkenanstieg und dem Ende der Eichenmischwaldzeit ist denn auch litoral, immer ganz synchron, ein Steigen des Seespiegels festzustellen. Schließlich haben wir zuletzt noch gesehen, daß auch über dem Fischbachdelta oder im Seebrucker Litoral (vgl. S. 39) Torf und Sand zeitlich in genau der gleichen Weise wechseln wie im Ahaer Delta. Die Torfe des ersten Kiefernanstiegs und der Eichenmischwaldzeit sind hier zudem semiterrester, liegen auf einer Fläche, die heute vom Normalwasser überspült wäre und sprechen so in zweifachem Sinn für die Trockenheit der Periode. Übrigens haben wir ja auch im Ahaer Deltagebiet schon solche telmatischen Torfe und ebenfalls unter dem heutigen See-

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

spiegelstand gehabt (vgl. S. 26). Die Trockenheit der Eichenmischwaldzeit wurde außerdem durch die Vorgänge im Feldmoos: Verlandung einer riesenhaften Fläche innerhalb kürzester Zeit, weiter durch die Trockenhorizonte in dem Krummenbachprofil und dem Profil S. 25 ergänzend bestätigt.

Es handelt sich hier offensichtlich um den borealen Abschnitt des BLYTT-SERNANDER'schen Klimaschemas, wie die nachfolgende feuchte Klimaentwicklung dem atlantischen entsprechen mag. Die feuchte Periode, die sich mit dem sekundären Birkenanstieg deckt entspräche dann dem Präboreal. Die trockene Weiden-Birken-Kiefernphase wäre noch subarktisch zu nennen.

Und nun, ganz analog der zweiten postglazialen Trockenphase BLYTT-SERNANDER's, dem Subboreal, setzt auch bei uns wieder mit der Buchenphase ganz einheitlich und in allen Profilen ein Sedimentationswechsel ein, der für eine erneute Trockenheit des Klimas spricht. Verlandungen im Ahaer Zuflußgebiet (Diagramm 1 und 2), die zudem unter dem heutigen Normalnivean des Sees erfolgten, Ausbildung von Stubbenhorizonten über dem Ahaer, wie über dem Fischbachdelta, wieder litoral erkennbare Seespiegelsenkung. Damit verbunden bilden sich auf weiten Uferbankstrecken, die heute vom Wasser überspült werden semiterrestre Torfe.

Schließlich ist auch das zweite Aufkommen der Tanne im Tannen-Buchenverhältnis überall mit einem nochmaligen Wechsel der Sedimente, die für eine Zunahme der Niederschläge sprechen, verknüpft. Wir wären damit in der subatlantischen Phase des Klimaschemas. Synchron sind z. B. die Überschwemmungstone mit den Diatomeen im Ahaer ufernahen Gebiet (Diagramm 2), die Sandschüttung des Ahabachs, weiter (s. S. 44) die letzte Sandschüttung über dem Fischbachdelta, das nochmalige Hochwandern der litoralen Ablagerungen und die reinen Sphagnumtorfe in den Mooren. — Ganz zuletzt aber, mit der zweiten Buchenbegünstigung, legt die Entwicklung in allen Profilen ein gegenwärtiges erneutes Nachlassen der Niederschläge nahe. Ich erinnere vor allem an die litoralen Vorgänge. Wieder erfolgt die Muddesedimentation nur in größerer Tiefe. Wieder bilden sich telmatische Torfe und stehen Stubben auf heute im Wasser untergetauchten Uferflächen. Aber genau gleichzeitig beginnt auch die letzte erneute Humifizierung der Torfe oder Wollgrastorfbildung in den Ahaer Profilen.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

II. Allgemeiner Teil.

Bevor wir das reiche geologische Material im Zusammenhang mit der Vegetationsentwicklung zu einer Geschichte des Schluchsees verbinden können, müssen wir die Besonderheiten der Vegetationsfolge in der Umgebung des Sees und in dem See und Moor selbst einer Betrachtung unterziehen. Vielleicht dürfen wir hieraus noch weitere Bestätigungen und Verfeinerungen in der Erkenntnis der Klimaschwankungen erhoffen. Die auffälligen Verschiebungen im Waldbild der Umgebung erfolgen sowieso immer durchaus gleichsinnig mit dem Schichtwechsel in den Profilen (z. B. sekundärer Birkenanstieg) und machen nicht zuletzt dessen klimatische Bedingtheit sinnfällig und unzweifelhaft.

A. Die Vegetationsentwicklung.

Zusammenfassend sei zunächst die Baumfolge vorausgestellt, wie sie in allen Diagrammen zu erkennen war und wie sie uns auch einen Anhaltspunkt für die weitere Gliederung unserer Betrachtung geben kann:

1. Weiden- und Birkenphase, Anstieg zum ersten Kieferngipfel (Dryasphase).
2. Sekundärer Birkenanstieg.
3. Kiefern-Haselphase mit zweitem Kieferngipfel und steil ansteigender Haselkurve.
4. Hasel-Eichenmischwaldphase.
5. Tannenphase.
6. Buchenphase.
7. Tannen-Buchenphase mit ansteigender Fichtenkurve und sekundärem Kiefernanstieg.

1. Weiden-Birkenphase, I. Kieferndominanz (Dryasphase).

Viele Funde in Mittel- und Nordeuropa haben uns schon gezeigt, daß nach dem unmittelbaren Rückzug der Gletscher eine arktische Flora mit Zwergweiden und Zwergbirken einheitlich und selbst in tiefen Lagen unsere Landschaften bedeckte. Da waren außerdem an größeren Bäumen höchstens Kiefer und Birke zu finden. — Fehlten makroskopische Funde, so hat die pollenanalytische Forschung ähnliche Schlüsse gezogen, wenn sie in den tiefsten Schichten der Moore nur den Pollen der kälteresistentesten Hölzer: Weide, Birke und Kiefer fand. Dabei lag die Vermutung nahe,

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

daß der Blütenstaub der Weide und Birke von arktischen Zwergweiden und der arktischen Zwergbirke stammen möge. Durch die Größenmessung der Birkenpollen, konnte man in vielen Fällen diese Vermutung bestätigt finden (K. BERTSCH).

Nur mehr durch solche mikroskopischen Beobachtungen war dieses nachglaziale Vegetationsbild auch für den Schwarzwald erschlossen worden. In den tiefsten Schichten fanden sich nur die Pollen von Weide, Birke und Kiefer. Allerdings war dabei die Kiefer schon von vornherein in ganz dominierender Weise vorhanden und rückten bald darauf wärmeliebende Gehölze, wie Hasel Eiche, Linde, Ulme usw. ein.

Wirkliche Anhaltspunkte für eine arktische Flora fehlten aber, wenn man von den Rüminger Funden P. STARK's im Vorlande des Schwarzwaldes absieht. Hier bilden die Schluchseer Blätterfunde eine notwendige und wertvolle Ergänzung. Da wuchs sogar die sonst ausgesprochen kalkholde Dryas octopetala an den Urgesteinshängen des Schwarzwaldes. Aber die Lebensbedingungen waren ja damals noch ganz andere! Der kälteliebende Charakter der Pflanzengesellschaft wird vor allem durch die recht häufige Salix herbacea demonstriert. Sie steigt nach der Angabe von SCHRÖTER in den Alpen nicht unter 1800 m herunter. Soviel ich sehe ist ihr fossiles Vorkommen wie auch das der Salix myrtilloides neu für Süddeutschland.

Wie überall so ist auch hier das nordische Gepräge dieser Dryasgesellschaft besonders auffällig. Salix myrtilloides und Betula nana sind die absolut dominierenden Formen. Sie spielen eine ähnlich große Rolle heute nur noch in nordischen Pflanzengesellschaften und tragen im Alpenvorland durchaus den Charakter von Relikten.

Daß es neben diesen Zwergsträuchern nicht an Pflanzen und Blumen fehlte, die auch heute noch hier gedeihen, zeigen die Funde von Polygonum Bistortarhizomen, Vaccinium uliginosumblättern, Pollen von Umbelliferen, cf. Melandrium rubrum, cf. Galium palustre, Scheuchzeriaepidermis u. a. m. Wenn auch zumal bei den Pollen nicht immer zwingende Artangaben möglich sind, so kann ihre Erwähnung zunächst einmal den Sinn haben das Pflanzenbild ein wenig zu beleben.

Die mikroskopische, pollenstatistische Untersuchung ergab ferner, daß mit der Kieferndominanz keineswegs die älteste Vegetationsentwicklung für den Schwarzwald erschlossen war. Wir

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

fanden, daß dem noch vorausgeht: 1. eine Weidenphase, 2. eine Birkenphase, 3. ein erster Kieferngipfel und 4. ein sekundärer Birkenanstieg.

Die Weidenphase scheint vollkommener Ausdruck der makroskopisch gefundenen Tundrenvegetation zu sein. Trotzdem finden sich die Blätter der arktischen Flora noch im Bereich der ersten Kieferndominanz, ja noch während des sekundären Birkenanstiegs. Bis dahin bleibt auch die absolute Häufigkeit des Salixpollens annähernd konstant. Mit der Herrschaft der Kiefer ist tatsächlich die Machtstellung der geländebedeckenden Tundrenvegetation noch keineswegs gebrochen. Besondere Differenzierungen in der Lage der einzelnen Blattarten waren nicht festzustellen. Betula nana, ebenso wie Dryas kann in den untersten und obersten Schichten stecken (Ahaer Delta).

In Verbindung mit den pollenstatistischen Untersuchungen sind auch interessante Rückschlüsse auf die Üppigkeit der Vegetation möglich. Firbas und v. Post haben darauf aufmerksam gemacht, daß man z. B. aus einer relativ großen Häufigkeit des Cyperaceen- und Gramineenpollens gegenüber dem Waldbaumpollen mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit auf eine geringe Geschlossenheit der Baumbestände schließen kann. So müssen wir uns auch unsere Zwergstrauchformation zunächst wenig dicht vorstellen. Im Profil des Fischbachdeltas hat im ersten Spektrum der Gramineen- und Cyperaceenpollen verglichen mit der Waldbaumpollensumme einen maximalen Wert von 219,3 %. Aber noch innerhalb der Weidendominanz verschiebt sich dann das Verhältnis, wenn auch schwankend (je nach Art des Torfes und Sandgehaltes?) zugunsten des Baumpollens und zeigt die zunehmende Üppigkeit der Tundrenvegetation. Mit dem Birkengipfel kehren sich die Verhältnisse sehr rasch vollständig um und macht der Gramineen- und Cyperaceenpollen nur mehr 38,7 % der Baumpollensumme aus. Der Torf ist aber nach wie vor ein „Cyperaceentorf" geblieben. Da sind nur Radizellen und Epidermisfetzen von Scheuchzeria; Sphagnumsporen fehlen noch [1]).

Sehr wichtig wäre es nun entscheiden zu können, welchen Birkenarten der Blütenstaub unseres ersten Entwicklungsabschnittes

[1]) Der andere Weg, um einen Rückschluß auf die Besiedlungsdichte zu ermöglichen ist die Beachtung der Pollendichte. Wir sehen, daß hier auch tatsächlich gleichzeitig eine absolute Pollenzunahme — von 91 auf 784 — stattfindet (vgl. S. 42).

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

zugehört. Stammt der Pollen der Dryasphase fast ausschießlich von der in Blättern so häufigen Zwergbirke, oder beeinflussen den Verlauf der Birkenkurve von vornherein baumförmige Birken? Die Entscheidung über solche Fragen kann eine variationsstatistische Untersuchung der Pollengröße erbringen. — Die Ergebnisse der Messungen sind in Tabelle V zusammengestellt. Die erste Entwicklung veranschaulicht die graphische Darstellung in Abb. 14. Auf eine eigene Messung von rezentem Material glaubte ich ver-

Tabelle V. Birkenpollenvariation.

Betula nana	Gipfelpunkt: 18,5 μ	Variationsbreite: 15,7—21,4 μ
Betula pubesc.	24,3 μ	21,4—28,6 μ
Betula alba	21,4 μ	18,5—24,3 μ

Teilstriche der Mikrometerskala	1 Teilstrich = 2,43 μ													Pollenzahl
	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10	10,5	11	11,5	12	
Salixgipfel														
Diag. 1		2	3	5	1	2	1		1					15
Diag. 2		1	2	4	5	4	2	1	1					20
Diag. 3			2	5	4	3	2		1					17
Diag. 4	1	1	3	3	1	1		1						11
Sa.	1	4	10	17	11	10	5	2	3					63
Diag. 4 118 cm	1	1	3	6	4	3	6	4	2					30
Diag. 2 327 cm (Betulagipfel)			2	2	4	8	10	14	9	8	4	1	1	63
320, 324 cm			1	2	14	17	17	14	9	3	2	2		81
Diag. 1 310 cm			3	8	16	18	17	5	2					69
290 cm		2	2	3	19	11	14	8	6					65
270 cm		1		3	14	18	12	4	1					53
Diag. 3 136 cm		1	1	5	11	10	8	1	1					38
100, 90 cm		1		4	13	12	9	3	2	2				46
Boreal Diag. 1 240 cm				1	4	11	11	4	3	1				35
Profil S. 38. (Subatlant.) 50 cm				2	14	17	15	9	7	1	1			66

zichten zu können, da schon gründliche Angaben von JENTYS-SZAFER vorliegen.

Wir sehen, daß wir tatsächlich berechtigt sind mit der ersten Weidenphase an eine reine Zwergstrauchformation zu denken. Der Birkenblütenstaub stammt ganz überwiegend von Betula nana. Schon aber sind vereinzelte große Pollen vom Pubescenstyp vorhanden. Allerdings könnten diese auch von Betula humilis herrühren. Aber da fossile Blätter ganz fehlen, im Gegenteil aber

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

in den Dryasgyttjen einmal ein Blatt gefunden wurde, das von B. pubescens stammen könnte, da auch im folgenden dieser Pollentyp gegenüber dem Nanapollen rasch zunimmt, ist die Annahme einer Beteiligung von B. pubescens wahrscheinlicher.

Mit dem rasch nachfolgenden Birkengipfel hat sich aber das Formationsbild schon grundsätzlich verschoben. Jetzt sind es in erster Linie baumförmige Birken, die den Pollenregen verursachen.

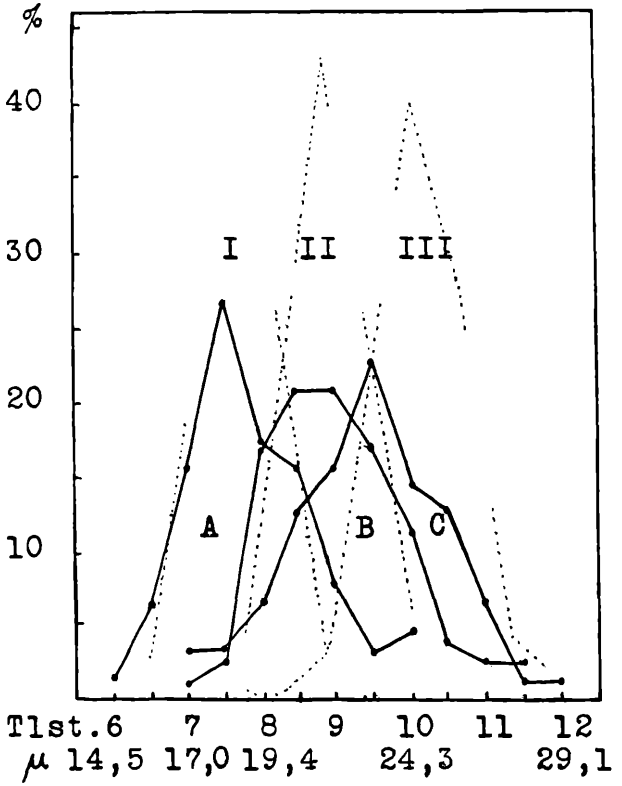


Abb. 14. Birkenpollenvariation. I = Betula nana, II = B. alba, III = B. pubescens (nach Jentys-Szafer). A = Salixgipfelspektrum, B = ansteigende Kiefernkurve (Diagr. 2, 324—320 cm), C = Birkengipfel (Diagr. 2,327 cm).

Die Führung scheint B. pubescens zu haben. — Allerdings liegt ein Mischpollen vor. Noch ist an der Zusammensetzung B. nana und andererseits wohl auch schon B. alba beteiligt. — Ein Zwischenstadium zeigt eine Messung aus dem Fischbachprofil an der Stelle der aufsteigenden Birken-, und absteigenden Weidenkurve (Diagr. 4, 118 cm). Ein graphisches Bild, das aus den Zahlen konstruiert

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

würde, wäre zweigipflig; der eine Gipfel läge bei B. nana, der andere bei B. pubescens. Allerdings ist das Material quantitativ etwas ungenügend.

Zuletzt, mit der ansteigenden Kiefernkurve, erleben wir nun eine rasche Verschiebung in der Zusammensetzung der Birkenbestände zugunsten von B. alba.

Eine Birkendominanz, wie wir sie in unserer ersten Entwicklungsphase sehen, wurde bislang einmal nur im Westen Europas, ein andermal in unmittelbarer Nachbarschaft nur in den Gebirgsvorlandsgebieten gefunden. Allerdings mögen diese Birkenphasen in den meisten Fällen erst unserem sekundären Birkenanstieg synchron sein. Eine Weidenphase ist aus Irland (ERDTMANN, wie ich P. STARK entnehme) und aus der Auvergne (FIRBAS, schriftlich) bekannt. Es mag sich in dieser frühen Vegetationsfolge: Weide-Birke um eine montan-atlantische Ausbildung handeln.

Besonders interessant dürfte nun die Entwicklung der Kiefer sein. Wald- und Bergkiefer sind ökologisch recht verschieden. Wenn auch die Ansichten im einzelnen noch nicht ganz geklärt erscheinen, so wird doch übereinstimmend angegeben, daß die Waldkiefer vor allem trockene und sonnige Standorte liebe und feuchte niederschlagsreiche Gebiete meide. Umgekehrt gibt z. B. P. K. HAGER Pinus montana in Graubünden gerade von den Hängen an, die die größten Niederschlagsmengen aufweisen. Auch andere Autoren (WILLKOMM nach KIRCHNER-LEOW-SCHROETER) beobachteten oft eine Abhängigkeit der Bergkiefer von einem gewissen Maß atmosphärischer Feuchtigkeit. Auf jeden Fall ist die Bergkiefer durch ein ozeanisches Klima viel weniger beeinträchtigt als die Waldkiefer. Sie ist bekanntlich auch viel weniger lichtbedürftig als die Waldkiefer.

So wird man denn sicher im Konkurrenzfalle der beiden Arten aus der Vorherrschaft der Waldkiefer auf ein mehr kontinentales Klima, aus der der Bergkiefer auf ein mehr ozeanisches schließen können.

Wieder ist es möglich durch eine variationsstatistische Untersuchung der Pollengröße die beiden Arten unterscheiden zu können. Die Durchschnittswerte für Pinus montana liegen nach PETER STARK bei 68,4 μ, für P. silvestris bei 54 μ. — Das bisher auf diesem Wege Erreichte spricht durchweg dafür, daß an den Kiefernbeständen der nacheiszeitlichen Kiefernzeit auch in Ebenengebieten fast ausschließlich die Bergkiefer beteiligt war, dann verschiebt sich das

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Verhältnis mehr oder weniger rasch zugunsten der Waldkiefer (meist noch innerhalb der Kiefernzeit) und mündet schließlich in reine Waldkiefernwerte, soweit rezent die Bergkiefer in der umgebenden Landschaft gar nicht mehr gefunden wird.

Das Ergebnis ist in Tabelle VI vollständig zusammengestellt. Die Messungen sind in verschiedenen Diagrammen ganz systematisch und fortschreitend mit der Kiefernkurve ausgeführt worden. Da der Zahlenwechsel innerhalb gleichbleibender Sedimente in allen Fällen durchaus übereinstimmend erfolgt, können wir — im Gegensatze zu Rudolph — Wert und Tatsache der Pinuspollenvariationsstatistik nicht bezweifeln. Ich möchte auch besonders auf die Kontrollproben im Ahaer Delta hinweisen (Diagramm 2, 290 cm I. u. II), wo an ca. 10 m horizontal voneinander entfernten Stellen, aber am selben Punkt der Pinuskurve ein verblüffend übereinstimmender Durchschnittswert erzielt wurde.

Die Zahlen sind einigermaßen überraschend. Wir haben hier nicht nur einen einmaligen Wechsel der Kiefernarten, sondern ein mehrmaliges Schwanken zwischen Berg- und Waldkiefernvorherrschaft, schon in den vorhaselzeitlichen Phasen.

Zunächst sei wieder das für die erste Vegetationsentwicklung Gültige diskutiert. Die Kiefer in ihrem ansteigenden Aste scheint mit 65 μ vorwiegend der Bergkiefer anzugehören. Doch läßt der Wert, wie auch die einzelnen Pollenkörner nach Bau und Größe schon die Anwesenheit der Waldkiefer vermuten, die schließlich rasch und noch innerhalb der Dryasgyttjen die Vorherrschaft an sich reißt (Durchschnittswert jetzt: 56,7 μ, 56,1 μ, 58,0 μ, 57,9 μ). Dabei sind wir übrigens nicht bloß auf die mikroskopischen Befunde angewiesen. Wir haben ja in den oberen Lagen der Dryastonmudde in Übereinstimmung mit den variationsstatistischen Untersuchungen öfters die Zapfen von Pinus silvestris, nur einmal aber solche von Pinus montana gefunden.

Mit dem ersten eigentlichen Höhepunkt der Pinuskurve und dem zweiten Birkenanstieg setzt dann plötzlich ein Umschlag und ein Zurückpendeln zur Bergkiefer ein. Schon ohne Messung war der Wechsel in der relativen Häufigkeit der verschiedenen Pollentypen recht auffällig. Interessant ist ferner die Pinuspollenarmut, die kurz vor dem ersten Kieferngipfel deutlich wird und vielleicht den Weidenpollen wieder häufiger erscheinen läßt (Bucht am Wolfsgrund, Ahaer Delta). Groß wird allgemein der Pollenreichtum erst mit dem Höhepunkt des ersten Kieferngipfels und der großen Berg-

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

kiefernfrequenz. Die Entwicklung ist etwa folgende: Pollendichte Birkengipfel 460 Pollen, Waldkieferndominanz 200—350 Pollen, 1. Kieferngipfel 980 Pollen, Pinusdepression anfänglich über 1000 Pollen

Tabelle VI. Kiefernpollenvariation.

Pinus silv.[1] Pinus mont.	Gipfelpunkt: 54 μ 68,4 μ										Variationsbreite: 32,4—68,4 μ „ 54 —75,6 μ							
Teilstriche der Mikrometerskala	1 Teilstrich = 2,43 π																Pollenzahl	Mittelwert in μ
	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32		
Diagramm 2																		
320 cm							3	5	6	6	14	4	3	3			43	65,5
318						2	2	9	9	9	11	4	4	3	1		54	63,6
314			1	5	9	14	13	15	14	13	8	5	2	1			100	58,45
305	1	1	4	4	4	6	16	19	15	12	9	4	3	2			100	58,77
I 290		6	8	8	8	10	11	12	12	9	7	3	2	3	1		100	56,71
II 290 [2]	2	4	7	7	11	10	10	15	13	9	6	3	2	1			100	56,17
Diagramm 1																		
320 cm	1	2	2	4	5	8	18	19	17	14	6	3	1				100	57,94
I. Pig. 310			4	9	7	11	16	23	22	20	15	16	9	2	1		156	60,0
300	1			2	5	6	12	14	23	16	9	7	3	2			100	60,3
290			2	3	6	7	11	16	19	19	18	14	4	3	2	1	125	61,4
II. Pig. 270		1	2	6	7	9	13	13	20	15	9	2	1	1	1		100	58,56
Diagramm 3																		
170 cm		2	2	4	3	14	14	20	20	10	6	2	3				100	58,09
I. Pig. 155			1	1	2	7	7	12	30	19	9	6	5		1		100	63,06
150	1		1	2	4	6	6	14	20	14	11	8	6	4	2	1	100	61,65
136				1	1	3	5	10	19	13	8	4	1				65	60,97
134				1	4	7	7	13	23	19	14	6	5	1			100	61,01
125		1	1	4	4	6	13	12	17	15	14	8	3		1	1	100	60,39
v. II. Pig. 118		1	2	3	3	7	13	13	19	16	11	6	4	1	1		100	60,15
100	1	3	4	8	6	6	8	16	11	11	11	6	5	3	1		100	58,8
Boreal																		
Diag. 1 (240 cm)	1	1		2	4	5	7	5	3	2		1	1				32	55,7
Diag. 2 (180-145 cm)		4	3	2	3	10	8	7	6	3	2	2		1			51	55,8
Sa.	1	5	3	4	7	15	15	12	9	5	2	3	1	1			83	55,75
Atlanticum																		
Diag. 3 (50 cm)				1	3	2	3	6	7	7	8	7	5	1			50	62,36
Subboreal																		
Diag. 3 (15—30 cm)						3	3	7	6	5	6	3	2				35	61,5
Subatlant.																		
Litoral [3]			1	2	3	2	5	9	8	12	15	12	3	1	1		74	62,2

[1]) nach P. STARK. [2]) Die Proben waren ungefähr 10 m voneinander entfernt. [3]) Profil S. 38 und Linienprofil (vgl. S. 35).

Pig. = Kieferngipfel.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Wir erleben also, daß in der Folge Weide, Birke, Kiefer innerhalb der Dryasphase nicht nur ein Nachwandern verschiedener Vegetationszonen hinter einem zurückweichenden Gletscher zum Ausdruck kommt, sondern daß darüber hinaus die Vegetation in der Vorherrschaft der Waldkiefer noch eine besondere klimatische Note anzeigt. Jetzt erinnern wir uns auch wieder des Hippophae und der Salix incana, die wir für die Pflanzengesellschaft wahrscheinlich machen konnten und die so wenig wie die Waldkiefer in die Gebiete rücken, in denen eine arktische Zwergstrauchformation allein regiert. Die Diskussion der Käferfauna hat außerdem die Anwesenheit üppiger subalpiner Stauden wahrscheinlich gemacht. Schließlich zeigt auch die nordische Flora selbst in ihrer Ausbildung kein besonders kaltrauhes Klima an, wie vielleicht anderwärts. Ich maß z. B. Dryasblätter mit 17 mm Länge und 9 mm Breite.

Verbinden wir aber alles zu einem Bilde, so erinnert uns diese spätglaziale Flora am Schluchsee am ehesten an die Vegetationsbilder mancher großen kontinentalgetönten Alpentäler, in denen allerdings das arktisch-alpine Element keine so große Rolle spielt, wie sie sie hier gespielt haben muß. — Die Annahme eines relativ trockenen, nicht mehr all zu kalten Klimas, ergänzt in bester Weise unsere geologischen Beobachtungen, die zu genau derselben Annahme führten.

Die autochthone Flora.

Zu einem ähnlichen Ergebnis führt uns die Analyse der Sedimente und der eigentlichen Moor- und Seeflora.

In keinem späteren Zeitabschnitt entfaltet Myriophyllum alternifolium eine solche Üppigkeit wie hier. Dabei ist nicht zu verkennen, daß ein reichliches Auftreten erst mit dem stärkeren Anstieg der Pinuskurve beginnt und der Höhepunkt der Entwicklung mit der Waldkieferndominanz zusammenfällt. — Myriophyllum alternifolium hat eine weit nach Süden reichende Verbreitung und ist deshalb schon immer in den präborealen Ablagerungen Skandinaviens, wo sie ähnlich reichlich erscheint, aufgefallen. Man hat es auch dort mit einem kontinentalen Klima und einer damit verbundenen stärkeren Insolation in Verbindung bringen wollen.

Nicht minder interessant ist das Verhalten der Isoetesarten am Schluchsee. Wir erleben eine Massenentfaltung von Isoetes echinospora in der Dryasphase, währenddessen I. lacustris noch ganz

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

fehlt. Dabei ist Isoetes echinospora gerade die Art, die weiter nach Süden reicht und noch am Südfuß der Alpen zu finden ist. Allerdings geht sie auch bis Island hinauf, wo I. lacustris fehlt. Vielleicht kommt aber in der etwas weiteren Verbreitung der Isoetes echinospora gerade ihr Reliktcharakter zum Ausdruck. Ihr Areal war schon glazial oder vorglazial größer und ihre Refugien lagen dem freiwerdenden Gebiet am nächsten. Demgegenüber versucht I. lacustris erst postglazial ein ursprünglich kleineres Verbreitungsgebiet zu vergrößern. Erst weitere Funde werden da allerdings Klarheit schaffen können. — Die frühen Funde von Nuphar fügen sich dagegen recht gut in das Bild der Ökologie und Pflanzengeographie dieser Pflanze ein.

Mit ein paar Worten sei auch noch der Diatomeen gedacht. Eine gründlichere Untersuchung war mir leider nicht möglich. Ein Vergleich der spätglazialen Arten mit den Formen, die in späteren Sedimenten gefunden werden, und schließlich mit den heute noch im See lebenden Arten ergab, daß — wenigstens qualitativ — nur geringe Verschiebungen stattgefunden haben können. Vor allem allem Surirella elegans, Epithemia sorex und turgida, dann auch Pinnularia nobilis begleiten alle Proben bis in die jüngsten Schichten. Erst atlantisch war Cymbella cuspidata. — Auffällig ist das Fehlen der Desmidiaceen.

Im übrigen ist der organische Gehalt der limnischen Sedimente aus jener Zeit noch gering. Die Analyse zeigt durchschnittlich 50 % Feindetritus. Es kommt darin natürlich das noch kalte Klima und die noch geringe Pflanzenbedeckung zum Ausdruck. Die Vegetation steht ja erst wieder an einem Anfang ihrer Geschichte. Deshalb sind die Sedimente auch überwiegend limnisch. Trotzdem konnten wir im Gebiete schon telmatische Torfbildungen nachweisen.

Im Ahaer Delta war es z. B. eine Folge von Sphagnetum — Eriophoretum — Betuletum nanae. Es liegt da also eine Verheidung vor, die ganz gut zu dem kontinentalen Klimacharakter mit der zunehmenden Waldkiefernherrschaft passen würde. Im Fischbachdelta scheint es zunächst umgekehrt; dort erleben wir eine normale moorökologische Entwicklung im kleinen von einem Riedmoortorf (Caricetum-Scheuchzerietum) zu einem sphagnumreichen Hochmoortorf. Nun ist aber von dem Sphagnum selbst außer den Sporen kaum mehr etwas zu finden; gerade diese Schicht ist am stärksten humifiziert und zersetzt. Auch hat an der oberen Grenze

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

des Torfes die Pinuskurve noch nicht die Höhe erreicht, die sie sonst in den entsprechenden Dryasablagerungen zu erreichen pflegt. Es muß also entweder nachträgliche Abtragung oder Sistierung der Torfbildung stattgefunden haben. — Phragmites communis fehlt im Gebiet noch ganz.

2. Sekundärer Birkenanstieg.

Sedimente und Fossilien aus diesem Diagrammabschnitt sind uns vor allem an den Ufern des Schluchsees erhalten. Über den Deltaflächen der Zuflußgebiete erfolgt jetzt auf weite Strecken erneute Sandschüttung. Die Wandlungen in der Vegetationsentwicklung scheinen in ganz offensichtlichem Zusammenhang mit diesem geologischen Wechsel zu stehen. Schon die relative Zunahme der Birke kann man für eine größere Feuchtigkeit des Klimas sprechen lassen. Firbas und auch Rudolph z. B. erwägen die Möglichkeit aus der teilweise dominierenden Verbreitung der Birke im Präboreal eine größere Ozeanität dieser Periode anzunehmen. Bei den variationsstatistischen Messungen im Diagramm 1 zeigen sich zudem kleine Verschiebungen nach der Zwerg- und Flaumbirkenseite. Das Material ist allerdings zu ungenügend, als daß es sichere Tatsachen beweisen könnte. Im übrigen ist die arktische Strauchformation noch keineswegs verschwunden. In den litoralen Sedimenten werden die Blätter von Salix myrtilloides und von Betula nana noch bis zum Erscheinen der Haselpollen beobachtet. Auch der semiterrestre Torf der Krummenbachwiese (vgl. Profil S. 26) ist noch in jener Entwicklungsphase von Strauchholz durchsetzt, das nach dem mikroskopischen Befund nur von Betula nana stammen kann.

Vor allem bestätigen nun aber die Verschiebungen in der Entwicklung der Kiefer den Anbruch einer feuchteren Periode. In den untersuchten Diagrammen macht sich jedesmal eine größere Beteiligung der Bergkiefer bemerkbar. — Die Durchschnittswerte der Pollen steigen von 58,0 μ und 57,9 μ auf 60,0 μ und 63,0 μ. Diese Verschiebung setzt schon mit dem Höhepunkt des ersten Kieferngipfels ein; was übrigens auch für das Ahaer Deltagebiet seine Geltung haben wird. Auch dort wurde ja ein erster höchster Kiefernwert im Diagramm nicht an der oberen Grenze der Dryastonmudde (89,5 %) gefunden, sondern in einer Schicht, die eine den Dryassedimenten synchrone Torfbildung überlagerte (vgl. S. 26).

Irgendwelche Rückschlüsse auf Temperaturschwankungen scheinen mir aber nicht erlaubt. Die Bergkiefernvorherrschaft hält sich

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

weiterhin gleichmäßig über einen Zeitraum hin, der der Temperaturentwicklung nach niemals einheitlich gewesen sein kann, der aber in seinem ganzen Ausmaß geologisch von größeren Feuchtigkeitswirkungen beherrscht wird. Zuletzt beobachten wir noch die große Bergkiefernbeteiligung bei einem Haselwert von 31,3 %. Damals war es aber gewiß schon ähnlich warm wie heute, während wir mit dem Beginn der Bergkiefernentwicklung noch mit wesentlich niederen Temperaturen rechnen müssen.

Ein sekundärer Birkenanstieg scheint in ähnlicher Diagrammlage in Europa recht häufig zu sein. Dabei sind doch wohl die Birkenphasen der Schweiz (KELLER) oder des Münsterlandes (KOCH) unserem zweiten Birkenanstieg synchron. Gleichzeitig dürfte auch der Birkengipfel der oberschwäbischen Diagramme sein. Hier wie dort muß er mindestens nach dem Bühlstadium liegen. Er spaltet dabei ebenfalls die Kiefernkurve in zwei Gipfel und wird von K. BERTSCH auch in einen gewissen Zusammenhang mit der Entwicklung der Kiefernarten gebracht. BERTSCH steht allerdings Klimaschwankungen und klimatischen Verursachungen skeptisch gegenüber. Er denkt sich die Sache einfach so, daß zunächst die Bergkiefer herrscht, dann in der Depression unter Aufkommen der Birke verschwindet und schließlich der zweite Pinusanstieg das dominante Aufkommen der Waldkiefer bedeutet.

Aber Übergangszeiten könnten doch auch gerade einen Gipfelpunkt erzeugen, wie es hier am Schluchsee tatsächlich der Fall zu sein scheint. Zudem stehen wir mit den obigen Beobachtungen insofern in Widerspruch als bei uns beide Kieferngipfel Ausklingen, bzw. Ankündigung einer Waldkiefernvorherrschaft, die Kiefern-depression aber gerade Bergkieferndominanz anzeigt. Wo bei BERTSCH nur ein einmaliger Wechsel sein soll: Bergkiefer-Waldkiefer ist bei uns ein zweimaliger: Bergkiefer-Waldkiefer-Bergkiefer-Waldkiefer. Betrachtet man allerdings die BERTSCH'schen Zahlen genau, so entdeckt man, daß in den zwei Fällen, in denen am tiefsten Punkt der Kurve die Pollengröße gemessen wurde, einmal auch eine relative Erhöhung der Zahlen stattfindet (Allmendinger Ried: 59,3 μ 1. Gipfel, 61,4 μ Depression, 59,5 μ 2. Gipfel) [1]).

[1]) Wären tatsächlich die Verhältnisse den hier gefundenen analog, so dürfte ein noch ausgesprochenerer Silvestris-Wert vor dem ersten Gipfelpunkt zu suchen sein.

Jetzt erst erscheint im allgemeinen in den BERTSCH'schen Diagrammen auch Hasel- und Eichenmischwald.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Für die Deutung der Kiefernschwankungen wird man doch am besten unmittelbar an Klimaschwankungen denken.

Noch fehlen aber zu Beginn des sekundären Birkenanstieges alle wärmeliebenden Bäume. Auch die Flora des Sees zeigt noch keine wesentliche Veränderung. Anders wird die Sachlage erst, wenn wir jetzt in den Bereich des neuen Kiefernanstiegs gelangen.

3. Kiefern-Haselphase.

Diese Phase ist charakterisiert durch das Ansteigen der Kiefer zu einem zweiten kleineren Gipfel und durch die ungeheuer rasche Entwicklung der Haselnuß. Ein stärkerer Einfluß der Waldkiefer macht sich aber erst wieder mit oder nach dem Gipfelpunkt der Kurve bemerkbar. Lag vorher der Pollendurchschnittswert konstant zwischen 60 und 61 μ, so sinkt er dann auf 58,5 (Wolfsgrund) und 58,8 μ (Litoral).

Trotzdem es wärmer geworden sein muß, scheinen bis dahin also die stärkeren Niederschläge noch nicht nachgelassen zu haben. Erst nach dem zweiten Kieferngipfel macht sich auch ein Fallen des Seespiegels bemerkbar. Die etwas ozeanische Tönung des Klimas scheint mir dabei nicht unwesentlich an der ersten raschen Massenausbreitung der Hasel beteiligt zu sein.

Gleichzeitig mit der Haselnuß erscheint auch die Erle und der Eichenmischwald am Schluchsee. Zunächst ist es sporadisch Eiche und Ulme, dann nur die Ulme, die oft durch mehrere Spektren hindurch der einzige Vertreter des Mischwaldes bleibt und beim nachfolgenden kontinuierlichen Erscheinen der Eiche und Linde bei weitem dominiert. In den litoralen Sedimenten erreicht sie in dieser Phase einen Gipfelpunkt mit dem für das Gebiet maximalen Wert von 20,6 %. Auch diese Tatsache stimmt mit der Annahme eines noch relativ feuchten Klimas überein. Wie Broche betont kann man die Ulme keineswegs als einen kontinentalen Baum bezeichnen.

Das Voraneilen der Ulmenentwicklung ist für die Eichenmischwaldfolge vieler europäischer Diagramme charakteristisch. Wenn auch in manchen anderen Schwarzwaldmooren diese Dominanzverschiebung: Ulme-Linde-Eiche schon angedeutet war, so wird diese Erscheinung doch nirgends so augenfällig wie in den vorliegenden Schluchseediagrammen (vgl. Abb. 7 u. 15).

Nun strebt die Haselnuß ihrem Höhepunkt zu. Gleichzeitig sinkt die Kiefernkurve. Die Durchschnittswerte der Pollengröße verschieben sich rasch auf die Seite der Waldkiefer. Der Rück-

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

gang der Pinuskurve scheint mir deshalb vor allem das Verschwinden der Bergkiefer zum Ausdruck zu bringen.

In der Zusammensetzung der See- und Uferflora zeigt sich immer noch wenig Wandlung. Mit dem Tiefpunkt der Kiefernkurve und ihrem Wiederaufstieg zu einem zweiten Gipfel zeigt Myriophyllum alternifolium in den litoralen Sedimenten eine deutliche Vegetationsdepression. Etwas üppiger entfaltet sie sich erst wieder mit dem Höhepunkt der Haselkurve. Sie liebt offenbar ein etwas kontinentaler getöntes Klima und wird — abgesehen davon, daß sie jetzt auch wieder in relativ größere Seetiefen hinabsteigt — schon durch ihre Quantität eine größere Trockenheit des Klimas, d. h. eine stärkere Sonneneinstrahlung andeuten.

Neu sind die ersten und noch spärlichen Sporen von Equisetum (limosum) und Isoetes lacustris. Der Gehalt der Sedimente an organischem Material hat im allgemeinen etwas zugenommen, wie schon die dunklere Färbung der Schichten verrät.

4. Hasel-Eichenmischwaldphase.

Die Waldentwicklung hat schon mit dem zweiten Kieferngipfel aber auch erst jetzt die durch die Untersuchungen von STARK und BROCHE vom südlichen Schwarzwald bekannten und diskutierten Formen angenommen und weicht auch im Prinzip in der weiteren Entwicklung nicht mehr davon ab. Trotzdem wird es wichtig sein, den Diagrammen noch einige charakteristische Feinheiten abzugewinnen, die besonders im Zusammenhang mit den auffällig wechselnden geologischen Bildern wichtig sind. Besondere Aufmerksamkeit soll auch dem stratigraphischen Wechsel der verschiedenen Torfe geschenkt werden.

Mit dem Höhepunkt der Haselkurve — mit dem gleichzeitig die geologischen Erscheinungen einsetzen, die für ein durchschnittlich trockeneres Klima als heute sprechen — beginnen Eichen- und Lindenanteil an der Waldzusammensetzung rasch zu steigen. Der Kiefernwert sinkt weiter bis unter 30 % herab. Wie die Messungen zeigen, muß die Bergkiefer rasch fast ganz verschwunden sein. Der Blütenstaub ist in erster Linie auf Rechnung der Waldkiefer zu setzen (Durchschnittswert: 55,7 μ). Dieses Ergebnis ließen schon die häufigen Silvestris-Zapfenfunde vermuten, denen kein einziger Montana-Zapfen gegenübersteht.

Wie auch in anderen Schwarzwalddiagrammen und darüber hinaus europäischen Diagrammen erreicht zunächst die Linde einen

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Gipfelpunkt (vgl. Abb. 7 u. 15). Allerdings läuft darüber hinweg die Kurve der Eiche, die einer in einem späteren Zeitabschnitt liegenden Kulmination zustrebt. Im Diagramm des Ahabachdeltas deckt sich dieser Lindengipfel mit dem Zeitabschnitt, in dem über dem Delta am ungestörtesten nur Mudde abgelagert wurde. Die Linde ist zweifellos der kontinentalste Baum der Eichenmischwaldkonstituenten. Beachtet man außerdem den mit der ansteigenden Linde zusammenfallenden letzten kleinen Kieferngipfel, der fast rein durch die Waldkiefer verursacht wird, so ergibt sich schon daraus ein Vegetationsbild, das recht gut zu dem synchron geologisch erschlossenen kontinentalen Höhepunkt des Klimas paßt und diese Annahme ergänzt. Der Gipfelpunkt der Eiche, ein Baum, dem wir auch bereits wieder ein größeres „atlantisches" Bedürfnis zuschreiben müssen [1]), fällt in vielen Profilen mit neu einsetzenden Überschwemmungserscheinungen zusammen.

Dazu kommt nun wieder ein anderes, was allerdings immer mit Vorsicht beachtet sein will. Die absolute Frequenz der Pollen ist in allen Hasel-Eichenmischwaldschichten am Schluchsee auffallend gering. Zunächst scheint das durch die bekannte geringe Pollenproduktion der Eichenmischwaldbäume verursacht zu sein. Nähert man sich aber nun bei der Analyse dem Eichengipfel, so nimmt die Pollenfrequenz in ganz augenfälliger Weise zu, voran allen die Eiche, die doch zuerst unterrepräsentiert erscheinen könnte. Über das Doppelte nimmt plötzlich die Pollenzahl pro Deckglas zu. Entscheidend wichtig ist dabei, daß die Analyse in einer immer gleichartigen Dygyttja vor sich geht, so daß die Voraussetzung gleicher Erhaltung, Sedimentationsgeschwindigkeit usw. sicher in größtmöglicher Annäherung gilt.

In Abb. 15 ist ein Ausschnitt aus dem Diagramm 1 wiedergegeben, in dem die absolute Pollenzahl nach dem Vorschlag L. v. Post's eingetragen ist. Birke und Erle sind weggelassen, um das Bild nicht zu stören. — Sehr schön tritt zunächst die allgemeine Pollenarmut der Hasel-Eichenmischwaldphase zutage. Bemerkenswerterweise fällt der Tiefpunkt genau mit der Lindenkulmination zusammen, für die wir oben schon aus ökologischen Gründen den Höhepunkt der Trockenzeit postuliert haben. Weiter zeigt sich die Steigerung der Pollenzahl noch innerhalb des Eichenmischwaldes mit dem Anstieg zum Eichengipfel — worauf es hier

[1]) Vgl. Lit. P. Stark u. W. Broche.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

vor allem ankommen soll. Dies erfolgt übrigens unter Abnahme der Kiefer, von der man noch am ehesten Pollenreichtum erwarten könnte.

Die Üppigkeit des Waldes muß vor allem unter stärkerer Beteiligung der Eiche größer geworden sein. Umgekehrt müssen die Bäume zuvor nur ganz lichte Bestände gebildet haben, wie schon der noch hohe Haselprozentsatz nahelegt. — Gleichzeitig mit dem Eichenanstieg erhebt sich überall auch die Erle. Da ihre Werte aber von Profil zu Profil sehr schwanken, müssen wir an die Ausbildung lokaler Erlenbruchwälder denken. Der Kiefernanteil sinkt jetzt auf ganz unbedeutende Prozente herab. Verbinden wir schließlich dieses qualitative Vegetationsbild mit der eben erschlossenen

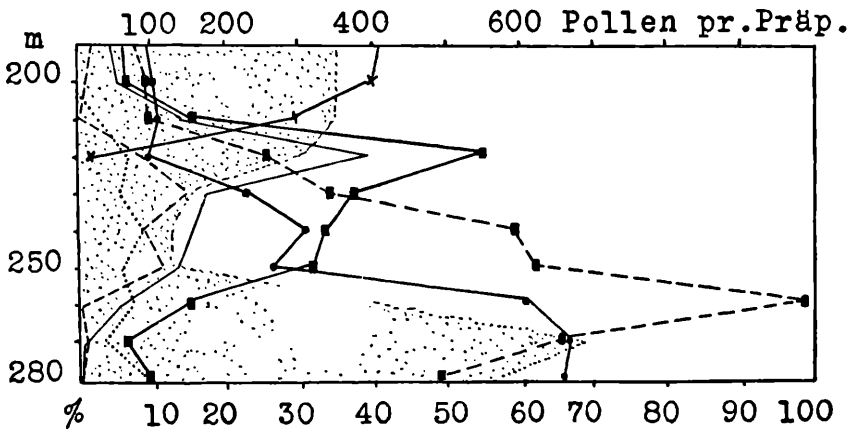


Abb. 15. (Diagr. 1). Die getüpfelte Fläche gibt die Pollendichte wieder.

größeren Üppigkeit der Wälder zur Zeit der dominierenden Eiche, so legt uns schon der Wechsel der Vegetation den Beginn einer feuchteren Zeit noch während der Eichenmischwaldphase nahe. Wie schon angedeutet, stimmt dies aber wieder aufs beste mit unseren geologischen Befunden überein.

Mit dem Beginn dieser Phase tauchen auch die ersten Blütenstaubkörner, zuerst der Tanne und wie scheint etwas später der Buche auf. Sie halten aber lange Zeit, wohl Jahrhunderte hindurch nur ganz niedere Prozente. Wie schon FIRBAS betont, sind solche Tatsachen immer wieder die besten Beweise gegenüber der Meinung, die die Folge der Waldzeiten ausschließlich als Einwanderungsfolge nehmen will. Zuletzt übrigens, erst mit der aufsteigenden Tannenkurve, erst also mit dem volleinsetzenden Atlantikum,

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

erscheint die Fichte; so nicht nur in den Schluchseediagrammen, sondern auch in sämtlichen Diagrammen, die Stark und Broche vom Schwarzwald gegeben haben. Entgegen anderen Deutungen scheint es mir wichtig darauf hinzuweisen. — Die aus der Höhenverbreitung der Hasel, Linde und Eiche gezogenen Rückschlüsse auf die Temperaturerhöhung jener Zeit gegenüber heute brauchen an dieser Stelle nicht mehr diskutiert zu werden (vgl. Stark und Broche) [1]).

Interessant ist auch der Wechsel, der sich in der Zusammensetzung der See- und Uferflora gerade in jener Zeit anbahnt. Myriophyllum alternifolium spielt nur noch eine bescheidene Rolle. Recht merkwürdig ist die explosionsartige Ausbreitung der Isoetes lacustris, die schon mit der Kiefern-Haselphase im Gebiet erschienen war und jetzt Isoetes echinospora, die seither und schon zur Dryaszeit in den litoralen Gründen herrschte, ganz in den Hintergrund drängt. Häufiger werden die Sporen von Equisetum (limosum), zum ersten Male wurden in dieser Zeit auch die Reste des Schilfes am Schluchsee (Feldmoos!) gefunden. In den litoralen Profilen fällt das Fehlen einer Uferflora auf. Aber noch mehr wie heute muß es damals an Versumpfungen und Vermoorungen in der Nähe der Ufer gefehlt haben. Die Wellen spülten gegen Sand und Moränenschutt, der noch kaum unter nährstoffreicher Erde vergraben lag. Wie öd es damals an den Ufern des Schluchsees war zeigt auch die Tatsache, daß es auf der trockengelegten Mudde beim Tiefstand des Sees zu keiner wesentlichen Besiedlung kam. Nirgends wenigstens sind Reste zu finden. Vielleicht muß man aber auch an starke jahreszeitliche Niveauschwankungen denken.

Nicht recht vereinbar mit dem kontinental-warmen Klima des Boreals erschien mir zunächst die relative Häufung der Athyriumsporen in allen Diagrammen. Aber es mag darin auch wieder die Armut der Waldbaumpollen und die Offenheit der Vegetation zum Ausdruck kommen — vielleicht auch die größere Nähe der Pflanzen-

[1]) Ich darf in diesem Rahmen vielleicht erwähnen, daß während meiner Arbeit am Schluchsee im Dresselbachmoor (oberhalb des Dorfes Schluchsee) bei der Anlage eines Weges aus borealer Schicht ein schöner ca. 300 Jahre alter Eichenstamm ausgegraben wurde. Wir befinden uns dabei bereits an der heutigen rationellen Höhengrenze der Eiche (über 950 m). Die Profile zeigten außerdem schön einen borealen (Eichenmischwalddominanz) und subborealen (Buchengipfel) Holzhorizont. Eichenmischwald bis 86 %!!, Linde 44 %! Auch die voraneilende Linden- und nachfolgende Eichendominanz wurde sehr deutlich.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

bestände infolge der Spiegelsenkung. Ein zweites, noch größeres Maximum der Athyriumwerte liegt aber in Diagramm 1 zu Beginn der Tannenzeit, wo bei inzwischen doppelt so großer Waldbaumpollenmenge eine noch wesentlich größere Üppigkeit benachbarter Farnbestände angenommen werden muß.

5. Tannenphase.

Mit dem Ende der Eichenmischwaldzeit und dem Übergang zu der „atlantischen" Zeit hat sich eine endgültige und ganz gewaltige Wandlung der Vegetation vollzogen. Schon die Haselnußausbreitung mag der arktischen Strauchvegetation rasch ein Ende bereitet haben. Hier ist die Zeit der Scheidung eines älteren Vegetationstypes von einem jüngeren, der schon fast ganz dem heutigen gleicht. Statt der Zwergweiden wächst jetzt Salix aurita an den Ufern des Schluchsees. Die Waldbäume schließen sich zu einem undurchdringlichen Urwald zusammen, in dem bald die haselzeitlich erschienenen Bäume Buche und Tanne die Führung übernehmen. Häufig erscheinen jetzt neben Buchen- und Tannenholz auch Fichtenzapfen eingeschwemmt. Aber die Fichte kommt zu spät um eventuell der Tanne den Rang streitig machen zu können.

Die Tanne war zweifellos viel früher im Schwarzwald angekommen und viel mehr schon bereit bei einer ihr günstigen Klimawendung die Herrschaft an sich zu reißen. Über die klimatische Bedeutung der Weißtannenherrschaft ist schon öfter diskutiert worden (vgl. vor allem P. Stark). Das feuchte (auch wärmere) Klima, das ihre Voraussetzung bildet, steht in schönstem Einklang mit der erneut einsetzenden Sandschwemmung über dem Delta und dem Steigen des Schluchseespiegels.

Der Eichenmischwald, der unter Führung der Eiche bereits dazu übergehen wollte, das atlantische Klima für seine üppige Entfaltung auszunützen — so wie ihm das in Ebenengebieten tatsächlich gelang —, erlag der plötzlich hier weit begünstigteren Tanne und Buche, die als Schattenhölzer Eiche, Ulme und Linde unter sich erstickten. — Der Blütenstaub der Kiefer verrät mit 62,3 μ wieder die Vorherrschaft der Bergkiefer. Die Ausbreitung von Tanne und Buche haben natürlich auch die lichtbedürftigen Kiefernarten in große Bedrängnis gebracht. Die empfindlichere Waldkiefer wird der Konkurrenz noch mehr erlegen sein als die Bergkiefer, die gerade in jener Zeit eine geeignete Zufluchtsstätte in den Mooren und an den der Buche und Tanne nicht zugänglichen versumpften

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Uferstrecken gefunden haben wird. Erst mit den atlantischen Schichten erscheinen auch im Lebertorf des Moores am Wolfsgrund die Spaltöffnungen der Kiefer und verraten größere Nachbarschaft des Baumes. — Zuletzt erscheint jetzt endlich Carpinus betulus.

Häufig umrahmt wird die Tannenentwicklung von zwei Erlengipfeln. Erlenmaxima spielen in ganz Europa, besonders in der Ebene in dieser Phase eine Rolle. Entweder herrscht Erlendominanz während des Übergangs vom Boreal zum Atlantikum, oder während des Atlantikums selbst oder in der Übergangszeit zum Subboreal. Erlen spielen eine überragende Rolle also mit einem Worte während des postglazialen Wärmeoptimums.

Auch am Schluchsee finden sich solche Erlenmaxima, einmal vor der Tannenphase (Aha: 72,1 %) ein andermal nachfolgend in der Buchenphase. Es ist vor allem im Gebirge nicht immer klar, ob es sich dabei um autochthone Erlenbruchwälder handelt, oder ob auch die Erle in den umgebenden Bergwäldern eine größere Rolle spielte. Die große Unstetheit in Lage und Ausmaß der Erlenmaxima, wie man sie auch hier am Schluchsee erlebt, führen zu der Annahme, daß es sich mehr nur um lokale Erlenbestände handeln mag; um Erlenbruchwälder, die im Moore stockten oder die Ufer des Schluchsees säumten. Besonders günstig für die Ausbildung einer solchen Vegetation scheint vor allem die Übergangszeit von einem trockenen zu einem feuchten Klima oder umgekehrt zu sein.

Auch alle See- und Ufersedimente zeigen jetzt eine ganz entschiedene Wandlung an. Sie bilden einen reinen, schwarzen Dy- oder Schwemmtorf oder weit häufiger jetzt als vordem semiterrestre Torfe. Gehalt und Umsatz an organischen Stoffen ist gewachsen. — Im See treten Myriophyllum und Isoetes in den Hintergrund. Isoetes lacustris und echinospora stehen in einem gewissen Gleichgewicht.

Häufig an den Ufern werden jetzt erst Phragmites communis und Equisetum limosum. Ähnlich wie die Erle müssen sie mit der Tannenphase und auch der noch nachfolgenden Buchenphase eine mächtige Dominanz erreicht und das Vegetationsbild der Ufer bestimmt haben. Equisitetum und Arundinetum stehen jetzt überall an den Ufern an, wo es überhaupt zur Bildung organogener Sedimente kam. Ein heute für den Schluchsee ungewohntes Bild. So wenig wie die Erlen fehlen allerdings diese Pflanzen heute hier. Aber sie spielen nur eine ganz untergeordnete, keineswegs mehr vegetationsbestimmende Rolle.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Man hat solche und ähnliche Erscheinungen schon mit der subatlantischen Klimaverschlechterung der jüngsten Zeit in Verbindung bringen wollen, mit den relativ wieder niedereren Temperaturen. Gerade für die Erle, aber auch für Equisetum limosum ist das nicht recht einzusehen. Auch das Schilf kann nicht als besonders wärmeliebend gelten, worauf P. STARK schon verschiedentlich aufmerksam gemacht hat.

Ein kleines, aber recht üppiges Phragmitetum finden wir tatsächlich auch heute noch am Schluchsee, und zwar an dessen unterem Ende bei Seebruck. Dort stehen auch häufiger als an anderen Uferstellen Erlen (Alnus incana). Wir befinden uns an dem kleinen, unterseeisch durch einen glazialen Wall vom tieferen See abgeschlossenen Endbecken. Das Wasser ist ruhig und flach. Von ein paar Bauernhöfen fließt hier Abwasser zu. Gerade an dieser Stelle, unterhalb eines Hofes steht das Phragmitetum. Die ganze Uferflora verrät eutropheren Charakter.

Ich habe von dieser Beobachtung aus den Eindruck gewonnen, daß gerade für die in Frage stehenden Pflanzen (Erlen, Schilf, Schachtelhalm) weniger der Temperaturfaktor als unter Umständen ein Ernährungsfaktor entscheidend sein mag. Equisetum limosum wächst in schönen Beständen in Seen, die noch höher liegen als der Schluchsee (z. B. Windgefällweiher, Erlenbruck (950—1000 m) usw.), die aber in ihrem ganzen Vegetationscharakter z. B. mit Potamogeton natans ein viel nährstoffreicheres Wasser anzeigen, deren Wasserstoffionenkonzentration geringer ist als im Schluchsee und dessen uferanliegenden Wasserlöchern und Schlenken [1]). Der Konzentrationswert kann in unserem Falle zweifellos näherungsweise als Indikator der Ernährungsverhältnisse gewertet werden. Wieweit der Säuregrad selbst begrenzend in das Leben der obigen Pflanzen eingreift, sei hier dahingestellt.

Weniger die niederen Temperaturen, als vielmehr die zunehmende Oligotrophie, vielleicht auch noch Versauerung des See- und Bodenwassers haben die Ufervegetation der postglazialen Wärmezeit vertrieben oder ihre Vormachtstellung gebrochen. Haben wir auch in den Ernährungsverhältnissen vielleicht die unmittelbare Ursache zu suchen, so dürfte doch die Ursache der Oligotrophierung wiederum in dem Klimawechsel zu finden sein. Vielleicht könnte man allerdings auch an rein entwicklungsgeschichtliche Verur-

[1]) Leider war mir durch die Absenkung eine p_H-Messung des Schluchseewassers selbst nicht mehr möglich.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

sachungen denken, zunehmende Anhäufung humoser Torfe usw. Bei durchschnittlich höheren Temperaturen, auch bei größerer Feuchtigkeit wird aber doch einmal der organische Stoffumsatz ein viel größerer, zweitens die Zersetzung der organischen Reste eine viel tiefer greifende sein als bei einem feucht-kühlen Klima. Dies begünstigt umgekehrt die Anhäufung der halbzersetzten Stoffe und damit eine Versauerung und Nährstoffverarmung des Bodenwassers. Wir brauchen ja dazu nur die verschiedenen Böden und Pflanzenformationen der verschiedenen Klimazonen der Erde zu betrachten.

Der Wandel der Vegetation wird uns also doch wieder, wenn auch nicht unmittelbar, einen Wechsel des Klimas und der Temperaturen nahelegen. So stammen denn auch „oligotrophe Torfe" nicht nur aus jüngster Vergangenheit, sondern leiten schon das anfänglich noch kalte Postglazial ein (vgl. S. 26 u. S. 41). Die atlantische Eutrophierung und die subatlantische Oligotrophierung zeigen ferner, daß die Entwicklung eines Sees nicht immer eindeutig in der Richtung der Nährstoffanreicherung geht, sondern daß sich klimatisch bedingt dieser Prozeß auch einmal umkehren kann. Über ähnliche Beobachtungen hat schon Gams berichtet. Der Schluchsee wäre heute mit seiner Seeerzzone zu den Eisenseen der nordischen Limnologen zu zählen.

Phragmites communis fristet heute, abgesehen von dem genannten Standort nur noch ein kümmerliches Dasein in ein paar ufernahen Schlenken am Wolfsgrund, in denen der Ionenkonzentrationswert 5,5 und 6 betrug [1]). Wir befinden uns hier in der Nähe des Minimums der Pflanze. Ich bin überzeugt, daß das Optimum wesentlich höher liegt, obwohl Kotilainen ein Optimum gerade für dieses Bereich angibt.

Schließlich müssen wir noch einer anderen Pflanze Erwähnung tun, die für die Torfe der Tannenphase so charakteristisch ist: Scheuchzeria palustris. Ihr Massenauftreten galt schon immer als Indizium einer feuchten Zeit. Neuerdings hat zwar Rudolph darauf hingewiesen, daß dies allein die postglaziale Entfaltung der Pflanze nicht erklären könne. Er möchte an einen „aussterbenden Typus" denken.

---

[1]) Die p_H-Messungen wurden im allgemeinen mit Merk's Universalindikator ausgeführt. Stichproben wurden elektrometrisch nachgeprüft. Ich möchte an dieser Stelle nicht versäumen, Herrn Prof. Helbig nochmals meinen Dank für die Überlassung der Apparaturen des Bodeninstituts auszusprechen.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Scheuchzeria palustris spielt am Schluchsee insofern eine eigenartige Rolle, als sie hier ganz wesentlich an der Zusammensetzung der ehemaligen Verlandungsformationen beteiligt ist. Verfolgen wir in den Ahabachprofilen die synchrone Zonation seewärts, so haben wir zunächst ein reines Scheuchzerietum, allmählich mischt sich zwar Carex bei, aber erst ganz unmittelbar vor der alten Uferlinie geht das Scheuchzerietum in ein reines Caricetum über, dem sich dann Phragmites und Equisetum limosum zugesellt. Zuletzt bleibt nur noch Equisetum limosum. — Auch heute gäbe es in der Nähe der Ufer noch genug recht vernäßte Standorte, wo sich Scheuchzeria ganz entsprechend wohlfühlen könnte, wo sie aber nirgends mehr gedeiht. Bemerkenswert ist übrigens noch die Beobachtung, daß die Blumenbinse wohl sehr reichlich in der Nähe der Ufer gedieh, daß sie aber am Aufbau des großen Feldmooses nirgends beteiligt ist. Dem mögen vielleicht wieder ernährungsphysiologische Einflüsse zugrunde liegen.

Auch heute noch wächst Scheuchzeria viel üppiger in dem kleinen Moor am Wolfsgrund, das mesotrophen Charakter trägt und unter dem Einfluß der direkt vom Berg herabfließenden Wässer steht. Die p_H-Werte schwanken hier zwischen 4,5 und 5,5. Demgegenüber ist das Feldmoos extrem nährstoffarm und sauer (p_H nie und nirgends über 4,5). Es liegt mit großer Fläche mitten im Tale, hat sich hoch über das Grundwasserniveau erhoben und ist nirgends dem Zufluß mineralreicher Quellen ausgesetzt. Diese ernährungsökologisch ungünstige Lage des Feldmooses mag übrigens schon das Fehlen der Schilfbestände bei der borealen Verlandung erklären und die Begünstigung einer acidophilen Besiedlung von vornherein.

6. Buchenphase.

Weniger empfindlich in ihren ökologischen Ansprüchen als die Tanne ist die Buche. Und wenn nach wohl jahrtausendlanger Vorherrschaft der Tanne nun plötzlich die Buche diese führende Rolle übernimmt, so kann man sich das eigentlich nur klimatisch erklären. Dies ist auch die Ansicht P. STARK's. Eine kleine Klimaverschiebung, ein durchschnittliches Nachlassen der Niederschläge mag genügen um die Tanne in ihrer Konkurrenzkraft ein wenig zu schwächen zugunsten der anspruchsloseren Buche. Kurz bevor Tannen- und Buchenkurve sich schneiden setzen auch tatsächlich überall am Schluchsee die Erscheinungen ein, die für eine zu-

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

nehmende Trockenheit des Klimas sprechen. — Diese Buchendominanz hebt sich in fast allen Mooren des südlichen Schwarzwalds so deutlich heraus, daß man sie ruhig als besondere Phase abgliedern kann.

Gleichzeitig mit der Rotbuche erlebt die Weißbuche (Carpinus betulus) eine kleine Kulmination. Im allgemeinen steigen ihre Werte zwar nicht über 1 oder 2 %. In den litoralen Sedimenten des Schluchsees fand ich aber in den vielen Proben, die hier zur Untersuchung kamen (Linienprofil usw.!), unter der Buchendominanz oft wesentlich höhere Werte. Ich fand ein paarmal und eben nur in dieser Phase 4 %, 4,5 % und einmal 7 %.

In charakteristischer Weise erheben sich jetzt auch in den Schluchseediagrammen noch einmal die Kurven der kontinentaleren Vegetationselemente wie Hasel- und Eichenmischwald ein wenig. Broche hat diese Erscheinung auch in anderen Schwarzwaldmooren beobachtet und schon mit dem subborealen Klimacharakter in Verbindung gebracht. Ob auch die Waldkiefer wieder relativ häufiger erscheint sei dahingestellt. Das Material ist infolge der Seltenheit des Kieferblütenstaubs in diesen Schichten zu ungenügend.

An den Ufern stehen immer noch ungewöhnlich reichlich Erlen, Schilf, Schlammschachtelhalm und Blumenbinse.

7. Tannen-, Buchenphase, Fichten- und sekundärer Kiefernanstieg.

Mit dem Anstieg der Fichtenkurve beginnt auch gleichzeitig wieder die Tanne die Buche zu überschneiden. Die Begünstigung von Tanne und jetzt auch Fichte können für eine erneute Zunahme der Niederschläge sprechen, wie denn auch gleichzeitig überall neue Überschwemmungen zu beobachten sind. Und dort wo die Spuren der Überflutungen wieder verschwinden, reißt auch — abgesehen von dem Verlauf der Fichtenkurve — prompt wieder die Buche die Herrschaft an sich. Wir wären damit schon am Anfang unserer historischen Zeit. Wie Hausrath gezeigt hat, war auch tatsächlich die Buche bis weit in das Mittelalter hinein und bis zum Vordringen einer stärkeren Forstkultur, in unseren Wäldern selbst in höheren Lagen viel stärker vertreten als heute.

Der enge Zusammenhang mit dem geologischen Wechsel läßt mich in dieser Baumfolge keinen Zufall sehen. Zu regelmäßig begegnet man ihm in allen Schluchseeprofilen. Darüber hinaus zeigen aber auch eine ganze Reihe der von Broche im Schwarzwald unter-

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

suchten Profile genau denselben zweimaligen Wechsel von Buche und Tanne, soweit die Moore nur ein Wachstum bis in die jüngste Zeit aufweisen.

Es seien genannt die Profile: Breitnau-West, Breitnau-West-Kirche, Zweiseenblick, Scheibenlechtenmoos, Bernau-Weierle. Beim Fehlen eines zweiten Buchengipfels deuten dann auch je und je Abraum oder Moorerde Kultureinflüsse oder Stillstand des Moorwachstums an. Fehlt sogar der erste Buchengipfel, so möchte ich auch in diesen Fällen in erster Linie an eine Einstellung des Moorwachstums seit subborealer Zeit denken, zumal wir uns damit oft in Randprofilen befinden, in denen das Moorwachstum auch erst mit dem Atlantikum einsetzt.

Übrigens ist ein ganz ähnlicher Verlauf der Buchen- und Tannenkurve in den jüngsten Diagrammabschnitten auch in einem weiter angrenzenden Gebiet zu erkennen (Oberschwaben, Schweiz, Bayern). Vor allem sind es immer zwei Buchengipfel, zwischen die sich sehr oft ein (sekundärer) Tannenanstieg schaltet. Die zweite Buchendominanz kann auch wieder fehlen.

Auch im Verlauf der Fichtenkurve machen sich kleine Schwankungen bemerkbar, die — falls nur die Probeentnahme dicht genug erfolgte — in allen Profilen des Schluchsees und südl. Schwarzwaldes deutlich werden. Kurvendepressionen fallen gewöhnlich in die erste oder zweite Buchendominanz, so daß man darin vielleicht auch wieder eine klimatisch bedingte Gesetzmäßigkeit erblicken könnte. Doch mögen da auch einmal lokale Beeinflussungen mit hereinspielen. So z. B. im Diagramm 2 (S. 21), wo der subboreale Fichtenanstieg durch die in unmittelbarer Nachbarschaft stockenden Fichten bedingt wird. — Der letzte Kurvenanstieg zu Werten von 25—30 % mag wohl schon kulturhistorisch bedingt sein.

Über die Wandlung in der Zusammensetzung der See- und Uferflora wurde oben schon diskutiert. Erlen, Schilf und Equisetum limosum treten in den Hintergrund. In den Mooren sind Sphagnum und Eriophorum, an den Ufern Carex die hauptsächlichsten Torfbildner geworden. Sie zeigen eine Dystrophierung des Schluchsees, an, die neben der Fichtenbegünstigung — wenn auch nur indirekt — für die Erniedrigung der durchschnittlichen Temperaturen spricht.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

B. Der Schluchsee im Wechsel der postglazialen Klimaänderung.

Wir haben zunächst im speziellen Teil gesehen, daß wir ganz unabhängig von der Vegetationsfolge und nur gestützt auf geologisch stratigraphisches Material in den jüngeren Abschnitten des Diagrammes zu denselben klimatischen Abgrenzungen kamen wie P. Stark und W. Broche, die vorwiegend von der Ökologie der Baumfolge ausgegangen waren.

Nun hat uns neben den ökologischen Argumenten der eben genannten Autoren noch eine ganze Reihe anderer vegetationsgeschichtlichen Feinheiten wieder von dieser ganz anderen Seite her zu genau demselben Resultat geführt. Mit jedem Schichtwechsel erfolgen Verschiebungen im Vegetationsbild, die eine klimatische Deutung bestätigen.

Das Blytt-Sernander'sche Schema der postglazialen Klimaentwicklung wird meist in der folgenden Form angegeben:

Eiszeit
präboreal, kalt und trocken (bis ca. 6500 v. Chr.)
boreal, warm und trocken (6500 — 5500 v. Chr.)
atlantisch, warm und feucht (5500 — 3000 v. Chr.)
subboreal, warm und trocken (3000 — 900 v. Chr.)
subatlantisch, kühler, feuchter (900 v. Chr. bis zur Gegenwart).

In Übereinstimmung mit P. Stark und W. Broche kommen wir in den jüngeren Phasen zu folgenden Parallelisierungen:

Boreal	Eichenmischwald-Hasel	
Atlantikum	letzter Abschnitt der Eichenmischwaldzeit und Tannenphase	
Subboreal	Buchenphase	
Subatlantikum	zweiter Tannenanstieg	feucht
	zweiter Buchenanstieg	trockener

Der subboreale-subatlantische Kontakt erscheint dabei allerdings etwas höher geschoben als seither in der Literatur. Auch erweist sich die subatlantische Entwicklung nicht als einheitlich.

Vor allem ergeben sich nun aber Widersprüche mit der vorhaselzeitlichen Periode; diesmal allerdings weniger mit den seither ermittelten Schwarzwalddiagrammen, die zeitlich gar nicht so weit zurückreichen, als vielmehr mit dem Blytt-Sernanderschen Schema direkt. Dieses gibt ja für die ganze präboreale Phase ein kontinentaltrockenes Klima an. Demgegenüber erkannten wir übereinstimmend in Schicht- und Vegetationswechsel folgende vorhaselzeitliche Entwicklung:

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Weide-, Birke-, I. Kiefernanstieg	trocken, kalt
Sekundärer Birkenanstieg	feucht, anfänglich kühl, dann wärmer
Hasel- und II. Kieferanstieg	anfänglich noch feucht, dann zunehmende Trockenheit, warm.

Aber so wenig sich der jüngere Entwicklungswechsel in Sedimentation und Vegetationsfolge als nur zufällig und lokal herausstellte, so wenig werden wir dies auch für die ersten Phasen annehmen können. Dabei wäre übrigens nach der ganzen Vegetationsentwicklung nur mehr der sekundäre Birkenanstieg und die Kiefernhaselzeit präboreal, die voraufgehende Dryasphase aber noch subarktisch zu nennen. Bevor wir aber auf eine weitere Diskussion eingehen wollen, seien zunächst die gesamten vorhaselzeitlichen Vorgänge am Schluchsee zusammenfassend geschildert, um die Einheitlichkeit der Entwicklung klar hervortreten zu lassen.

In einer solchen zusammenfassenden Darstellung sollen dann auch die späteren Entwicklungsphasen lebendig gemacht werden.

1. Subarktikum.

I. Die ältesten im abgesenkten Schluchsee aufgeschlossenen Schichten sind fossilleere Bändertone. Diese wurden gebildet, als der Gletscher sich langsam von der Seebruckmoräne zurückzog und das Schluchseebecken dem Wasser frei gab, aber dann auch noch in größerem Umfange hinten im Tale lag. Damals bildeten sich über den Seitenmoränen die steil abfallenden sandig-steinigen Uferbänke, die in ihren tiefen Teilen direkt aus den Bändertonen bestehen und nach oben in fest verbackene, oft auch noch tonig geschichtete Sande übergehen. Organogene Sedimente fehlen noch ganz.

II. Das Zurückweichen der Gletscher bis in die hintersten Talenden verursachte die infraaquatische Aufschüttung der großen Deltabildungen bei Aha und unterhalb des Dorfes Schluchsee. Die Uferbänke längs des Sees blieben davon natürlich unberührt. Ich habe oben schon einmal darauf hingewiesen daß damit eigentlich die heutige Morphologie des Schluchsees abgeschlossen war, wenn auch das Ahaer Delta anfänglich noch, aber nur ganz flach vom Wasser überspült war. Da der See zunächst einen relativ hohen Spiegelstand zeigt war das Klima möglicherweise niederschlagsreich. Dafür spricht auch das Fehlen jeglicher Tonbildungen über den Deltaschwemmkegeln. Allerdings kann hier noch das abschmelzende Gletscherwasser oder eine noch höhere Lage der Abflußschwelle mit spielen.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

III. Nun macht sich aber ein auffälliger Umschlag bemerkbar, eine kontinentale Phase, die nach der Mächtigkeit der Sedimente lange Jahrhunderte, oder über ein Jahrtausend gedauert haben muß. Die Sandschüttung über den Delten wird unterbrochen. Am oberen Seeende wird statt dessen eine feine Tonmudde abgelagert, deren Bildungsmöglichkeit eine geringe Wasserführung der Bäche augenfällig macht. Gleichzeitig bilden sich über dem ganzen Fischbachdelta, aber teilweise auch schon über dem Ahadelta telmatische Torfe, die zudem unter dem heutigen Niveau des Schluchsees liegen (S. 26). Tatsächlich entspricht diesen Torfbildungen auch eine litoral erkennbare Seespiegelsenkung wohl unter das heutige Niederwasser.

Das kontinentale, aber noch kalte Klima bestätigt auch die Entwicklung der Vegetation. Der makroskopische Befund zeigt uns zunächst eine üppige arktisch-alpine Dryasgesellschaft. Zapfen künden aber schon die Anwesenheit der Berg- und Waldkiefer an. Die mikroskopische Analyse zeigt denn auch wie über die Tundravegetation hin sich sehr rasch dichtere (zunächst) Birken- dann Kiefernbestände bilden, in denen nach anfänglicher Vorherrschaft der Bergkiefer immer mehr die Waldkiefer dominiert. Das zuletzt erreichte Vegetationsbild läßt vermuten, daß am Feldberg eine Vergletscherung längst verschwunden ist. Die Waldkiefer hält im allgemeinen einen Abstand von 800—900 m von der Schneegrenze. Wir befinden uns aber hier bereits in 900 m Meereshöhe, der Feldberg ist bekanntlich 1490 m hoch.

1a. Praeboreal.

IV. Noch bevor aber im Verlauf der Waldkurven die Kiefer ihren ersten Gipfelpunkt erreicht, machen sich stärkere Niederschläge bemerkbar. Die limnisch-tonigen oder telmatischen Sedimente über dem Ahaer und Fischbachdelta werden wieder von Sanden überflutet; gleichzeitig beginnt der Seespiegel zu steigen. Die arktische Zwergstrauchgesellschaft ist noch nicht ausgestorben, in der Entwicklung der Kiefer macht sich eine Verschiebung zugunsten der Bergkiefer bemerkbar. Schließlich erlangt die Birke in einem sekundären Anstieg noch einmal einen größeren Anteil an der Zusammensetzung der Pflanzengesellschaften. Da wärmere Bäume noch längere Zeit ganz fehlen, kann noch keine wesentliche Temperaturerhöhung stattgefunden haben. Die Änderung der Vegetation zeigt im Gegenteil eine Klimaverschlechterung an. Es wird deshalb schwer angehen, die Sandschüttung von vornherein und auch in ihrer ganzen Mächtigkeit sich durch abschmelzende Eis- oder Firnmassen verursacht zu denken.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

V. Aber während über dem Delta weiter Sand geschüttet wird, während der Seespiegel einem immer noch höheren Niveau zustrebt und vielleicht auch die Bergkiefer noch ein feuchtes Klima anzeigt, setzt sich eine grundsätzliche Umbildung der Vegetation durch. Eiche, Ulme, Hasel und Erle erscheinen auf dem Felde. Es muß nun sehr rasch wärmer geworden sein. Die Hasel steigt steil zu einem Gipfelpunkt an. Vielleicht ebenfalls begünstigt durch das feuchte Klima kulminiert hier auch die Ulme.

Mit dem ersten Auftreten der Hasel erscheint am Schluchsee auch der Mensch altsteinzeitlicher oder mesolithischer Kulturen. Er ist in der noch relativ offenen Landschaft wohl von S oder SO vom Rhein oder Hegau her den Schwarzwald herauf gekommen.

Noch muß aber das Klima — wie schon betont — relativ ozeanisch gewesen sein. Über den Deltagebieten haben stärkere Wasserführung und Sandschüttung noch kein Ende gefunden. Mit einem Coryluswert von 60 % scheint der Schluchsee einen höchsten Stand gehabt zu haben. Bis dahin auch bleibt das Schwergewicht unvermindert zur Bergkiefer verschoben. Wieder erscheint ganz zuletzt eine Mitbeteiligung von Gletscherwässern ausgeschlossen. Jahrhunderte muß es jetzt schon wärmer gewesen sein und Eis und Firn waren längst verschwunden. Sie werden schon, weil sie nur noch geringen Umfang gehabt haben können, keinen großen Einfluß mehr auf den Wasserstand ausgeübt haben.

VI. Erst jetzt, nachdem der Haselwert ca. 100 % erreicht hat kündet sich und zwar ziemlich rasch der kontinentale Umschlag an. Der Seespiegel beginnt zu fallen. Myriophyllum alternifolium macht sich wieder bis in größere Tiefen und häufiger bemerkbar. In den Zuflußgebieten hört die stärkere Wasserführung bald auf, und beginnt eine ungestörte Bildung von Dy oder telmatischen Torfen. Neben den Bäumen des Eichenmischwaldes scheint sich sehr rasch nur noch die Waldkiefer wohl zu fühlen. Wir treten in den borealen Abschnitt des BLYTT-SERNANDERschen Systems ein.

Diskussion und Vergleich

Zunächst müssen wir nun einmal versuchen mit dieser Entwicklung Anschluß an die Glazialgeologie des Schwarzwaldes zu bekommen. Die geologische Deutungsmöglichkeit, die sich vor allem beim Betrachten der Ahaprofile aufdrängt, ist folgende: Die liegende mächtige Deltaschüttung entspricht einem Zurückschmelzen des Gletschers bis tief in das Ahatal hinein. Die Unterbrechung der

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Sandsedimentation und der Absatz der Dryasgyttjen bedeutet einen Stillstand des Gletschers, ein Stadium, in dem wir dann nichts anderes als die aus dem Schwarzwald gut bekannte 3. Rückzugsphase des Würmgletschers vor uns haben (Moränen am Feldsee 1100 m, bei Auele 1000 m usw.) die man mit dem Bühlstadium der Alpengletscher paralellisiert. Der Sand, der die Dryastone wieder überschichtet, würde dann einfach das Abschmelzen dieser letzten Gletscherreste bedeuten.[1])

Die Entwicklung der Vegetation hat uns aber gezeigt, daß die Dinge keineswegs so einfach liegen können. Einmal haben wir in den Dryasgyttjen eine Kulmination der Waldkiefer, die eine so nahe und immerhin noch kräftige Vergletscherung, wie wir sie mit der dritten Rückzugsphase annehmen müssen, fast ausgeschlossen erscheinen läßt. Andererseits stellen wir mit beginnender Sandschüttung eine Klimaverschlechterung fest, so daß eine Umkehr der Deutung viel wahrscheinlicher wird: Die Dryasgyttjen sind ein Interstadium, die beginnende Sandschüttung leitet erst eine nochmals stärkere Eis- und Firnbildung ein. Erst im hangenden Teil der Sandschüttung wäre (nach dem Erscheinen der Hasel) wieder ein Abschmelzen beteiligt.

Können wir aber über den Dryasgyttjen erst die dritte Phase der Schwarzwaldgletscher ansetzen? Wenn sie wirklich dem Bühlstadium der Alpen entspricht: kaum! Denn eine nur zu geringe Mächtigkeit der Sedimente trennt uns noch von dem Anbruch der postglazialen Wärmezeit. Nach de Geer und Penk müßten diese Schichten einen Zeitraum von 8000 Jahren umfassen (14000—6000 v. Chr.), der also noch länger ist als das nachfolgende Postglazial bis zur Gegenwart. In unseren wenig mächtigen Sedimenten müßten dann noch die ganzen Klimaschwankungen zwischen Bühl und Daun unterzubringen sein.

So scheint es mir viel wahrscheinlicher, daß wir uns mit den Dryassedimenten schon jenseits der letzten Schwarzwaldvergletscherung befinden, daß die nachfolgende Klimaverschlechterung nur noch ganz geringe Eis- und Firnbildungen und nur an den höchsten

[1]) An frühere Stadien oder Interstadien zu denken ginge auf keinen Fall an, zumal v. Bubnoff, Buri, Brill (noch unveröffentlicht) u. a. gezeigt haben, daß die von Steinmann zuerst postulierte Annahme die Seebrucker Moräne mit Würm II. zu identifizieren zu Recht besteht. Herr Geheimrat Schmidle machte mich darauf aufmerksam, daß schon nach der Penkschen Berechnung der Schneegrenzen eine andere Annahme unmöglich erscheint.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Hängen des Feldbergs verursacht hat. Man dürfte an die Auswirkung eines Gschnitzstadiums im Schwarzwald denken. Die Dryasgyttjen entsprächen dann dem Bühl-Gschnitzinterstadium. Zu dem Verhältnis der Sedimentmächtigkeit passen dann auch besonders gut die Angaben DE GEERS und PENKS, nach denen das Bühl-Gschnitzinterstadium von relativ langer Dauer ist und einen ähnlichen Zeitraum umfaßt wie der ganze nachfolgende Entwicklungsabschnitt, der noch das Gschnitz- und Daunstadium mit dem entsprechenden Interstadium enthält. Müßte aber nach unserer nunmehrigen Annahme nicht das Bühlstadium, der letzte Halt der Schwarzwaldgletscher tief in den Tälern in dem Aufbau der bis zu den Bändertonen aufgeschlossenen Deltaschichtungen in irgend einer Unstetigkeit zum Ausdruck kommen?

Bleiben wir aber bei der eben abgeleiteten Vorstellung so hätten wir also das Gschnitzstadium mit dem Höhepunkt des ersten Kieferngipfels und dem beginnenden Birkenanstieg gleichzusetzen. Das Daunstadium vielleicht mit der erst in geringen Prozenten erscheinenden Hasel; das voraufgehende, vereinzelte und vorübergehende Auftreten der Eiche könnte als Auswirkung des Gschnitz-Dauninterstadiums gedeutet werden. SCHMITZ fand ja am Vogelsberg intertsadial schon vor dem Daun Eiche, Erle und Hasel, ähnlich GAMS an den Lunzer Seen. FIRBAS hatte schon vorher gezeigt, daß mit der Kiefern- Haselentwicklung das Daunstadium gerade erledigt gewesen sein muß.

Aber stärkere Klimaschwankungen, etwa zwischen Gschnitz und Daun sind hier nirgends festzustellen. Das Einzige was überhaupt bestimmter ausgesagt werden kann ist dies, daß wir einmal eine ausgeprägt kalt-kontinentale Periode haben (Dryasphase) und daß wir darauf in einen ozeanischen Abschnitt der Klimaentwicklung eintreten. Anfänglich muß es noch kühler als heute gewesen sein und besteht noch die Möglichkeit an Stadien zu denken. Nachdem die Hasel aber einmal 20 % erreicht hat, war es doch sicher schon ähnlich warm wie heute. Die rasch folgende Massenentfaltung der Hasel und das Eintreffen der Linde am Schluchsee zeigt, daß die Temperaturentwicklung dabei nicht halt gemacht haben kann, sondern daß es nun innerhalb recht kurzer Zeit sogar noch wärmer als heute wurde. Dann auch setzt die neue Kontinentalität des Klimas ein.

Die rasche Temperaturerhöhung gibt uns vielleicht einen Fingerzeig, warum man seither in den höheren Lagen des Schwarzwaldes diese älteste am Schluchsee erschlossene Vegetationsentwicklung

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

nie gefunden hatte. — Während in mittleren Lagen eine Dryasgesellschaft lebte, lag ja in den hochgelegenen Moormulden des Feldbergs usw. sicher noch Firn, auch dann wenn wir annehmen, daß wir uns schon im Bühl-Gschnitzinterstadium befinden. Dasselbe gilt für die folgende feucht-kühle Periode, die eventuell mit dem Gschnitz zu identifizieren wäre. In dem Dryasinterstadium dürfte es zudem zur Moorbildung und zum Muddeabsatz in kleineren Becken noch zu kontinental gewesen sein.

Die aber jetzt einsetzende Erwärmung war von vornherein so intensiv, daß auf den freigewordenen Höhen erst gar nicht mehr Raum und Zeit geboten war zur Entfaltung einer Tundren- und Birkenvegetation, sondern daß sofort die Kiefer in breiter Front und großer Mächtigkeit Einzug hielt. So beginnt denn auch tatsächlich in dem im Spätglazial noch unter Firn begrabenen Hochschwarzwald (Scheibenlechtenmoos, Grafenmatte, Bernaueck) die Vegetationsentwicklung in typischer Weise erst dort, wo am Schluchsee der sekundäre Birkenanstieg sein Ende findet. In mittleren Gebirgslagen hat aber doch sicher auch in anderen Gebirgen eine arktische Strauchvegetation einmal das Gelände besetzt gehalten. Daß bislang davon nichts gefunden wurde mag denselben Grund haben wie hier am Schluchsee. Die Sedimente liegen übersandet von einer nachfolgenden feuchten, präborealen Periode [1]).

Aber gerade mit der Entwicklung des Niederschlagsklimas stehen wir — wie wir gesehen haben — in einem gewissen Widerspruch mit dem Blytt-Sernander'schen Schema. Dieser Widerspruch ist aber kein Widerspruch mit Tatsachen. Die klimatische Charakterisierung der präborealen Phase ist eigentlich nur hypothetischer Natur. Ganz im Gegenteil dazu mehren sich aber mit der Auffindung von größerem Material die Daten und Anzeichen immer mehr, daß diese präboreale Phase — in die doch die komplizierten Rückzugsbewegungen der Gletscher fallen — klimatisch keineswegs einheitlich ist, und daß gerade der Haselphase eine Phase stärkerer Niederschläge vorausgehen muß.

So nimmt z. B. schon Ojen — wie ich Gams entnehme — einen der borealen Zeit vorangehenden feuchteu infraborealen Zeitabschnitt

[1]) Auch im Moor von Hinterzarten scheinen die Verhältnisse ähnlich zu liegen wie am Schluchsee. Bei einer Brunnengrabung (Herbst 1930) trat folgendes Profil zutage (von oben nach unten): 2 m Torf, 20 cm Sand, 1,50 m Ton mit Zwergweidenholz. In ca. 1,90 m Tiefe befinden wir uns am Ende der Kiefern-Haselzeit. Eine nähere Bearbeitung war mir leider noch nicht möglich!

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

an. Ebenso hebt sich in anderen europäischen Torfprofilen oft ein borealer Waldtorf von einem präborealen Torf ab, der kein besonders trockenes Klima, auf jeden Fall kein so trockenes wie im Boreal verrät. Im Köhlersmoor am Vogelsberg hebt sich sogar wie hier präboreal eine sandig-limnische Mudde von vorhergehenden (Gschnitzstadium?) und nachfolgenden (Boreal) semiterrestren Bildungen ab. Skandinavische Seen zeigen subarktisch und altboreal Wasserstände, die den heutigen entsprechen und höher stehen als in der nachfolgenden borealen Trockenzeit. Über die ökologischen Gründe, die auch RUDOLPH und FIRBAS schon zur Erwägung eines ozeanischen Präboreals geführt haben, habe ich oben schon gesprochen.

So besteht kein zwingender Grund zur Annahme eines kontinentalen Präboreals. Vielmehr scheint die postglaziale Erwärmung und Vegetationsentfaltung durch eine feuchtere, ozeanische Phase ausgelöst worden zu sein. Dem widerspricht keineswegs der aride Einwanderungstypus der Pflanzen. Über die erste Folge der Einwanderung wird doch die Lage der Refugien entschieden haben. Wie FIRBAS schreibt dürfte der kontinentale Charakter des Hoch- und Spätglazials eine nächste Nachbarschaft kontinentaler Pflanzengesellschaften in wärmeren Gebieten sehr wohl entsprechen.

2. Boreal.

Klar und eindeutig hebt sich in der Geschichte des Schluchsees die boreale warm-trockene Zeit heraus. Sie beginnt mit dem Höhepunkt der Haselvertretung und wird ausgezeichnet durch die Kulmination der Lindenkurve und durch die Begleitung noch relativ hoher Kiefernwerte, die fast rein durch die Waldkiefer hervorgebracht werden. — Eiche, Ulme, Linde und Kiefer können in offener Parklandschaft nur in kleinen lichten Beständen beieinander gestanden haben. Die Pollenarmut borealer Schichten ist auffällig. Wir haben also ein Vegetationsbild von ausgesprochen kontinentalem Gepräge vor uns, das überdies höhere durchschnittliche Temperaturen verrät als wir sie heute aus dieser Höhenlage kennen. STARK und BROCHE haben aus der Höherverschiebung der Hasel- und Lindengrenze in Übereinstimmung mit ähnlichen Berechnungen aus Mittel- und Nordeuropa auf eine Temperaturerhöhung von $+2{,}5-3^{0}$ C geschlossen.

Nie in späterer Zeit ist der Spiegel des Schluchsees wieder so tief gestanden wie damals. Er ist wohl bis 1,25 m unter das heutige Normalniveau gesunken, ohne daß der See deshalb abflußlos war. Im vorderen Teil des Ahaer Deltas kam es wieder zu ungestörter Dysedimentation. Im Gebiete des heutigen Feldmooses macht sich

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

in einer ganz durchgreifenden Weise die Verlandung bemerkbar, bilden sich Waldtorfe (s. S. 25) und heben sich Trockenhorizonte ab (s. Profil S. 26). Ähnlich ist es im Fischbachdelta, wo über präborealem Sand- und Flußgeschiebe ein schwarzer, birkenholzdurchsetzter Torf zum Absatz kommt, zudem auf einer Fläche die heute vom Wasser überspült wäre.

Die boreale Trockenzeit ist durch eine ganze Reihe von Beobachtungen für Mitteleuropa gut charakterisiert. Auch in den bisher schon untersuchten Schwarzwaldmooren hat es nicht an Anzeichen dafür gefehlt. Stark machte darauf aufmerksam, daß in sechs Schwarzwaldmooren in den borealen Abschnitt des Diagrammes Waldhorizonte fallen. In vier Fällen liegen solche Horizonte zudem noch über limnischen Muddeablagerungen, so daß man an eine überstürzte Verlandung denken muß. Weiterhin ist es wohl nicht zufällig, daß in 19 der von W. Broche untersuchten 22 Diagramme die Verlandung in die Hasel-Eichenmischwaldperiode fällt.

3. Atlantikum.

Die atlantische Periode ist wieder durch größere Niederschläge ausgezeichnet. Mit dem Höhepunkt der Eichenmischwaldkurve und dem dichteren Zusammenschluß der Eichenwälder macht sich überall am Schluchsee eine stärkere Wasserführung der Bäche bemerkbar. Der Seespiegel steigt bis zu einem durchschnittlichen Niveau, das wohl über dem heutigen Normalwasser liegt. Neue Sandmassen werden sowohl im Ahabach- als auch im Fischbachdelta über telmatische Torfe geschmissen. Unberührt im Ahaer Gebiet bleibt nur das Feldmoos. Ein mächtiges Sphagnum-Eriophorummoor war inzwischen schon damals über die Umgebung emporgewachsen.

An den Ufern müssen sich zunächst weite Erlenbestände ausgebreitet haben. Schilf und Schlammschachtelhalm übernehmen rasch eine bestimmende Rolle. Ebenso charakteristisch wird Scheuchzeria palustris.

Die Sandschüttung führt im Ahaer Deltagebiet noch in der atlantischen Zeit zur Verlandung bis in die unmittelbare Nähe des heutigen Ufers. Inzwischen hat längst in den umgebenden Bergen die Tanne die Führung übernommen.

4. Subboreal.

Ganz allmählich — mit der Annäherung der Buchen- an die Tannenkurve — macht sich ein Nachlassen der Niederschläge und eine wieder größere Trockenheit des Klimas bemerkbar. — Sie löst zunächst die Verlandung einer noch lange offen gebliebenen Bucht

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

am Wolfsgrund aus. Bald darauf (Buchendominanz!) nimmt der Seespiegel des Schluchsees wieder einen durchschnittlich tieferen Stand ein. Allerdings sinkt er bei weitem nicht so tief wie im Boreal. Das Klima kann nicht mehr so kontinental gewesen sein, wie ja schon die geringe vegetationsgeschichtliche Auswirkung nahelegt. Immerhin stehen subboreale Scheuchzeriatorfe und Birkenstubben (?) auf Uferbankstellen an, die heute schon vom Normalwasser überspült sind.

In den Hochmooren häufen sich jetzt Wollgräser und Holzhorizonte. Föhren und Fichten wuchsen auf den eben erst verlandeten ufernahen Partien des Ahaer Deltagebietes bis an die heutige Uferlinie heran. Auch das Fischbachdelta, das durch die atlantische Sandschüttung wieder frei geworden war, bewaldet sich von neuem. Für die Baumfolge ist neben der Buchendominanz ein kleines Maximum der Weißbuche zu verzeichnen.

Die Abgrenzung des Atlantikums und Subboreals erfolgte in unseren Profilen und Diagrammen ganz ähnlich, wie sie schon P. Stark und W. Broche für ihre Schwazwalddiagramme gegeben haben. Nur gehört nach unseren Befunden noch die ganze erste Buchenphase zum Subboreal. Da aber bisher deutlich abgegrenzte Trockenhorizonte gefehlt haben, so war natürlich auch ein klares Bild über die Zeitdauer der subborealen Phase nicht zu erlangen gewesen.

5. Subatlantikum.

I. Ziemlich plötzlich kündet sich die subatlantische Klimaverschlechterung an. — Im Ahaer Gebiet finden in Ufernähe neue Überflutungen statt, der Bach beansprucht ein breiteres Bett und überschüttet zu beiden Seiten semiterrestre Torfe mit Sand (s. S. 25). Ähnlich ist es im Fischbachdelta, die Baumbestockung durch Birke und Erle wird durch stärkere Überschwemmungen und Sandablagerungen erstickt. Auf den Mooren bildet sich vorwiegend Sphagnumtorf. Gleichzeitig steigt auch wieder der Seespiegel.

Der Eintritt des Subatlantikums wird in allen Fällen pollenanalytisch charakterisiert durch das nochmalige Überschneiden der Tannen- über die Buchenkurve. Gleichzeitig beginnen auch die Fichtenprozente größere Werte anzunehmen. Aber der Beginn dieses Zeitabschnittes wird dadurch nicht so scharf wie durch das Verhalten der Tanne und Buche gekennzeichnet. Der Anstieg der Fichtenkurve vollzieht sich unregelmäßig und schwankend (vgl. S. 70).

In der Ufervegetation macht sich mit diesem Zeitpunkt ein

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Zurücktreten eutropher Pflanzengesellschaften und eine zunehmende Dystrophierung des Sees bemerkbar. In einer Tiefe von 3—5 m bildet sich heute besonders kräftig Seeerz. Der Schluchsee ist in das wohl klimatisch bedingte Eisenstadium eingetreten.

II. Für die letzten Entwicklungsphasen des Schluchsees, die schon in die europäisch-historische Zeit hineinreichen, kann vielleicht wieder eine relativ größere Trockenheit angesetzt werden. Allerdings könnte die Humifizierung der jüngsten Torfe im Ahaer Deltagebiet, die Bewaldung der Moore und die Zunahme des Wollgrases u. a. m. auch ökologisch und nicht bloß klimatologisch erklärt werden. Die gekennzeichneten Flächen haben sich inzwischen so weit über das Grundwasserniveau erhoben, daß trotz eventueller größerer Feuchtigkeit aufbauende Prozesse nicht mehr möglich sind. Ebenso könnten die litoralen Stubben lediglich in der zunehmenden Verlandung erklärt werden. Und daß sie heute neuer Überflutungserosion zum Opfer gefallen sind, haben wir schon mit der Bewirtschaftung des Sees seit dem letzten Jahrhundert in Verbindung bringen können.

Trotzdem möchte ich auch an eine klimatische Verursachung glauben. Dafür spricht einmal das litorale Linienprofil, ferner die Tatsache, daß gleichzeitig auch eine Verschiebung in dem umgebenden Waldbilde stattfindet, die in einer nochmaligen Dominanz der Buche ihren Ausdruck findet. — Die weiter kräftig ansteigende Fichtenkurve dürfte zuletzt forstwirtschaftlich bedingt sein.

C. Über die Verlandung des Schluchsees.

Besonders typisch für den ersten Abschnitt des Subatlantikums ist die Zerstörung und Erosion der subboreal kräftig fortgeschrittenen Verlandung. Wenn auch im zweiten Abschnitt wiederum Carexbestände und Bruchwälder verlorenes Gelände zurückzuerobern versuchen, so haben sich doch die Ufer von ihrer subatlantischen Niederlage noch immer nicht erholt. Wie schon Gams schreibt, scheint sich die Verlandung nur in den wenigsten Fällen so zu vollziehen, wie sich es die Geographen und Botaniker bislang billigerweise vorgestellt haben.

Die Verlandung ist in ganz entscheidender Weise abhängig von Klimaschwankungen. Feuchte Perioden zerstören wieder die Erfolge einer in trockener Zeit geförderten, autochthon fortschreitenden Zuwachsung von den Ufern her. Sie fördern umgekehrt die Sandschüttung in den Deltagebieten, die allein für die Verlandung in

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

diesen Gebieten verantwortlich gemacht werden kann. Die Moor- und Sumpfvegetation wächst im allgemeinen sekundär nur soweit seewärts, als Sandbänke ihr dazu eine „Grundlage" legen. Einen letzten kräftigen Zuwachs haben die Deltabänke wohl im Subatlantikum erhalten. Das Ahaer Delta ist aber seit dem Abschmelzen der Gletscher durchschnittlich nicht mehr als 40 m weiter in die See hinausgewachsen.

Auch in dem Moor am Wolfsgrund handelt es sich nicht um succedan, allmählich fortschreitende Verlandung, sondern um simultane plötzliche Trockenlegung in kontinentaler subborealer Zeit nach voraufgehender, allochthoner aber organogener Zuschüttung. Zuletzt war der in der Bucht am Wolfsgrund an den See angrenzende Hochmoorrand kein fortschreitender Wachstumsrand, sondern ein Erosionsrand, — die Sumpfvegetation hat einst, subboreal noch weiter seewärts gereicht!

D. Schema.

(Vgl. dazu Diagramm 1, S. 13.)

					Jahr [1]
II. Buchendominanz		trockener	Subatlantikum		+ 1900
Fichtenanstieg	kühler				
II. Abiesdominanz		feucht			0
					— 1000
Buchenphase	warm	trocken	Subboreal		
					— 3000
Tannenphase					
Eichenmischwald	warm	feucht	Atlantikum		
(Eichen- und Erlenanstieg)					
					— 5000
Eichenmischwald-Hasel	warm	trocken	Boreal		
					— 6000
II. Kieferngipfel-Hasel	wärmer	feucht	Präboreal	Daunstadium	— 7000
sekundärer Birkenanstieg	kühl				
I. Kieferngipfel	(Dryas-phase)	kalt	trocken	Subarktikum	Gschnitzstadium	— 8000
Birke					
Weide					
Zurückschmelzen des Gletschers vom Bühlstadium		kalt	feucht (?)			um — 10000
Dritte Phase der Schwarzwaldvergletscherung (ca 1100 m) [2]					Bühlstadium	— 14000
Zweite Phase der Schwarzwaldvergletscherung (ca 900 m, Seebrucker Schluchseeendmoräne)					Würm II	ca — 50000
Hochstand der Würmeiszeit (ca 800 m).					Würm I	ca — 100000

[1]) Chronologie nach PENK, DE GEER und den Angaben bei GAMS.

[2]) Höhenlage der entsprechenden Moränen.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Literaturverzeichnis.

Andersson, G., Die Geschichte der Vegetation Schwedens. Engl. Bot. Jahrb. 22, 1896.

Bertsch, K., Paläobotanische Untersuchungen im Reichermoos. Jahresh. Ver. vaterl. Naturk. Württb. 80, 1924.

—, Das Brunnenholzried. Veröff. Staatl. Stelle Naturschutz Württb. 2, 1925.

—, Pollenanalytische Untersuchungen an einem Moor der Schwäbischen Alb. Ebenda 3, 1926.

—, Ein untergegangenes Torfmoor bei Großgartach. Ebenda 3, 1926.

—, Wald- und Florengeschichte der Schwäbischen Alb. Ebenda 5, 1929.

—, Klima, Pflanzendecke und Besiedlung Mitteleuropas in vor- und frühgeschichtlicher Zeit nach den Ergebnissen der pollenanalytischen Forschung. Ber. d. Röm. germ. Komms., Frankfurt 18, 1929.

—, Blütenstaubuntersuchungen im württenbergischen Neckargebiet. Jahresh. Ver. vaterl. Naturk. Württb. 85, 1929.

Broche, W., Pollenanalytische Untersuchungen an Mooren des südlichen Schwarzwaldes und der Baar. Ber. Naturforsch. Ges. Freiburg 29, 1929.

v. Bubnoff, S., Die Geschichte der Wasserscheide zwischen Wutach und Schwarza. Ber. Naturforsch. Ges. Freiburg 20, 1913.

—, Zur Tektonik des südlichen Schwarzwaldes. Neu. Jahrb. f. Min., Geol. u. Pal. 1912.

Buri, Th., Über Verlauf und Gliederung der letzten Eiszeit und über Hängetäler im mittleren und im anstoßenden südlichen Schwarzwald. Oberrhein. geol. Ver. N. F. VI, 1917.

Deecke, W., Morphologie von Baden auf geologischer Grundlage. I—III. Berlin, 1916/18.

Dokturowskij u. Kudrjaschow, W., Tabellen zur Bestimmung des Baumpollens. Geol. Arch. 3, 1924.

Erdtmann, G., Pollenanalytische Untersuchungen von Torfmooren und marinen Sedimenten in Südwestschweden. Ark. f. Bot. 17, 1921.

—, Beitrag zur Kenntnis der Mikrofossilien in Torf und Sedimenten. Ark. f. Bot. 18, 1923.

—, Literature on Pollenstatistics, published before 1927. Geol. Fören. Förh. 1927.

—, Literature on Pollenstatistics, published during the years 1927—1929. Ebenda 1930.

—, Studien über die postarktische Geschichte der nordwesteuropäischen Wälder. Ebenda 1928.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

FIRBAS, F., Über einige hochgelegene Moore Vorarlbergs und ihre Stellung in der regionalen Waldgeschichte Mitteleuropas. Zeitschr. f. Bot. 18, 1926.

—, Geschichte der nordböhmischen Wälder und Moore seit der Eiszeit. Beihefte z. Bot. Zentralbl. 53, 1927.

—, Einige Bemerkungen zur heutigen Anwendung der Pollenanalyse. Zentralbl. f. Min. 1929.

FISCHER, E., Morphologische Auswirkungen der Schluchseeabsenkung. Aus der Heimat 43, 1930.

FRÜH u. SCHROETER, Die Moore der Schweiz. Bern 1904.

GAMS, H. u. NORDHAGEN, R., Postglaziale Klimaänderungen und Erdkrustenbewegungen in Mitteleuropa, 1923.

GAMS, H., Die Geschichte der Lunzer Seen, Moore und Wälder. Intern. Rev. d. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr. 18, 1927.

—, Sedimentation und Vermoorung der Lunzer Seen und des Lüner Sees. Verh. Intern. Ver. f. Limnol. 1929.

—, Die Ergebnisse der pollenanalytischen Forschung in bezug auf die Geschichte der Vegetation und des Klimas von Europa. Zeitschr. f. Gletscherk. 15, 1927.

—, Nachträge zum Verzeichnis der Pollenanalytischen Literatur. Ebenda 17, 1929.

—, Die Bedeutung der Paläobotanik und Mikrostratigraphie für die Gliederung des mittel-, nord- und osteuropäischen Diluviums. Ebenda 18, 1930.

HAGER, P. K., Verbreitung der wildwachsenden Holzarten im Vorderrheintal, 1916.

HANNIG, E. u. WINKLER, H., Die Pflanzenareale I., 8. (Isoetes).

HARDER, R. u. LORENZ, A., Pollenanalytische Untersuchungen an alpinen Mooren. Zeitschr. f. Bot. 21, 1929.

HAUSRATH, H., Pflanzengeographische Wandlungen der deutschen Landschaft. Wiss. u. Hypoth. 1911.

HEGI, Flora von Mitteleuropa.

HERZOG, TH. Geographie der Moose. Jena (Fischer) 1926.

HESMER, H., Mikrofossilien in Torfen. Paläontol. Zeitschr. 11, 1929.

HUBER, A., Beiträge zur Kenntnis der Glazialerscheinungen im südöstlichen Schwarzwald. Diss. 1905.

KIRSCHNER, O., LOEW, E., SCHROETER, C., Lebensgeschichte der Blütenpflanzen Mitteleuropas. Stuttgart 1908.

KOTILAINEN, M., Untersuchungen über die Beziehungen der Pflanzendecke der Moore und der Beschaffenheit, besonders der Reaktion des Torfbodens. Wiss. Veröff. Finn. Moork. ver. 7, 1928.

KRÄUSEL, R., Die paläobotanischen Untersuchungsmethoden. Jena 1929.

LUNDQUIST, G., Bodenablagerungen und Entwicklungstypen der Seen. Die Binnengewässer Bd. II, 1927.

MEINKE, H., Atlas und Bestimmungsschlüssel zur Pollenanalytik. Bot. Arch. 19, 1927.

MESSIKOMMER, E., Biologische Studien im Torfmoor von Robenhausen. Diss. 1927.

OLTMANNS, FR., Pflanzenleben des Schwarzwaldes. Freiburg 1927.

© Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau c/o Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften; download www.zobodat.at

Paul, H. u. Ruoff, S., Pollenstatistische und stratigraphische Mooruntersuchungen im südlichen Bayern. Mitt. Bayr. Bot. Ges. 19, 1927.

Penk, A., Die Eiszeit in den bayrischen Hochalpen. Sitzber. d. preuß. Ak. d. Wiss. 17, 1925.

von Post, L., Die Zeichenschrift der Pollenstatistik. Geol. Fören. Förh. 51, 1929.

Potonié, H. u. Gothan, W., Paläobotanisches Praktikum. Berlin 1913.

Rudolph, K., Die bisherigen Ergebnisse der botanischen Mooruntersuchungen in Böhmen. Beihefte z. Bot. Zentralbl. 55, 1928.

—, Grundzüge der nacheiszeitlichen Waldgeschichte Mitteleuropas. Ebenda 57, 1930.

Schmidle, W., Der Konstanzer Gletscher im östlichen Thurgau. Schrift. Ver. Gesch. d. Bodensees 1926.

—, Die diluviale Geologie der Bodenseegegend. (Westermann) 1914.

Schmitz, H., Beiträge zur Waldgeschichte des Vogelbergs. Planta 7, 1929.

Schroeter, C., Das Pflanzenleben der Alpen. Zürich 1923.

Stark, P., Pollenanalytische Untersuchungen an zwei Schwarzwaldhochmooren. Zeitschr. f. Bot. 16, 1924.

—, Die Moore des badischen Bodenseegebiets I. II. Ber. Naturforsch. Ges. Freiburg 24, 1925 u. 26, 1927.

—, Ein altes Moorprofil im Oberrheintal bei Mannheim. Ber. d. d. bot. Ges. 44, 1926.

—, Über die Zugehörigkeit des Kieferpollens in den verschiedenen Horizonten der Bodenseemoore. Ebenda 45, 1927.

—, Der gegenwärtige Stand der pollenanalytischen Forschung. Zeitschr. f. Bot. 17, 1925.

—, Beiträge zur Kenntnis der eiszeitlichen Flora und Fauna Badens. Ber. Naturf. Ges. Freiburg (Diss.) 1912.

—, Das Klima der Postglazialzeit. Natur und Museum 1929.

—, Über die Wandlungen des Waldbildes im Schwarzwald während der Postglazialzeit. Die Naturwissenschaften 17, 1929.

—, Referate in den Naturwissenschaften 1928—1930.

Steinmann, G., Die Bildungen der letzten Eiszeit im Bereiche des alten Wutachgletschers. Ber. oberrhein. geol. Ver. 35, 1902.

Wehrle, E., Studien über Wasserstoffionenkonzentrationsverhältnisse und Besiedlung an Algenstandorten in der Umgebung von Freiburg i. B. Zeitschr. f. Bot. 19, 1927.