Zeitschrift: Mitteilungen der aargauischen Naturforschenden Gesellschaft

Herausgeber: Aargauische Naturforschende Gesellschaft

Band: 19 (1932)

Artikel: Löss- und pollenanalytische Untersuchungen am Breitsee (Möhlin, Aargau)

Autor: Härri, H.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-172132

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 09.07.2025

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

Löß- und pollenanalytische Untersuchungen am Breitsee (Möhlin, Aargau).

Von **H. Härri**, Seengen.

Durch eine Zusammenstellung von Fundortsangaben über Sumpfpflanzen an Hand der beiden aargauischen Floren von Mühlberg[23] und Lüscher[20] wurde ich auf den Breitsee aufmerksam. Dieser wird in den beiden genannten Arbeiten an mehreren Stellen unter verschiedenen Namen aufgeführt, wie «Torfmoor Breitsee», «Torfboden Breitsee», «Torfboden im Möhliner Forst», «Breitensee Möhlin». Abb. 1. Erstmals besuchte ich das Gebiet im Herbst 1929, sodann im Herbst 1930 wieder. Die zur Untersuchung notwendige Feldarbeit, wie Probenentnahme, Sondierungen, Nivellements und Bestandesaufnahme, beanspruchten drei Tage.*

Einer pollenanalytischen Untersuchung schien mir der Breitsee aus verschiedenen Gründen wert zu sein.

So fällt schon auf der Moorkarte der Schweiz von Früh und Schröter[9] seine ganz exponierte Lage in einem sehr moorarmen Gebiete auf. Die bekanntesten Moore des Aargaus befinden sich hinter dem Endmoränenkranz der letzten Eiszeit, also südlich der Linie Staffelbach-Zetzwil-Seon-Mellingen-Killwangen. Es seien da speziell diejenigen des Bünz- und Seetals erwähnt, wo wir ausgedehnte Torfflächen und sedimentäre Bildungen mit fossilierten Pollen und anderweitigen Pflanzenresten finden. Hier sind die Stellen — gewissermaßen die Archive — wo wir ansetzen müssen, um die Waldgeschichte des betreffenden Gebietes in einem größeren Umkreis um das Moor herum klar legen zu können, und zwar nicht etwa nur für die geschichtlichen, sondern auch für die vorgeschichtlichen Epochen, vom Ende der Altsteinzeit an gerechnet. Dieser Zeitraum umfaßt das ganze Postglazial, also die Zeit seit dem Rückzug des Würmgletschers aus unsern Tälern. Nördlich von der erwähnten Grenzlinie sind die Moore

---

* In zuvorkommender Weise unterstützte mich bei den Sondierungen Herr Pfarrer Burkart, Wallbach, dem ich auch verschiedene wertvolle Mitteilungen verdanke.

recht spärlich vertreten, und doch dürften gerade im Nordteil unseres Kantons, der in der letzten Phase des Diluviums eisfrei gewesen war, die ältesten Torffossilien erwartet werden, möglicherweise sogar solche, die während der Eiszeit selber entstanden waren.

Wenn, wie vorher angedeutet, die Moore das Urkundenmaterial für die Waldgeschichte enthalten, so ergibt sich daraus ohne weiteres, daß alle vorhandenen erforscht werden müssen, denn nur so kann eine klare und gut fundierte Vorstellung vom Werden und Wandel des Waldbildes gewonnen werden. Je enger die Maschenweite im Netz der untersuchten Moore ist, desto eher können allgemein gültige Schlüsse gezogen werden, desto eher können aber auch lokale Abweichungen von einem generellen Entwicklungsschema, wie sie fast jedes Moor enthüllt, in ihrer Bedeutung für das Gesamtergebnis eines größern Gebietes richtig eingeschätzt werden. Aus der Tatsache, daß die Entfernung des Breitsees von den Mooren des Molassegebietes volle 35 Kilometer beträgt, kann dessen Wichtigkeit für die Pollenanalyse am besten ermessen werden. Auch im benachbarten badischen Gebiet befinden sich die nächsten untersuchten Moore erst in der Gegend von St. Blasien, also ebenfalls in beträchtlicher Entfernung. Dieser Teil des Rheintals ist somit für die pollenanalytische Forschung noch Neuland.

Erhöhte Bedeutung kommt dem Breitsee zudem noch insofern zu, als er ein Bindeglied zwischen den Schwarzwaldmooren und denjenigen des schweizerischen Mittellandes, bezw. des Bodenseegebietes ist. Hier werden wir Antwort auf die Frage finden: Zeigt die Waldgeschichte des Rheintales in dieser Gegend mehr Ähnlichkeit mit derjenigen des Mittellandes oder des Schwarzwaldes? Da im östlichen Teil des Juras typische Torfmoore fehlen, so ist ein Anschluß nach dieser Seite unmöglich.

Zweifellos wiesen viele Moore der Niederung mit siedlungsgeographisch günstigen Vorbedingungen während des Neolithikums und der Bronzezeit menschliche Wohnstätten auf. Aus diesem Grunde dürfen wir bei keinem vergessen, nach Spuren des vorgeschichtlichen Menschen zu fahnden. Häufig knüpfen sich Sagen an diese Örtlichkeiten und geben so den

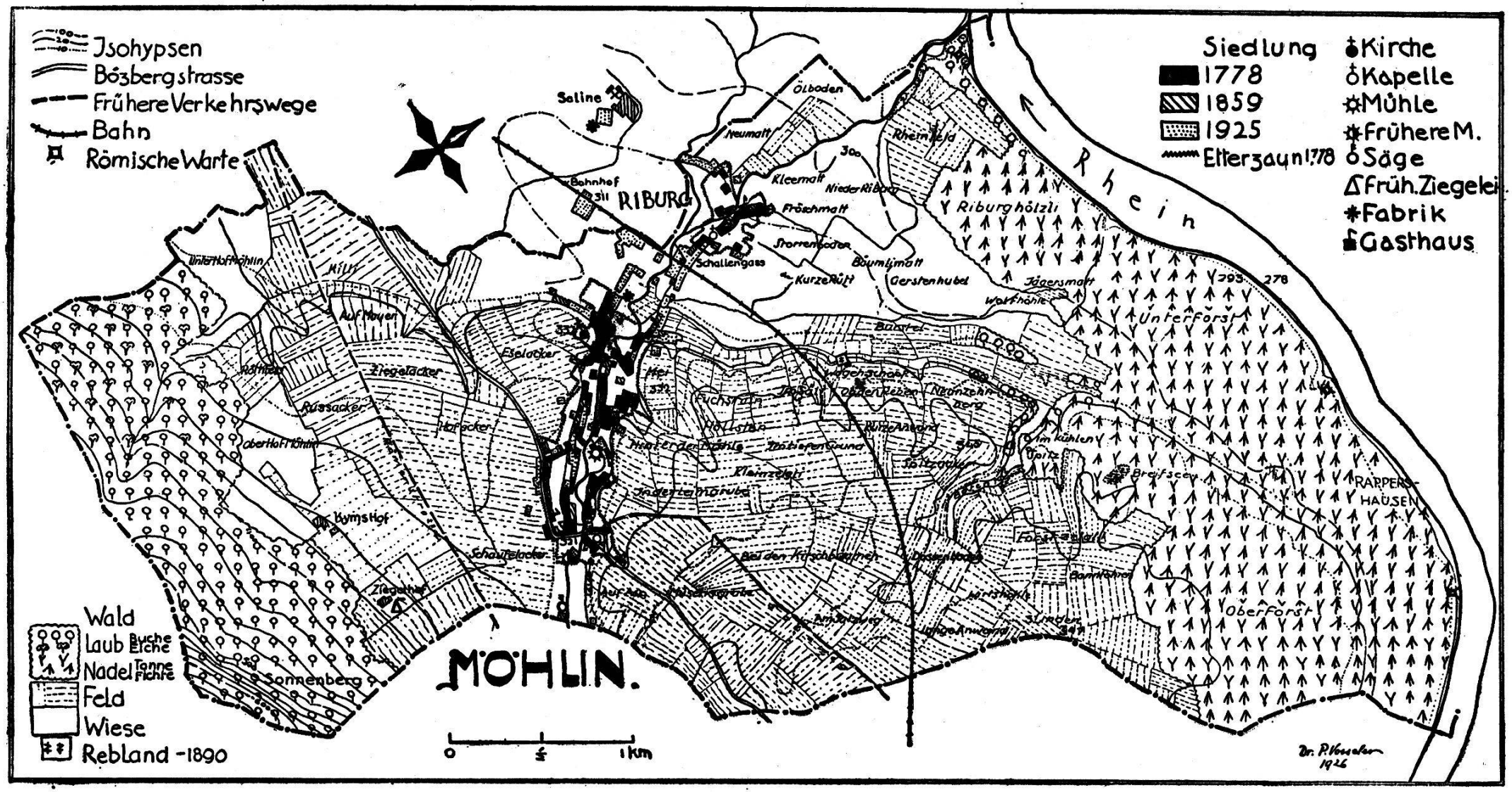


Abb. 1.
Abdruck aus dem Korrespondenzblatt der Schweiz. Ges. f. Volkskunde.

ersten Fingerzeig für die Existenz einer Siedlung. Auch beim Breitsee ist dies der Fall. In Möhlin ist heute noch die Sage vom «Breitsee-Meidli» bekannt[31]. Schließlich war also noch die Möglichkeit vorhanden, hier irgendwelche Reste von Moor- oder Pfahlbauten oder gar Artefakte zu finden, woraus sich dann für die Chronologie des Pollendiagramms wichtige Anhaltspunkte ergeben hätten.

Allgemeine Geologie und Topographie.

Der Breitsee liegt ungefähr 3 km nordöstlich von Möhlin, unmittelbar am Rande des interglazialen Lößgebietes, das Möhlinerfeld genannt. Auf Blatt 18 des topogr. Atl. gibt die Kurve 335 m dessen ungefähre Form. Freilich wird diese durch das Kurvenbild nicht richtig erfaßt, denn es handelt sich keineswegs um eine nischenartige Vertiefung, wie das Kartenbild den Anschein erweckt, sondern um eine in den Löß eingesenkte Mulde, die auf der Nordseite durch einen deutlichen Wall abgeriegelt ist. Abb. 2*, 3, 4. Sie hat die Form eines sehr regelmäßigen Ovals, dessen Achsen bezw. 300 m und 200 m messen. Geologisch läßt sich die Lage wohl am besten so definieren, indem wir sagen: Der Breitsee liegt da, wo die ausgedehnte Lößdecke des Möhliner Feldes mit geringem Gefälle in den steilen Erosionshang der Hochterrasse übergeht. Das nördliche Ende der Mulde wird noch von der Hangfläche des Lösses geschnitten. Hier weist sie deshalb auch die geringste Randhöhe auf, die aber immerhin noch 3,30 m beträgt. Beigefügt sei, daß etwas östlich von dieser Stelle, da wo der Hauptentwässerungsgraben den Rand durchsägt, dieser eine Höhe von 5 m hat. Eine wesentliche Erhöhung des Walles durch künstliche Aufschüttung von Aushubmaterial scheint, aus der Terrainbeschaffenheit zu schließen, nicht stattgefunden zu haben. In diese Lößmulde ist das Torfmoor eingebettet, das eine durchschnittliche Mächtigkeit von höchstens 80 cm hat. Weitere Aufschlüsse, die eindeutige Hinweise auf die Entstehung dieses geomorphologischen Gebildes enthalten, fehlen. Wir sind

---

* Vom Oberforstamt des Kts. Aargau wurden in verdankenswerter Weise eine topographische Karte 1 : 4000, sowie alte Bewirtschaftungspläne zur Verfügung gestellt.

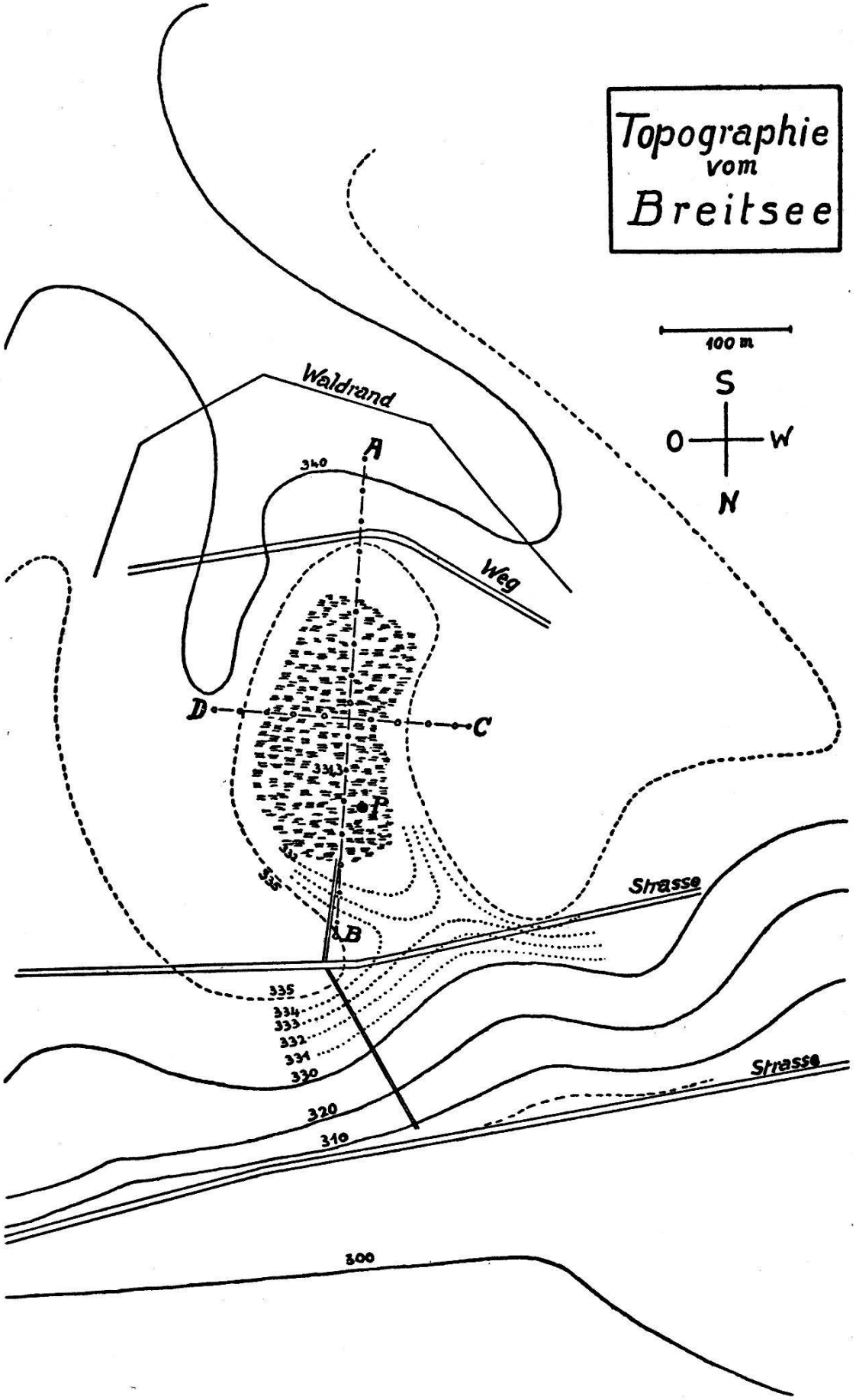


Abb. 2.
Punktierte Kurven nach eigenem Nivellement interpoliert.

deshalb in dieser Beziehung mehr oder weniger auf bloße Vermutungen angewiesen.

Vosseler, der den Breitsee für einen Moränensee hält[46], teilt mir brieflich folgendes mit: «Zur Rißeiszeit schufen die Gletscher hier im Bereiche der Endmoränen eine wellige Landschaft über der flachen Hochterrasse und verlehmten den Kiesuntergrund z. T. mit Moränenmaterial. Einzelne Senken wurden nicht an das Gewässernetz angeschlossen. Durch die Denudation wurde ihr Boden durch angeschwemmten Lehm noch undurchlässiger, so daß sich hier kleine Wassertümpel bildeten. Nach dem Rückzug des Gletschers schnitt der Rhein ein, schuf das Erosionsbord, welches dem Oberforst entlang zieht und schnitt also auch die nach Norden ausstreichenden Moränen an.» Zwei Phasen des geschilderten Vorganges sind in Abb. 5 a, b* dargestellt. Eine solche typisch ausgebildete Senke, der Egelsee, liegt etwa 1500 m vom Breitsee entfernt in südöstlicher Richtung. Er ist heute fast ganz verlandet und führt nur noch im Frühling Wasser. Sogar nach dem außerordentlich nassen Sommer von 1930 wies er nur winzige Wassertümpel auf. Seine Sohle ist mit einer geschlossenen Vegetationsdecke aus Seggen überzogen. Da er deutliche Spuren künstlicher Veränderung aufweist (Eisweiher ?), so kommt er für eine pollenanalytische Untersuchung nicht in Betracht.

Der nachträglich aufgewehte Löß verwischte das Relief des Erratikums stark, indem auf den Moränenkämmen weniger Löß abgelagert wurde als in den dazwischen liegenden Mulden. Auch diejenige des Breitsees war ursprünglich sicher tiefer. Durch unsymmetrische Auflagerung an Luv- und Leeseite können Kämme und Mulden in der Richtung des vorherrschenden Windes verschoben sein. Der Einschnitt der Bözbergbahn erschloß s. Z. den Löß bis auf eine Tiefe von 15 m, ohne daß das Liegende desselben erreicht wurde[22]. Immerhin blieben trotz der offenbar recht beträchtlichen Lößauflagerung im Terrain doch noch größere Höhendifferenzen bestehen.

Es ist nun ganz wohl möglich, daß auf der Nordseite des Breitsees ein Moränenwall die Mulde abschloß. Dieser geriet

* Von Herrn Dr. Vosseler, Basel, zur Verfügung gestellt. Seine freundliche Unterstützung sei auch hier bestens verdankt.

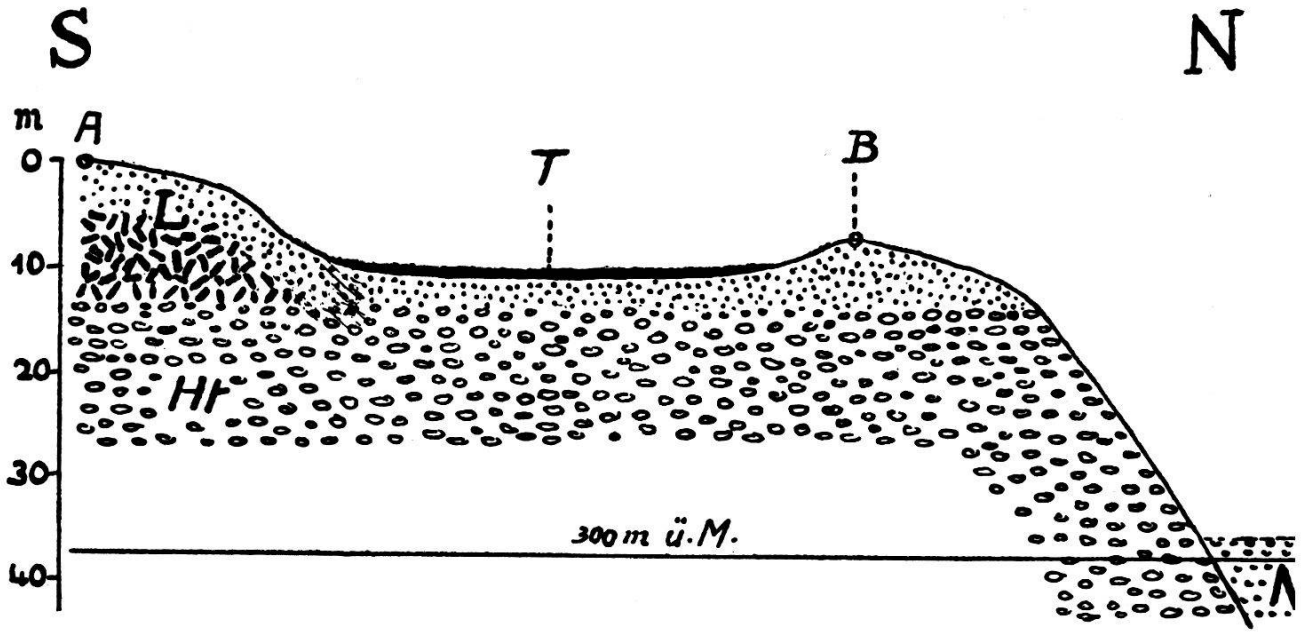


Abb. 3. Längsprofil A—B.

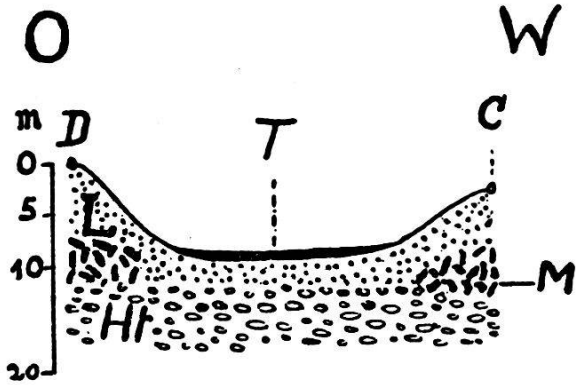


Abb. 4. Querprofil C—D.
Ht = Hochterrasse. L = Löß. Nt = Niederterrasse. T = Torf. M = Moräne (?).
(Beide Profile horizontal 5 mal verkürzt.)

aber nach und nach in den Bereich der stark erodierenden Tätigkeit des Rheins, der auch die Hochterrasse zu einem großen Teil fortführte. Reste einer solchen Moräne müßten aber heute noch als Kern im Nordrand der Mulde unter dem Löß vorhanden sein. Daß das nun tatsächlich der Fall sei, kann aus Mangel an Aufschlüssen nicht bewiesen werden. Durch die Verbreiterung einer Waldstraße 250 m nördlich des Breitsees, dessen Sohle ungefähr auf Quote 330.50 m liegt, ist bei zirka 329 m Höhe die stark verwitterte Oberfläche der Hochterrasse, die unmittelbar von Löß überlagert ist, angeschnitten. Da die Sohle eines Sondierungsgrabens von 1,0 m Tiefe, den ich im

Löß des Breitsees anlegen ließ, immer noch aus Löß bestand, so ist hier das Vorhandensein einer Moränenunterlage sehr unwahrscheinlich. Damit ist aber das Fehlen eines wallartigen Moränenrestes in der abschließenden Barrière keineswegs erwiesen. Leider ließ sich an der Stelle, wo der Entwässerungsgraben den Wall durchschneidet, eine Sondierung ohne größere Aufwendung an Zeit nicht gut ausführen. Das Vorhandensein von Moräne über Hochterrasse ist also an dieser Stelle immerhin fraglich.

Es läßt sich nun aber doch noch eine andere Entstehungsmöglichkeit des Walles denken.

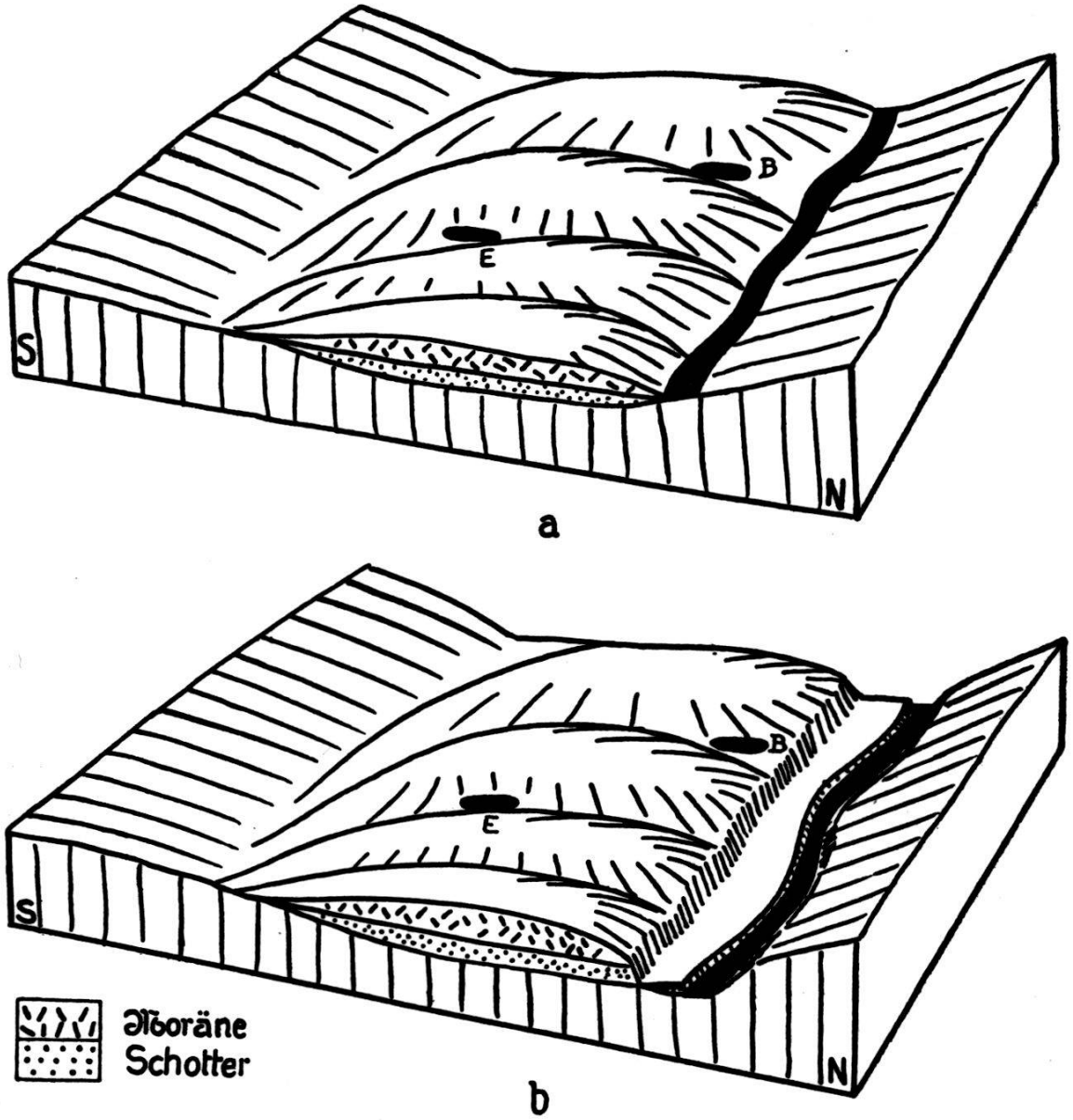


Abb. 5. Möhlinerfeld,
a) Unmittelbar nach dem Rückzug des Rißgletschers.
b) Im Stadium der Erosion.

Seiner ursprünglichen Anlage nach mochte nämlich der Breitsee vielleicht tatsächlich eine nach Norden offene Nische gewesen sein, indem eine abriegelnde Moräne schon bei ihrer Entstehung wieder denudiert wurde oder überhaupt ganz fehlte. Erst nachträglich konnte diese Nische durch eine Barrière aus Löß, der besonders von Osten zugeweht wurde, gegen Norden einen Abschluß erhalten haben, so daß eine Mulde entstand. Die nach Westen rasch abnehmende Höhe des Walles wäre so leicht erklärbar, ebenso auch die Erscheinung, daß der östliche Rand der Mulde (Leeseite) viel steiler ist als der westliche. Dabei denke ich an Dünenwanderung oder Schneewehen.

Bei Besprechung des Abschnittes über das Pollendiagramm wird sich Gelegenheit bieten, eingehender auf die beiden Versionen zurückzukommen. Eine möglichst genaue Klarlegung der morphologisch-geologischen Verhältnisse ist unerläßlich, da sie eventuell in Verbindung mit der Stratigraphie des Moores Rückschlüsse auf dessen Entstehungsweise und somit möglicherweise auch auf klimatische Änderungen im Postglazial zulassen, die mit Hülfe der Pollenanalyse datiert werden können.

Moorgeologie.

Die ersten Untersuchungen ließen erkennen, daß verschiedene meiner Vermutungen und Voraussetzungen unzutreffend waren. Mit dem hohen Alter, das ich dem Moore zuschrieb, verband sich auch die Vorstellung einer bedeutenden Mächtigkeit, zum mindesten von einigen Metern. Etwa 20 Sondierungsbohrungen, die sich über das ganze Moor von zirka zwei Hektaren Inhalt verteilten, ergaben durchwegs eine Torfschicht von höchstens 80 cm Mächtigkeit und eine überaus fortgeschrittene Zersetzung des Torfes. Der heutige Waldbestand und die rezente Flora überhaupt weisen auf eine starke Austrocknung hin.

Das Liegende des Torfes, die Lößsohle der Mulde, steigt mit der Mooroberfläche konform gegen den Rand hin etwas an. Der Peripherie entlang und in der Längsachse verlaufen alte Entwässerungsgräben, die aber heute fast vollständig trocken sind. Alle diese Umstände ließen von vornherein auf sehr schlechte Erhaltung aller Fossilien, also auch des Pollens,

schließen. Bei genauerem Zusehen zeigte es sich, daß die Gräben ursprünglich bis auf den Löß ausgeteuft worden waren. Somit war das ganze Areal gleich von Anfang an gründlich entwässert worden. Wie mir Herr Oberförster Wanger (†) s. Z. mitteilte, wurde der Breitsee im Jahre 1827 von dem damaligen Besitzer entwässert und zwei Jahre nachher mit Rottannen und Birken bepflanzt. Im Jahre 1858 kaufte ihn der Kt. Aargau zur Arrondierung seines Areals. Aus einem Bewirtschaftungsplan entnahm ich, daß das Gebiet des Breitsees und Umgebung in den Jahren 1868—1872 parzellenweise abgeholzt worden war.

Anhaltspunkte, daß das Moor früher abgebaut worden sei, sind keine vorhanden. Angaben hierüber fehlen in den amtlichen Akten. Nach einer andern Quelle soll zwar einmal Torf gegraben worden sein. Das Fehlen von Torfstichgräben, sowie die ungestörte und ausgeglichene Oberfläche des Moores sprechen allerdings gegen einen Abbau im großen. Es durfte also erwartet werden, noch vollständige Profile zu erhalten, wobei aber doch damit gerechnet werden mußte, daß die oberflächlichen Schichten durch die früheren forstlichen Arbeiten gestört worden waren, was speziell für den Endabschnitt des Pollendiagramms wichtig ist.

Im nordwestlichen Sektor des Moores, es mag sich um eine Fläche von etwa 400 m² handeln, ist heute noch die Vegetation eine ganz andere als im übrigen Teil (siehe Abschn. «Rezente Flora»). Sie weist eindeutig auf eine größere Bodenfeuchtigkeit hin.

Ein Aufschluß an dieser Stelle ergab in absteigender Reihenfolge nachstehendes Profil (siehe auch Pollendiagramm):

I. 40 cm Torf in ungleicher Ausbildung. Stellenweise schwarzbraun, sehr stark zersetzt, erdig, zerreibbar, mit Radizellen und rezenten Wurzeln von Fichten, mit bis zu 4 cm breiten Klüften durchsetzt. Sogar im Herbst nach dem ausgesprochen nassen Sommer 1930 noch stark klüftig und trocken. Fossile Holzreste fehlen. Ohne Samen und Früchte. Mutterformation: *Seggentorf.*

Ein zweites Profil, das vom ersten nur 2 m entfernt war, ergab einen braunen, weniger stark zersetzten *Sphagnumtorf,* mit zahlreichen Resten (Blättchen, Stengelchen und Sporen) von Sphagnum, Radizellen von Molinia, Pilzhyphen und vereinzelten

Früchtchen von Scirpus cf. silvaticus L. Bezüglich der Erhaltung der Pollenkörner, dann aber auch der Pollendichte, wiesen die beiden Torfarten Unterschiede auf. Im weitern waren aber auch, was besonders wichtig ist, Verschiedenheiten in der prozentualen Verteilung der einzelnen Pollenarten festzustellen. Eingehender soll über diesen letzten Punkt bei der Diskussion über das Pollendiagramm eingetreten werden.

II. 20 cm *Holztorf,* braun, reichlich mit Zweigen, Ästen und Stämmen von Eiche und Erle, sowie vereinzelten Kohlestückchen durchsetzt, mit dünnern Zwischenlagen von Radizellentorf. Gegen Schicht I hin ziemlich scharf abgegrenzt, weniger scharf gegen Schicht III. Mit merklichem Sandgehalt, z. B. ungleich mehr als etwa im Torf des Verlandungsmoores am Nordende des Hallwilersees. Alle Proben dieser Schicht enthielten Sporen von Polypodium vulgare und Dryopteris sp. Dieser Holztorfhorizont ist nicht durchgehend ausgebildet.

III. 20 cm *Seggentorf,* graubraun, sehr stark sandhaltig, deshalb die graue Tönung, ebenfalls mit Holz (Äste, Wurzeln und Stubben von Eiche und Erle). Viel Radizellen, Früchtchen von Scirpus cf. silvaticus L., Sporen von Polypodium vulg. und Dryopteris sp.

Die organischen Reste, namentlich auch Holz, nahmen von unten nach oben merklich zu, entsprechend dem abnehmenden Gehalt an Sand. Die untersten Proben dieser Schicht enthielten Wurzelröhrchen wie der eigentliche Löß, sie wiesen sogar vereinzelte kleine Linsen aus reinem Löß auf. Immerhin war die Grenze gegen den Löß scharf zu erkennen, sie wird namentlich beim Trocknen des Materials recht deutlich.

Aus dieser Schicht sickerte sogar nach dem sehr trockenen Sommer 1929 noch etwas Wasser hervor, im Herbst 1930 bildeten sich in einem Aufschluß in kurzer Zeit kleine Tümpel.

IV. *Löß,* verlehmt, von unbekannter Mächtigkeit (Sondierung bis 1 m Tiefe).

Einige allgemeine Bemerkungen seien hier noch eingeschaltet.

Zu Schicht I ist zu sagen, daß den Klüften entlang die Schwarzfärbung besonders deutlich ist und hier auch tiefer hinabreicht als an den kompakten Stellen. Eine scharfe Grenze

im Farbenwechsel existiert nicht. An drei Ecken der ausgehobenen Grube, die je 2 m voneinander entfernt waren, betrug die Torfmächtigkeit 80 cm, 75 cm und 62 cm. An den beiden letzten Stellen ist Schicht I als Sphagnumtorf ausgebildet, der nach dem Pollengehalt älter sein muß als der Seggentorf in gleichem Niveau. Die Lößoberfläche wies an dieser Stelle nur geringe Unebenheiten auf. Eine Faulschlammbildung fehlt, ebenso auch jede Spur von Seekreide. Letzteres ist mit Rücksicht auf das Fehlen des Kalkes im Löß und der damit in Zusammenhang stehenden Kalkarmut des zufließenden Wassers leicht begreiflich.

Gehen wir noch zu einer kurzen Erörterung des Flurnamens «Breitsee» über. Der Volksmund ist verschwenderisch mit der Bezeichnung See. Örtlichkeiten, die sogar nur zeitweise mit Wasser und dazu nicht einmal mit tiefem, bedeckt sind, werden euphemistisch «See» genannt. So gibt es in der Nähe von Kaiserstuhl (Aargau) einen Flurnamen «Im See», wo tatsächlich bei starkem Regenwetter ansehnliche Wasseransammlungen sich bilden können, die aber meistens nur einige Tage dauern. Längere Zeit können sie sich nicht halten, denn die Unterlage besteht aus Kies und Schottern der Rückzugsterrasse der letzten Vergletscherung. Es handelt sich hiebei wohl nur um ein Ansteigen des Grundwasserspiegels. Mit analogen Erscheinungen haben wir es mit den Flurnamen «Im See» bei Zurzach und in der Gegend zwischen Remigen und Rüfenach zu tun. Auch diese Lokalitäten befinden sich auf Niederterrasse. Über den «Egelsee» wurde bereits berichtet. Trotzdem er nur noch sporadisch Wasser führt, hat er die Bezeichnung «See» sogar auf Karten bis jetzt beibehalten.

Der «Breitsee» war nie ein See, denn die bei der Verlandung eines solchen entstehenden Schichten fehlen. Es handelte sich von Anfang an nur um einen Sumpf ohne nennenswerte Wasseransammlung. Auf einer zirka 1 m^2 großen Fläche habe ich den Torf bis auf den Lößuntergrund ausgehoben und nicht einmal Reste vom Schilf gefunden, was nicht für eine starke Durchnässung spricht. Gegen dauernde Wasseransammlung spricht auch das Vorkommen von Eichen- und Erlenresten in der untersten Torfschicht.

Der Beginn einer anhaltenden Durchnässung der Mulden-

sohle ist deutlich durch die unterste Torfschicht mit den Bestandteilen eines Seggentorfs dokumentiert. Dieses Flachmoorstadium wurde von einem wenig ausgeprägten Bruchwaldmoor abgelöst, das seinerseits von einem Hoch- bezw. Flachmoor überlagert wurde. Zeitweise mögen für kürzere oder längere Dauer kleinere Tümpel vorhandenn gewesen sein. In Probe 9 wurde ein Pollenkorn der weißen Seerose gefunden. Das Vorkommen dieser Pflanze darf aber keineswegs ohne weiteres als Beweis für eine größere und andauernde Wasseransammlung angesehen werden. Am Hallwilersee wachsen im Flachmoor, das man in gewissen Jahrgängen trockenen Fußes durchwandern kann, Hunderte von Seerosen als Landform in flachen, schlenkenartigen Vertiefungen, die vielfach des stagnierenden Wassers entbehren.

Reste einer vorgeschichtlichen Siedlung fehlen. Die gefundenen Kohlestückchen im Torf und Löß können nicht als eindeutige Anzeichen für die Existenz einer solchen gelten.

Gestützt auf den geschilderten Aufbau des Moores und die Holzfunde werden wir schließen dürfen, daß beim Breitsee der Torf sich zu bilden begann, als in diesem Gebiete reichlich Eichen vorkamen. Was für ein Zeitintervall aber zwischen dem Ende der Lößbildung und dem Beginn der Torfbildung einzusetzen ist, das läßt sich erst an Hand der pollenanalytischen Ergebnisse genau sagen.

Der Löß.

Ursprünglich lag es nicht in meiner Absicht, mich mit dem Löß zu befassen. Das Vorkommen von Pollen darin veranlaßte mich aber, auch diesen in den Kreis der Untersuchung einzubeziehen.

Der Löß ist eine äolische Bildung, bei der die Vorbedingungen für die Erhaltung pflanzlicher oder tierischer Reste in Form von Fossilien im allgemeinen absolut fehlen, denn das konservierende Medium, das Wasser mangelte. Immerhin unterließ ich es nicht, schon das erste Mal eine Lößprobe, die 1 cm unter dem Torfe lag, auf Pollen zu untersuchen. Wider Erwarten fanden sich in einem Präparat 18 × 18 mm 23 Pollenkörner. (Dabei waren allerdings die organischen Reste nach

dem Flußsäureverfahren konzentriert worden.) Dieser Umstand bewog mich, dem Löß vermehrte Aufmerksamkeit zu widmen und ihn ganz allgemein auf Fossilien zu untersuchen. Der Vollständigkeit halber mögen hier aber auch die chemischen und physikalischen Eigenschaften desselben einige Berücksichtigung erfahren.

Ein ausgehobener Graben von 1,0 m Tiefe ergab ein Profil, das keine Spur von Schichtung aufwies, sondern der Struktur nach völlig homogenes Aussehen hatte. Beim Abhacken springt der Löß splitterig-bankig ab, mehr oder weniger Platten bildend, ähnlich wie man es bei weicher Molasse antrifft. Im Wasser zerfällt er nicht. Die obersten 20 cm sind durch Humussäuren schwach braun gefärbt, nach unten geht diese Farbe in eine bläulich-graue Tönung über. Allerdings sind bis zu einer Tiefe von 75 cm noch dunkle Flecken, aus amorphen Humusstoffen bestehend, bemerkbar.

Schlämmrückstände aus den verschiedenen Proben (im ganzen 9) stimmten in der Korngröße überein. In einem Präparat aus 100 cm Tiefe wurde bei den 13 größten Körnern jeweilen der maximale Durchmesser festgestellt. Der Befund ist in folgender Tabelle enthalten:

1 zu 225	1 zu 262	1 zu 337	μ
1 zu 238	3 zu 275	2 zu 500	
1 zu 250	1 zu 280	2 zu 600	

Daneben sind alle Größenordnungen bis hinunter zu den winzigsten Splitterchen vertreten. Andreae und Osann[1] fanden in den Lößen von Heidelberg meistens Durchmesser um 0,07 mm herum, ohne grobe Sandkörner. Angaben über die größten Körner finden sich in der betreffenden Arbeit weiter keine. Nach Heim[16] besteht der diluviale Löß der Nordschweiz, zu dem auch derjenige des Möhliner Feldes gehört, vorherrschend aus Quarz, von im Mittel 0,001 bis 0,1 mm Durchmesser. Der Rheinlöß von Straßburg soll Korngrößen von 0,02—0,04 mm aufweisen. Über den Schlämmrückstand des Lösses vom Oberholz resp. Zelgli bei Aarau schreibt Gutzwiller, daß er auffallend reich an groben Sandkörnern sei[24]. Absolute Maße darüber fehlen auch hier.

Die Körner des Breitseelösses zeigen hie und da schwache Kantenrundung, meistens sind sie aber eckig und scharfkantig.

Fig. 1 und 2. Größere Steinchen, wie Mühlberg solche im Löß vom Oberholz vereinzelt fand, beobachtete ich im Breitseelöß keine.

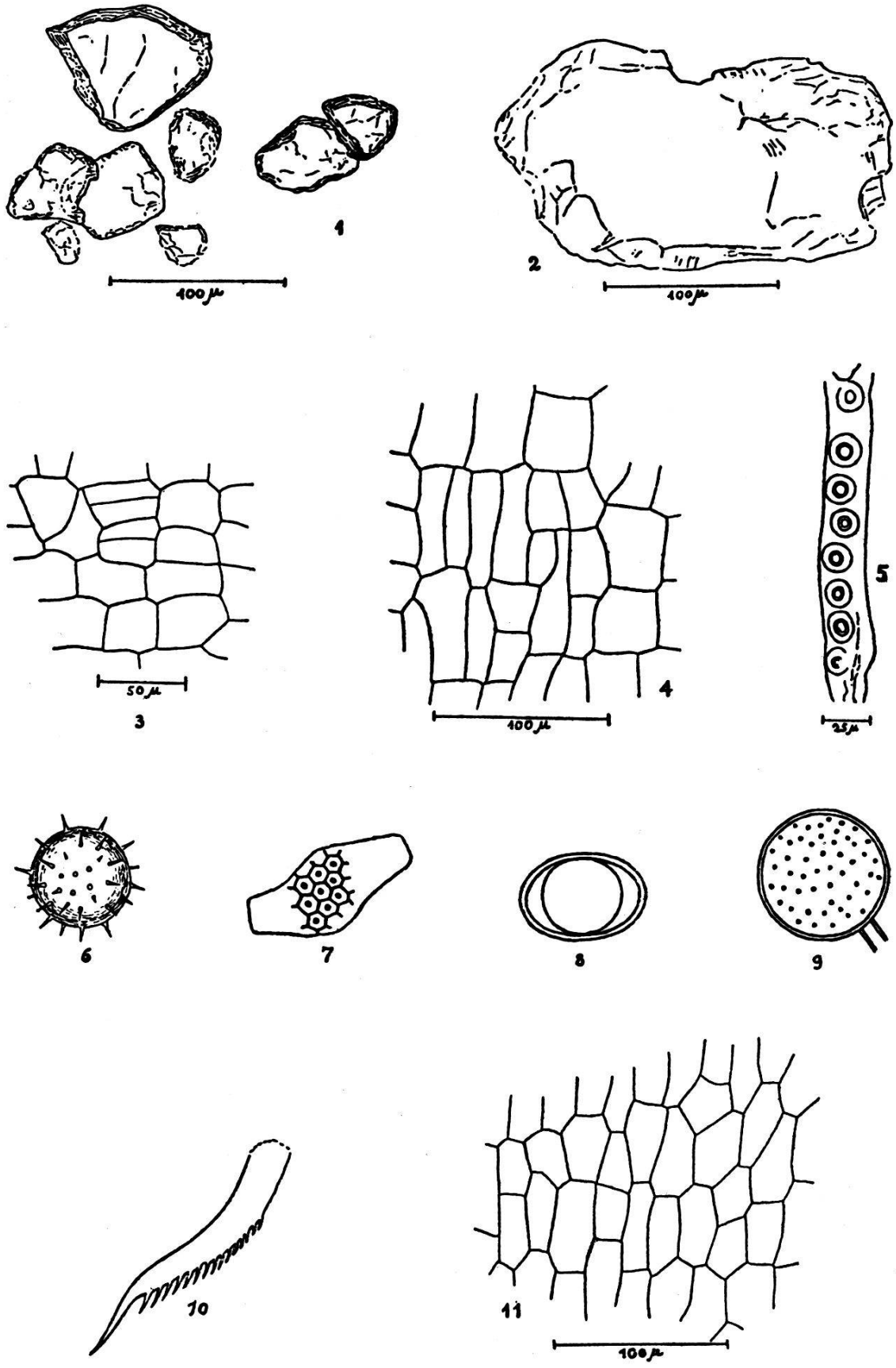
Die Schlämmproben enthielten nun außerdem noch kleine, rundliche Körner, die unter Umständen schon durch ihre Größe auffielen, sich nach dem Trocknen aber auch durch ihre Farbe schwach von den andern abhoben. Schon bei leichtem Druck zerfielen sie. Sie stellen winzige Aggregate dar. Ihr Inneres bestand aus Eisenoxydhydrat und die Hülle aus kleinsten Gesteinssplitterchen. In der obersten Probe, also unmittelbar unter dem Torf, fand ich die größten, hier erreichten sie Durchmesser bis zu 1,5 mm. Am spärlichsten und kleinsten waren sie in der untersten Probe. In den oberflächlichen Schichten traten außerdem noch zahlreiche Rostflecken auf. Keine einzige Lößprobe wies Kalkreaktion auf. Schneckenschalen, Kalkspatschrote, Lößmännchen und Kalkröhrchen fehlten. Es handelt sich also um einen vollständig verlehmten Löß. Gutzwiller fand nur an einer Stelle in der Nähe des Rheins Lößschnecken[12].

Fossilien: Eine auffällige Erscheinung in allen Proben sind die Wurzelröhrchen. Solche finden sich nach Gutzwiller nur in unverkalkten Lössen[12]. Ob es sich beim Breitsee-Löß um Wurzelröhrchen im Sinne Gutzwillers handelt, wie er solche z. B. vom Lößprofil von Wylen beschreibt[12], kann ich vorläufig nicht sagen. Eine genauere Beschreibung der Wurzelröhrchen des Lösses ist mir aus der einschlägigen Literatur bis jetzt nicht bekannt geworden. Um einige Anhaltspunkte zu bekommen, mag es zweckdienlich sein, am Schlusse noch zwei Proben aus dem Basler Lößgebiet zu beschreiben.

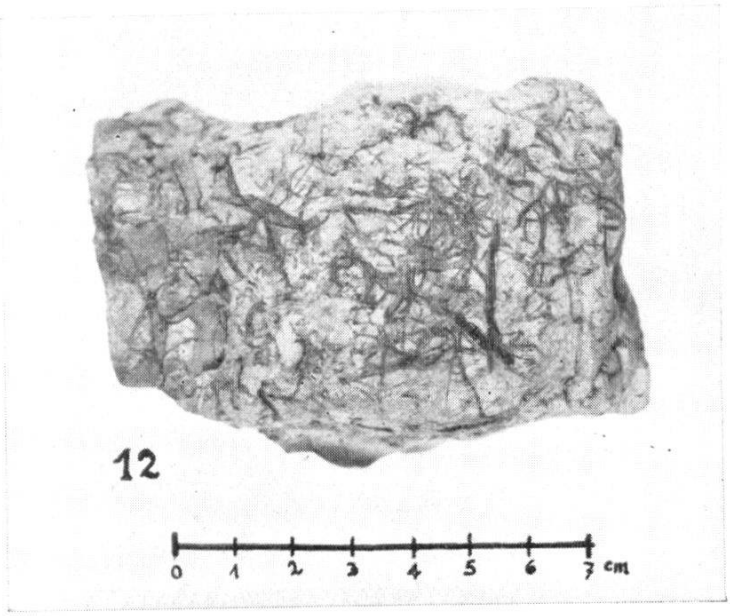
Alle Wurzelröhrchen des Breitseelösses enthalten einen locker sitzenden Wandbelag, der aus einer braunen oder tiefschwarzen und meist amorphen Humussubstanz besteht. Kein einziges fand ich ohne diesen Belag. Die Röhrchen sind in den untersten Proben etwas weniger zahlreich als in den obern, dagegen variieren sie im Durchmesser von Probe zu Probe nicht. Sie sind zylindrisch und mäandrisch gekrümmt. Die weitesten weisen einen Durchmesser von 2 mm auf.

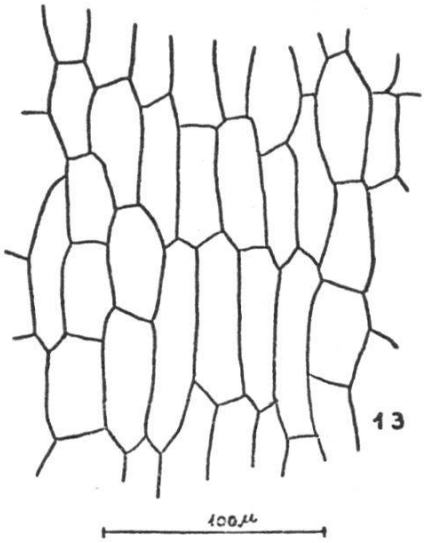
Den Verlauf eines einzelnen Röhrchens auf eine größere Distanz zu verfolgen, gelang mir nicht. Hie und da kann man beobachten, wie sie mit etwas größeren Hohlräumen in Verbin-

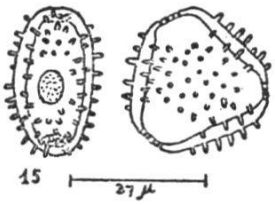
Tafel I.

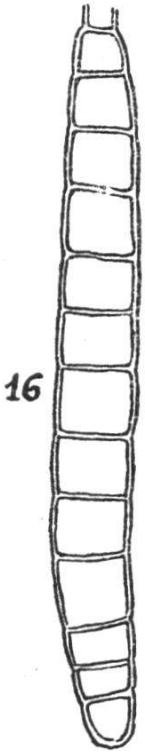


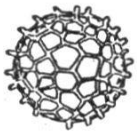
Tafel II.

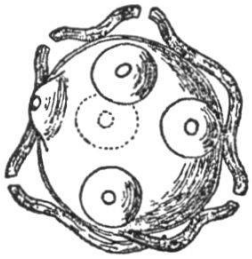












dung stehen, die ebenfalls mit Humus ausgekleidet sind. Nach dem Pollenbefund handelt es sich bei den obersten Schichten um sekundär verlagerten Löß, der ins Früh- bis Vollneolithikum (ca. 3 000—2 500 v. Chr.) zu datieren ist.

Durch Behandlung mit Kalilauge versuchte ich, etwa noch vorhandene figurierte organsiche Reste heraus zu bekommen. In den weitaus meisten Fällen löste sich die dunkle Masse restlos auf. Hingegen ergab der Inhalt eines Röhrchens aus 100 cm Tiefe deutlich Gewebekomplexe, die aus parenchymatischen Zellen bestanden. Fig. 4. Ähnliche fand ich noch in zwei höher gelegenen Proben. Sie zu identifizieren gelang mir nicht. Aber auch außerhalb der Wurzelröhrchen konnte mehr oder weniger reichlich organische Substanz festgestellt werden, die nach unten quantitativ abnimmt. Zwei größere Proben aus 10 cm Tiefe (Nr. 15 des Diagrammes) enthielten ziemlich viele, auch makroskopisch gut erkennbare Blattreste einer breitblätterigen monokotylen Pflanze.* Fig. 13. Bei beiden Proben waren sie von einem feinern oder gröbern Netz von schwarzen Streifen überzogen, die Pustelradizellen aufwiesen. Fig. 12. In einer der beiden Proben war ferner ein Kohlestückchen von Quercus sp. enthalten.

Die verhältnismäßig gute Erhaltung dieser Reste, sowie der in beiden Proben vorhandenen Pollenkörner, lassen die Vermutung zu, daß zur Zeit ihrer Ablagerung und Einbettung der Löß durchfeuchtet gewesen sein mußte.

An weitern Mikrofossilien seien außer den abgebildeten noch erwähnt:

Aus 28 cm Tiefe: 1 Spiralgefäß, 325 μ lang und 20 μ breit, an einem Ende zugespitzt am andern korrodiert.

Aus 78 cm Tiefe: 1 Zellkomplex aus langgestreckten Zellen bestehend, stark korrodiert, ein weiterer Komplex aus gleich geformten Zellen mit Hoftüpfeln. An Pollen: 1 Föhre 40 μ, 1 Hasel (ziemlich korrodiert), 1 Graminee 25 μ Durchmesser, 1 Linde (?).

Aus 100 cm Tiefe: Viele einschichtige Zellkomplexe wie Fig. 3, einer davon aus ca. 300 Zellen bestehend, 1 Komplex aus

---

* Die Bestimmung der in den Torfschichten I und III vorkommenden Früchtchen von Scirpus cf. silvaticus, dann der oben erwähnten Blattreste und des Kohlestückchens im Löß verdanke ich Herrn Dr. Neuweiler.

langgestreckten Zellen bestehend (Moos ?), 1 Spore vom Typus Dryopteris, 1 Pollen von Eiche, sowie einer von Abies, dieser aber ohne Luftsäcke und korrodiert.

Nirgends sah ich größere fossile Baumwurzeln vom Torf in den Löß übergehen, sondern überall verliefen sie an der Oberfläche. Auch die vom Winde geworfenen rezenten Fichten wiesen nur wenig in den Löß eindringende Wurzeln auf. Nach Deecke[6] trägt der reine Löß nur ungern Wald, tiefgründiger Löß mit kalkigen Resten an der Basis soll aber für hochstämmigen Wald ein trefflicher Boden sein.

Löß von Neu-Allschwil.

Zu Vergleichszwecken erhielt ich von Herrn Dr. Leuthardt, Liestal, in verdankenswerter Weise je eine Probe von verlehmtem und unverlehmtem Löß von Neu-Allschwil.

Der unverlehmte Löß ist reicher an Wurzelröhrchen als der Breitseelöß. Das größte Röhrchen hatte einen Durchmesser von 3 mm, die meisten waren allerdings enger. Ich fand solche, die man nur mit der Lupe wahrnehmen konnte. Sie wiesen fast immer ebenfalls einen braunen Wandbelag auf, der sogar im Schlämmrückstand der Form nach teilweise erhalten blieb. Trotzdem ich mehrere Präparate anfertigte, konnte ich darin keine Spur von figurierten organischen Resten feststellen. Die Wand selber bestand aus Sandkörnchen, die durch eine Eisenverbindung gut miteinander verkittet waren, sodaß die Röhrchen gelegentlich bruchstückweise im Schlämmrückstand erhalten blieben.

Der Löß selber enthielt ebenfalls Mikrofossilien. Nach dem unten angegebenen Verfahren wurden zwei Präparate angefertigt. Darin fanden sich 13 figurierte organische Reste, darunter mehrere Zellkomplexe, einer mit Spiralgefäßen, dann eine Kugel von 40 μ Durchmesser mit an der Spitze ausgerandeten Stacheln von 3 μ Länge. Bemerkenswert ist ferner ein sehr gut erhaltener Pollen (?) mit 12 Poren, deren Ränder stark vorgewölbt sind. Fig. 20.

Die verlehmte Probe zeigte keine Spur von Kalkreaktion. Sie enthielt noch winzige Reste von Wurzelröhrchen. Auch in dieser Probe waren Mikrofossilien nachweisbar, allerdings

bedeutend weniger als in der vorigen. Davon sind zu erwähnen: Zwei Bruchstücke von kugeligen Gebilden von 25 μ Durchmesser, mit zahlreichen runden Öffnungen an der Oberfläche, offenbar tierischer Herkunft, der Struktur nach gut erhalten, ferner ein Spiralgefäß und ein sporenartiges Gebilde.

Kein Fossil war beiden Proben gemeinsam. Ob es sich bei diesem qualitativen Unterschied im Fossilgehalt um eine spezifische oder nur zufällige Erscheinung handelt, kann wohl nur durch breitangelegte, systematische Untersuchungen festgestellt werden.

Die beiden Proben unterschieden sich durch die Farbe deutlich voneinander. Der verlehmte Löß zeigte ziemlich hellgelbe einheitliche Färbung, der unverlehmte dagegen war fleckig. Er bestund zu ungefähr gleichen Teilen aus Partien, die in der Farbe mit dem verlehmten übereinstimmten und solchen, die rötlich-braun getönt waren. Diese Angaben beziehen sich auf trockenen Löß.

Ganz auffällig war der Unterschied zwischen den beiden Proben in der Korngröße. Das größte Korn, das ich in einem Präparat aus Schlämmrückstand des unverlehmten Löß fand, wies einen Durchmesser von 275 μ auf, ein anderes 245 μ und ein drittes 200 μ, alle andern waren kleiner. Ein entsprechendes Präparat vom unverlehmten Löß wies ein Korn von 1,459 mm Durchmesser auf, daneben wurde eines mit 0,919 mm und viele von über 0,5 mm Durchmesser gefunden.

Was die Oberflächenstruktur der Körner anbetrifft, so enthielten beide Proben neben ziemlich stark abgeschliffenen auch solche mit scharfen Zacken, Ecken und Kanten, ähnlich wie beim Breitseelöß. Im Schlämmrückstand des verlehmten Lösses fanden sich zudem zahlreiche schwarze Körnchen verschiedener Gestalt, die aus einer Eisenverbindung bestanden.

Über die Wurzelröhrchen kann zusammenfassend gesagt werden, daß diejenigen vom Löß von Neu-Allschwil mit denen vom Breitsee morphologisch gut übereinstimmen. Bei letzterem sind die allerfeinsten Röhrchen etwas weniger zahlreich wie dort, dagegen sind bezüglich Verlauf und Größe derselben keine merklichen Unterschiede vorhanden.

Wesen und Bedeutung der Pollenanalyse.

Wie schon die bisherigen makro- und mikroskopischen Untersuchungen ergeben haben, handelt es sich beim Breitsee um ein junges Moor, seine basalen Schichten weisen Reste von Eiche auf. Die ältesten Torfschichten, mit Birken-, Föhren- und Haselresten, wie man sie andernorts findet, fehlen. Viel schärfer kann der späte Beginn der Torfbildung mit Hülfe der Pollenanalyse nachgewiesen werden.

Diese ist ein noch recht junger Zweig der Paläobotanik und als solcher weitern Kreisen bis jetzt noch ziemlich unbekannt geblieben. Mit Rücksicht darauf mögen im folgenden ihre Grundprinzipien, nach denen sie arbeitet, kurz skizziert werden, ohne daß auf Einzelheiten oder gar ein kritische Betrachtung derselben eingetreten werden kann. Dies ist da und dort in der fachwissenschaftlichen Literatur von verschiedenen Autoren bereits eingehend geschehen. Dagegen soll noch speziell hervorgehoben werden, daß die Brauchbarkeit der pollenanalytischen Untersuchungsmethode heute einwandfrei erwiesen ist.

Allgemein bekannt ist, daß Pflanzenreste irgendwelcher Art im Moor ihrer Form nach fast unbegrenzt lange erhalten bleiben. Daß sie in chemischer Beziehung tiefgreifende Veränderungen durchmachen, berührt ihre Morphologie nur in geringem Maße. Samen, Früchte, Blätter, Zweige, Äste, Stämme und Wurzeln können deshalb meistens auf ihre Zugehörigkeit zu der oder jener Pflanzenart identifiziert werden. Gleiches gilt auch von zoologischen Objekten. Es sei hier auf die häufigen Knochenfunde der Moor- und Pfahlbauten hingewiesen, die weitgehende Schlüsse auf die prähistorische Fauna und die kulturhistorischen Verhältnisse der betreffenden Zeitepoche zulassen, sodann auf die zahlreichen Reste niedriger Tiere. Aber daß so feine Gebilde, wie Sporen, Algen und Blütenstaubkörner es sind, ebenfalls erhalten bleiben, und zwar vorzüglich, das ist uns weniger geläufig und erscheint auf den ersten Blick fast unmöglich.

Der Blütenstaub oder Pollen ist freilich von den Moorgeologen schon seit längerer Zeit in den Bereich der paläobotanischen Untersuchungen einbezogen worden, so in Deutschland von C. A. Weber, in Schweden von Lagerheim und in der Schweiz von Früh und Schröter. Allerdings geschah dies nur in qualitativer Beziehung. Aus dem Vorhandensein von Erlen- oder

Lindenpollen schloß man, daß diese Bäume auf dem Moor oder in dessen Umgebung vorhanden gewesen sein mußten, aber genauere Schlüsse über die Quantität der betreffenden Baumart im gesamten Waldbild zog man nicht. Wandlungen im Waldbild, die im Laufe der Jahrtausende sich abgespielt hatten, konnten sich in diesen rein qualitativen Beobachtungen nicht abzeichnen, es fehlte die zur Verarbeitung des Pollenmaterials notwendigen genauern statistischen Grundlagen. Wie beschafft man sich diese? Zur Beantwortung dieser Frage müssen wir etwas weiter ausholen.

Alljährlich werden aus den Wäldern große Mengen von Blütenstaub übers Land verweht. Vom Haselstrauch kennen wir das besonders gut. Bekannt ist ferner der Schwefelregen, der hauptsächlich aus dem Pollen von Koniferen gebildet wird. Über große Gebiete und in den verschiedensten Richtungen wird er verstreut. Weitaus der größte Teil fällt auf die Erde, wo er nach kurzer Zeit der Zerstörung anheim fällt. Alle jene Körner aber, die ins Wasser, also in einen See oder Tümpel oder auf ein Torfmoor fallen und dort zur Ablagerung kommen, gelangen unter Luftabschluß und vertorfen genau so wie irgend ein anderer Pflanzenrest. Besonders die äußere Haut, die Exine, bleibt gut erhalten und präsentiert die morphologsichen Unterscheidungsmerkmale oft besser als rezenter Pollen. Schicht um Schicht lagert sich auf dem Grunde des Sees ein feiner Kalkschlamm ab, auch das Moor wächst alljährlich um einen winzigen Betrag in die Höhe. Hier wie dort wird der hineingewehte Pollen eingeschlossen und konserviert.

Dieser Vorgang wiederholt sich während Jahrhunderten und Jahrtausenden. Die Pflanzenwelt im und um das Moor bildet sich gewissermaßen während langen Epochen durch den Pollenregen Jahr für Jahr getreulich ab. Es ist leicht einzusehen, daß eine Veränderung des Waldbildes ebenfalls zur Abbildung gelangen muß. Wie durch Versuche festgestellt wurde, gibt uns der Pollen, der sich in irgend einer Torfschicht findet, ein recht befriedigendes Bild von der Zusammensetzung des Waldes, von dem dieser Pollen stammt[7]. Das Moor und die Seekreide werden so zu Archiven für die Waldgeschichte.

Die Hauptrolle in der Pollenproduktion spielen die Windblütler, insbesondere die Waldbäume, die außerordentlich große

Mengen Blütenstaub erzeugen. Den Pollen der Riedgräser trifft man relativ selten, vermutlich bleibt er nur zum Teil erhalten. Denjenigen der wichtigern Waldbäume findet man häufig, so den von Birke, Föhre, Hasel, Eiche, Ulme, Erle, Tanne, Buche, Fichte, seltener den von Esche und Weißbuche. Aber auch die beiden Insektenblütler Weide und Linde trifft man häufig im Pollenbilde. Namentlich den Pollen der letztern findet man, und das ist eigentlich direkt auffällig, in gewissen Schichten in großer Menge.

Ein erbsengroßes Stück Torf oder Seekreide liefert nach der im folgenden Abschnitt beschriebenen Methode genügend Material für die Herstellung eines mikroskopischen Präparates, das in den meisten Fällen die zur Statistik notwendige Anzahl Pollenkörner enthält. Gelegentlich findet man in einem Präparat ein- oder mehrere tausend. Freilich können es unter Umständen auch nur einige wenige sein, wie z. B. bei Lehmen und gewissen Torfarten. Meistens genügen 100 bis 150 Körner, um ein klares Bild über die Zusammensetzung des Waldes zu erhalten. Ausdrücklich sei erwähnt, daß jeder Baumart eine spezifische Pollenform zukommt, sodaß jedes Blütenstaubkorn seiner Zugehörigkeit nach identifiziert werden kann. Die Bestimmung ist bei einiger Übung wohl möglich, womit aber nicht gesagt sein soll, daß nicht Fälle vorkommen, bei denen man im Zweifel sein kann, ob das betreffende Pollenkorn zu der oder jener Baumart gehört. So gibt es z. B. Übergänge zwischen dem Pollen von Hasel und Birke, dann auch zwischen Esche und Weide. Schwieriger ist die Bestimmung, wenn der Pollen schlecht erhalten ist und Korrosionserscheinungen zeigt. In niederschlagsarmen Zeiten kann die Oberfläche eines Moores vollständig austrocknen, dabei ist dann die Möglichkeit vorhanden, daß der Luftabschluß ungenügend ist und eine Zersetzung der Körner beginnt. Je nach der Dauer der Trockenheit kann diese bis zur vollständigen Zerstörung derselben fortschreiten. Ist das Pollenkorn einmal vertorft, so bleibt es auch nach einer Trockenlegung des Moores noch ziemlich lange erhalten, wie das beim Breitsee zu konstatieren ist. Öfters kommt es auch vor, daß Bruchstücke von Pollen bestimmt werden müssen, z. B. von Föhre, Tanne und Fichte, bei denen sich gelegentlich die Luftsäcke vom eigentlichen Pollenkorn loslösen. Eine

Bestimmung ist aber auch in diesem Falle noch möglich, da namentlich die Luftsäcke durch typische morphologische Merkmale ausgezeichnet sind. Beim Blütenstaub der Buche habe ich beobachtet, daß viele Körner stark geschrumpft sind und infolgedessen von ihrer typischen Form mehr oder weniger abweichen.

Solche und ähnliche Schwierigkeiten bei der Bestimmungsarbeit lassen sich durch Übung überwinden. Ist eine Pollenart in einem Präparat reichlich vertreten, so wird es von geringer Bedeutung sein, ob beispielsweise unter 50 Körnern der gleichen Art eines nicht bestimmt werden kann. Ganz anders verhält es sich aber, wenn es sich um einen sehr pollenarmen Torf oder Lehm handelt, wobei jedem einzelnen Pollenkorn erhöhte Bedeutung zukommt.

C. A. Weber hat im Jahre 1893 zuerst auf die Notwendigkeit hingewiesen, Pollenzählungen auszuführen, um daraus Rückschlüsse auf die Bewaldung in der Umgebung der Moore ziehen zu können. Speziell in Schweden ist in der Folge dann der Pollenforschung volle Aufmerksamkeit gewidmet worden und besonders Staatsgeologe L. v. Post hat die Gesetzmäßigkeiten in den Korrelationen zwischen dem im Torf gefundenen Pollen und dem Walde, von dem jener stammt, festgestellt. Damit war die Grundlage für die *quantitative* Pollenanalyse geschaffen.

Werden aus einer Probe eine genügende Anzahl, sagen wir 150 Pollen, gezählt und bestimmt, so hat man bereits einen guten Überblick über die Zusammensetzung des Waldes. Um aber allgemein gültige Vergleichswerte zu erhalten, werden die Pollenzahlen jeder Baumart in Prozente der gesamten Pollenzahl umgerechnet. (150 Pollen = 100 %.) Dabei erfährt die Hasel meistens eine Sonderbehandlung. Da sie doch mehr nur als Unterholz im lichten Walde vorkommt, somit nicht eigentlich waldbildend auftritt, so wird ihr Pollen in den 150 Körnern nicht mitgezählt, sondern in Prozenten der Gesamtpollenzahl der Waldbäume ausgedrückt. Theoretisch betrachtet sind nun diese Prozentzahlen das genaue Bild des zugehörigen Waldes, sie bilden das *Spektrum* der betreffenden Torf- oder Seekreideschicht. In Wirklichkeit spiegeln sie die Zusammensetzung des Waldes nur annähernd, denn es müssen eine ganze Reihe von störenden Faktoren berücksichtigt werden, die sich

schon während des Pollenniederschlages bemerkbar gemacht haben, z. B. ungleiche Pollenproduktion der einzelnen Bäume, ungleicher Blütenrhythmus, dann aber auch der Umstand, daß gewisse Baumarten dem Torfmoor fern bleiben, während Erle, Eiche, Birke, Föhre dort unter Umständen zahlreich vorkommen können. Der Pollen dieser Bäume ist dann begreiflicherweise zu stark vertreten, d. h. die genannten Bäume sind im Pollenspektrum überrepräsentiert. Bei einiger Vorsicht gelingt es aber, solche und ähnliche Fehler zu eliminieren, so daß sie den Wert der pollenanalytischen Methode durchaus nicht schmälern. Alle Spektren stellt man in der *Pollentabelle* zusammen.

Um schließlich ein anschauliches Bild von den Veränderungen des Waldes zu erhalten, wird die Pollentabelle graphisch verarbeitet, also in Kurvenbilder umgesetzt, wodurch das *Pollendiagramm* entsteht. Jede Baumart erhält darin ihre besondere Kurve. Die nur in geringen Prozenten vertretenen Baumarten werden weggelassen, damit das Gesamtbild nicht zu unübersichtlich wird. Da aber auch diesen u. U. eine gewisse Bedeutung zukommen kann, sollte eine Pollentabelle, die alle Baumarten enthält, nie fehlen. Viele Einzelheiten, wie z. B. die Anteile der einzelnen Komponenten des Eichenmischwaldes, die im Diagramm nicht oder nur selten ausgeschieden werden, sind nur in einer Tabelle ersichtlich.

Es sollen nun noch kurz die einzelnen Untersuchungsstadien geschildert werden.

Der Löß sowie auch die stark sandhaltigen Torfproben der untersten Moorschichten wurden vorerst mit Flußsäure erhitzt, wodurch in kurzer Zeit der weitaus größte Teil der Gesteinssplitter aufgelöst wurde, ohne daß die organischen Reste irgendwie Schaden erlitten. Wenigstens konnte ich nie einen Unterschied in der Erhaltung von Waldbaumpollen beobachten, gleichgültig ob die betreffende Probe mit Flußsäure behandelt war oder nicht. Diesbezügliche Versuche mit rezentem Pollenmaterial führten zum selben Schluß. Überhaupt ist der Pollen gegenüber den angewendeten Agentien, wie Salz-, Schwefel-, Flußsäure und Kalilauge absolut resistent.

Nach der Behandlung mit Flußsäure wird mit Wasser ausgewaschen und dann gesiebt. Dabei verwende ich ein feines

Kupferdrahtsieb von 170 μ Maschenweite. Durch zwei- oder mehrmaliges Sieben, je nach der Menge der organischen Substanz, ist es möglich, alle Pollen, also auch die der Tanne, die die größten sind, sozusagen restlos herauszuschwemmen. Kontrollen des Siebrückstandes ergaben nur hie und da einen Pollen; übrigens konnte gelegentlich nicht nur ein größeres Korn, sondern sogar auch ein kleineres, wie z. B. ein Erlenpollen zurückbleiben. Eine merkliche Beeinflussung des betreffenden Spektrums war somit ausgeschlossen. Nach dem Absieben läßt man den Feinschlamm sedimentieren, gießt nachher das Wasser ab und kocht dann in üblicher Weise mit Kalilauge auf. Bei Seekreide verwendet man Salzsäure statt Flußsäure.

Etwas vom so behandelten und gut umgerührten Feinschlamm wird auf den Objektträger gebracht, mit Glyzerin innig vermischt und ist zur Untersuchung bereit. So erhält man ein gleichmäßig dickes Präparat aus Mikrofossilien. Durch Beseitigung des größten Teils der sterilen mineralischen Beimengungen ist die organische Substanz konzentriert worden. Auf diese Weise ist es möglich, Tone, Lehme und Lösse ohne allzu große Aufwendung an Zeit zu analysieren.

Liegen Tropfproben ohne nennenswerte mineralische Beimengung vor, so vereinfacht sich die Präparation dahin, daß die Vorbehandlung mit HFl wegfällt. Bei stark humifizierten Torfen scheint es mir, um eine gute Transparenz zu erhalten, zweckmäßig, nach dem Aufkochen mit KOH mit Wasser auszuwaschen, um die dunkelbraunen gelösten Humussubstanzen zu entfernen.

Bei der Aufhellung einzelner Fossilien aus dem Löß, wie Rindenstücke, Würzelchen usw. habe ich gute Resultate erhalten, wenn das Objekt nach der Behandlung mit KOH ausgewaschen, dann in Milchsäure eingeschlossen und darin erhitzt wurde. Alles läßt sich auf ein und demselben Objektträger ausführen. Das so entstandene Präparat ist längere Zeit haltbar, was für Nachuntersuchungen wichtig ist.

Der bei der Untersuchung nicht aufgebrauchte Feinschlamm wird in kleinen Präparatengläschen von einigen cm^3 Inhalt aufbewahrt und mit genauer Etikettierung versehen. Er dient späteren Kontrolluntersuchungen über Erhaltung und Frequenz von Pollen und andern Mikrofossilien in den einzelnen Hori-

zonten, dann aber auch zum nachträglichen Identifizieren von Objekten, die man vorerst nicht bestimmen konnte. Schließlich erhält man auf diese Weise ein bequem zu handhabendes Austauschmaterial. Ganz gleich verfährt man gelegentlich auch mit dem Siebrückstand. Das Auftreten von Pilzen verhindert man durch Beifügung von etwas Alkohol oder Formalin. Daß dadurch starke Schrumpfungen eintreten, habe ich bis jetzt noch nicht beobachtet.

Um über einiges Reservematerial zu verfügen, darf man die zur Untersuchung benützte Probemenge nicht zu klein wählen. Je nach dem Gehalt an mineralischen Bestandteilen muß sie größer oder kleiner sein. Beim Löß genügte 1 cm^3 vollauf, bei stark humifiziertem Torf sogar ein erbsengroßes Stückchen, bei weniger zersetztem dagegen bedarf man etwas mehr.

Damit man sich vor Zufälligkeiten, namentlich bezüglich der Pollenstreuung auf dem Moore, einigermaßen schützen kann, ist es m. E. zweckmäßig, im allgemeinen die Proben doch nicht zu klein zu wählen. Der Wind kann den Pollen nach den verschiedensten Richtungen hin verfrachten, so z. B. auch vom Moore weg, so daß möglicherweise eine dünne Torfschicht pollenarm oder sogar pollensteril sein kann, trotzdem die Umgebung des Moores bewaldet war. Unter Umständen kann auch nur die eine oder andere Pollenart von dieser abseitigen Streuung betroffen werden, je nachdem der Wind zur Blütezeit der zugehörigen Baumart wehte. Sodann können Diskontinuitäten im Pollenabsatz innerhalb eines kleinen Teiles derselben Waldphase durch den ungleichen Blütenrhythmus entstehen, was speziell bei Bäumen mit geringer Pollenproduktion von Bedeutung ist. So erfolgt bei der Buche reicher Blütenansatz nur alle 5—8 Jahre. Eine Torfschicht, die in der Zwischenzeit gebildet wurde, wird infolgedessen arm an Buchenpollen sein, auch wenn die Buche im Waldbild gut vertreten ist. Wird nun eine Probe von etwa ½ cm^3 präpariert, so werden irgendwelche Unstetigkeiten sich viel weniger auswirken können als bei winzigen Proben, die grad nur für ein einziges Präparat ausreichen. Bei langsam gewachsenen Mooren mit geringer Mächtigkeit der einzelnen Schichten dürfen freilich die Proben auch nicht zu groß genommen werden, da sonst der Pollen, der vielleicht von ganz verschiedenen Waldphasen her-

rührt, vermischt wird, was weiterhin zur Folge hat, daß der Kurvenverlauf den tatsächlichen Waldbaumbestand nicht richtig wiedergeben kann.

Fehler dieser Art zeigen sich meistens im Kurvenverlauf des Pollendiagramms und lassen sich durch Nachuntersuchungen verbessern.

Zum Auszählen der Pollenkörner, Sporen etc. wird das Präparat mit Hilfe des Kreuztisches streifenweise abgesucht. So hat man sichere Gewähr dafür, daß alle Teile desselben durchgesehen werden.

Heute hat die Pollenanalyse in Deutschland, Österreich, Rußland, Tschechoslowakei und in der Schweiz Eingang gefunden und über die postglaziale Waldgeschichte dieser Gebiete schon wichtige Aufschlüsse gezeitigt[32] [38]. Man kennt bereits die Reihenfolge, in welcher die Waldbäume aus ihren Refugien, in die sie sich während der Eiszeit zurückgezogen hatten, wieder eingewandert sind, sowie auch eine Menge regionaler Verschiedenheiten in den einzelnen Waldphasen.

Nach und nach wird man auch imstande sein, speziellere Angaben darüber zu machen, wie weit die einzelnen Baumarten zurückgewichen waren. Über das postglaziale Waldbild und seine Entstehung in einzelnen Gebieten Europas ist man heute schon wenigstens in groben Zügen ziemlich gut orientiert. Das sind in pflanzengeographischer Beziehung außerordentlich wichtige Ergebnisse. Ihre Bedeutung wird nicht gemindert durch die Erkenntnis, daß noch viele Einzelfragen einer befriedigenden Antwort harren.

Man mag freilich einwenden, daß der Wald ja nur ein Teil der Gesamtflora eines Gebietes sei und die Pollenanalyse, die sich speziell nur mit Waldbaumpollen abgibt, eben doch nur den Wald richtig erfassen könne. Wir dürfen aber nicht vergessen, daß der Wald ein tonangebender Faktor in der Vegetation eines Gebietes ist, wobei wir allerdings nicht an unsern Kulturwald, sondern an den sich selber überlassenen Urwald denken müssen. Jede Waldart ruft einer mehr oder minder spezifischen Unterflora, wobei die edaphischen Faktoren oft erst an zweiter Linie stehen. Ändert sich das Waldbild, so ändert sich auch diese Begleitflora. Im fernern gestattet, erschwert oder unterbindet der Wald je nach seiner Zusammen-

setzung das Wandern der Pflanzen. Er bestimmt also direkt oder indirekt die Flora im allgemeinen in weitgehendem Maße. Der großartigen Sukzession, wie sie die einzelnen Waldphasen der Nacheiszeit darstellen (siehe Pollendiagramm), liegen selbstverständlich auch richtungbestimmende Faktoren zugrunde. Wenn die Ansichten darüber, welcher Art diese seien, noch keineswegs bereinigt und konsolidiert sind, so darf doch heute schon so viel gesagt werden, daß wohl die hauptsächlichsten klimatischer Natur sind.

Außerordentlich eng und vielseitig sind die Beziehungen der Pollenanalyse zur Urgeschichte. Zwischen diesen beiden Disziplinen hat sich in kurzen Jahren eine eigentliche Arbeitsgemeinschaft gebildet, die gegenseitig äußerst befruchtend gewirkt hat und hier kurz berührt werden soll.

Der im Moor niedergeschlagene Blütenstaub stammt meistens von Bäumen, die außerhalb desselben wachsen. Linde, Ulme, Buche, Tanne und Hasel gehen nicht aufs Moor hinaus. Sie werden aber durch die Pollenanalyse ebenso gut erfaßt wie die moorbewohnende Erle, Eiche, Fichte und Föhre. Darin beruht übrigens ja der Hauptvorteil der pollenanalytischen Untersuchungsmethode gegenüber der bisherigen Moorforschung, die im allgemeinen nur die Wasser- und Sumpfflora und sporadische Einschlüsse von Pflanzen aus der Umgebung erfassen kann. Letztere vermag somit nur über die autochthone Vegetation eines beschränkten Areals Aufschluß zu geben und wird infolgedessen nur ein unvollkommenes Bild der Gesamtflora zu entwerfen imstande sein. Zur Beantwortung gewisser Spezialfragen der Urgeschichte, z. B. siedlungsgeographischer Art, ist aber die Kenntnis des betreffenden Waldbildes unerläßliche Vorbedingung. Der Wald war ein wichtiger Teil des Lebensraumes des vorgeschichtlichen Menschen. Ein dichter Buchen- oder Tannenwald mag wohl für den Menschen andere Ernährungsbedingungen aufgewiesen haben als ein lichter Eichenmischwald mit reichlichem Unterholz, wobei auch die faunistischen Verhältnisse zu berücksichtigen sind.

Überaus wichtig sind die Pfahl- und Moorbauten für die Datierung der einzelnen Waldphasen. Liegt in einem Moor eine genau datierte Siedlung vor, so bietet sich die beste Gelegenheit, das Alter der mit der Siedlung gleichaltrigen

Waldphase zu bestimmen. Wir brauchen bloß das Pollendiagramm aufzustellen und darin die Kulturschicht einzuzeichnen. Auf diese Weise kann jede Waldphase, sowie auch die zugehörige Torf- oder Seekreideschicht mit der koordinierten urgeschichtlichen Periode verknüpft und somit auch ihrem absoluten oder bloß relativen Alter nach bestimmt werden.

Ganz allgemein lassen sich Aufgaben, wie Bestimmung des Alters einer Seekreide- oder Torfschicht, also z. B. der Beginn der Torfbildung beim Breitsee, ferner Rekonstruktion von Verlandungsvorgängen[3, 30] usw. mit Hülfe der Pollenanalyse lösen.

Die Tätigkeit des modernen Prähistorikers erschöpft sich nicht mehr nur im Sammeln, Bestimmen und Vergleichen von Artefakten, sondern er befaßt sich auch mit einer Reihe rein naturwissenschaftlicher Probleme des Siedlungslandes. Er wird also u. a., wo immer möglich, die Pollenanalyse zu Rate ziehen. Daß daneben die bisher übliche Bestimmung von Samen, Früchten, Hölzern usw., die sich in den Kulturschichten vorfinden, nicht außer acht gelassen werden darf, ist selbstverständlich[26, 27]. Durch präzises Zusammenarbeiten des Urgeschichtsforschers mit dem Paläofloristen, dem -zoologen und dem Pollenanalytiker, dem auch die Erforschung der Moorstratigraphie obliegt, kann der von Ort zu Ort variierende Fragenkomplex, der das urgeschichtliche Siedlungsland betrifft, am ehesten zu einer befriedigenden Lösung gebracht werden[2, 30].

Am Breitsee ist, wie wir nachher sehen werden, nur der zweite Teil der Waldgeschichte aufgezeichnet, denn die Torfbildung begann spät, und es fehlen demzufolge die Schichten, die Aufschluß über die ersten Waldphasen geben könnten. Aus diesem Grunde sind auch die basalen Partien des Pollendiagramms ausgefallen. Um aber doch ein lückenloses Bild von der gesamten nacheiszeitlichen Waldentwicklung geben zu können, müssen die Untersuchungsergebnisse aus anderweitigen Moorgebieten herangezogen werden. Es darf dies ohne großes Bedenken geschehen, denn namentlich die allerersten Waldphasen stimmen für entsprechende Höhenlagen in großen Gebieten Mitteleuropas gut miteinander überein[32]. Unterschiede zeigen sich erst in den jüngern Spektren.

Im schweizerischen Mittellande[19] und im angrenzenden badischen Bodenseegebiet[39, 40] hat sich die Waldgeschichte im großen und ganzen bis zum Schlusse sehr einheitlich abgespielt, gegenüber dem Schwarzwald ergeben sich einige Abweichungen[4], was in Anbetracht der verschiedenen Höhenlagen leicht erklärlich ist. Nach den Untersuchungen von Keller lassen sich im schweizerischen Flachlande auf pollenanalytischem Wege folgende Waldperioden feststellen:

1. Birkenzeit: Diese wurde hauptsächlich durch unsere heutigen beiden Birkenarten, denen Weiden beigemischt waren, repräsentiert. Ihr ging die Dryaszeit voraus, charakterisiert durch eine Moos- und Strauchtundra, ohne jeglichen Baumwuchs, mit Dryas octopetala als Leitpflanze.

2. Föhrenzeit: Birken und Weiden gingen rasch zurück und an ihre Stelle trat die Kiefer, die bis gegen 100 % des Pollens lieferte und infolgedessen eine gewaltige Verbreitung gehabt haben mußte. Am Hallwilersee fand ich als Maximum 99,1 %[13].

3. Haselzeit: Sie ist durch die Dominanz der Hasel charakterisiert, die vielfach, ähnlich wie vorher die Föhre, beinahe reine Bestände gebildet haben muß. Freilich beherrschte sie das Feld doch nicht ganz so unumschränkt wie jene. Das Klima war nämlich inzwischen wärmer geworden und mit der Hasel fast gleichzeitig erschienen auch andere wärmeliebende Gehölze, z. B. die Komponenten des Eichenmischwaldes (Ulme, Linde, Eiche), ferner Erle.

4. Eichenmischwaldzeit: Diese steht mit der Haselperiode insofern in sehr enger Beziehung, als die Hasel, wie aus dem häufigen Vorkommen ihres Pollens geschlossen werden darf, auch im Eichenmischwald als Unter- und Zwischenholz noch recht häufig vorgekommen sein muß. Ulme, Linde und Eiche sind lichtbedürftige Baumarten, die keinen eng geschlossenen Hochwald bildeten und somit genügend Platz für größere Haselbestände frei ließen. In ihrem Auftreten ist eine zeitliche Staffelung erkennbar und zwar in dem Sinne, daß die Eiche ihre maximale Ausbreitung fast immer nach Linde und Ulme erreichte.

Diese kurze Schilderung des ersten Abschnittes der nacheiszeitlichen Waldgeschichte mußte vorausgeschickt werden,

um die Grundlagen für ein besseres Verständnis für das nun einsetzende Pollendiagramm vom Breitsee zu schaffen.

Als Ergänzung seien noch einige chronologische Notizen beigefügt, die von allgemeinem Interesse sein dürften. Auf dem Gebiete der Schweiz sind für die genannten Waldperioden leider nur sehr spärliche Anhaltspunkte vorhanden. Einzig von der Siedlung im «Moosbühl» (Gemeinde Moosseedorf, Kt. Bern), deren mesolithisches Alter als gesichert gelten darf[43, 44], fand Keller[19] für die Kulturschicht ein Haselmaximum, welcher Befund mit demjenigen Bertschs für eine gleichaltrige Siedlung am Federsee in Oberschwaben gut übereinstimmt. Im Federseegebiet gelang auch der Nachweis, daß das Hochmagdalénien in die baumlose Tundrazeit anzusetzen ist. Das Spätmagdalénien und das ältere Mesolithikum bleiben dann für die Birken- bezw. Föhrenperiode reserviert. Der Hauptteil des Mesolithikums aber fällt in die Zeit der Hasel und des ersten Abschnittes der Eichenmischwaldphase. Der zweite Teil der letztern reicht in der Schweiz bis ins Vollneolithikum hinein. Fürs Spätneolithikum und die Bronzezeit sind Buche und Tanne die tonangebenden Waldbäume.

Das Pollendiagramm des Breitsees (Abb. 6).

Es wird bei Besprechung der Ergebnisse der pollenanalytischen Untersuchung nötig sein, ausgiebig die Befunde aus den benachbarten Gebieten zum Vergleich heranzuziehen, so diejenigen des Schwarzwaldes, des Bodenseegebietes und des schweizerischen Mittellandes. Gewisse Eigentümlichkeiten des Breitseediagramms können im Rahmen eines Gesamtbildes besser geklärt werden.

Offensichtlich fehlen Birken- und Kiefernphase in unserem Pollendiagramm gänzlich. Die gefundenen Prozente dokumentieren sehr schwache Präsenz oder gar Fehlen von Birke und Föhre im Wald zur Zeit der Torfbildung. Sie scheiden demzufolge ohne weiteres aus der Diskussion aus. Ähnliches gilt auch von der Hasel, deren Pollen zwar reichlicher vorhanden ist. In Probe 13 erreicht sie 24 %. Hiebei handelt es sich um einen schwachen sekundären Gipfel, der aber keineswegs der vorerwähnten Haselzeit entspricht, denn diese ist bedeutend

früher anzusetzen, und zwar lange bevor Tanne und Buche eine maßgebende Rolle im Waldbild spielten, sogar noch vor der Eichenmischwaldzeit.

Tabelle I.

Pollentabelle vom Breitsee.

Tiefe	Birke	Föhre	Weide	Hasel	Ulme	Linde	Eiche	Erle	Tanne	Buche	Esche	Weißbuche	Fichte	Gezählte Pollen**	Eichen-mischwald	Pollen-frequenz	Nr. der Probe
cm	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%		%		
16	6	4	1	38	1	—	16	23	4	37	—	2	5	207	17	551	1
30	4	14	0,3	22	0,3	—	17	20	9	25	0,3	3	7	257	17,3	404	2
43	9	3	—	25	0,4	—	10	25	12	35	—	2	3	235	10,4	756	3
25*	1	1	0,4	16	3	6	13	9	38	27	0,1	—	2	1181	22	423	4
30*	4	1	1	23	2	3	21	18	31	17	—	—	2	432	26	164	5
53	—	3	2	9	5	14	33	3	26	13	—	—	1	179	52	100	6
59	—	4	2	6	2	25	41	1	14	8	1	—	1	165	68	54	7
64	1	4	—	10	6	19	55	4	7	5	—	—	—	165	80	127	8
68	1	—	2	12	2	19	56	5	7	8	—	—	—	100	77	69	9
72	—	3	—	7	2	15	69	2	6	2	—	—	1	731	86	75	10
74	0,3	3	—	11	4	12	67	4	5	4	—	—	1	281	83	47	11
77	—	1	1	14	2	17	57	1	14	8	—	—	—	109	76	19	12
80	5	4	—	24	1	13	45	8	7	13	0,5	0,5	2	192	59	36	13
81	3	7	2	16	1	29	18	15	7	13	1	2	1	99	48	6	14
90	—	3	—	8	—	74	15	1	7	—	—	—	—	130	89	7	15

** Ohne Hasel.

Anmerkung: Die Kolonne Pollenfrequenz enthält die Zahl der Pollen pro 1 cm² Fläche eines Präparates. Es muß dabei berücksichtigt werden, daß auch bei größter Sorgfalt nie alle Präparate gleich dick werden, und daß also schon aus diesem Grunde die Frequenzzahlen schwanken müssen. Trotzdem ist aber deutlich zu erkennen, daß die obern Torfschichten viel pollenreicher sind als die untern.

Unser Diagramm setzt zu einer Zeit ein, da der *Eichenmischwald* (Emw.) so ziemlich unumschränkt das Waldbild beherrschte. In seiner typischen Ausbildung ist er aus Ulmen, Linden und Eichen in den verschiedensten Mengenverhältnissen

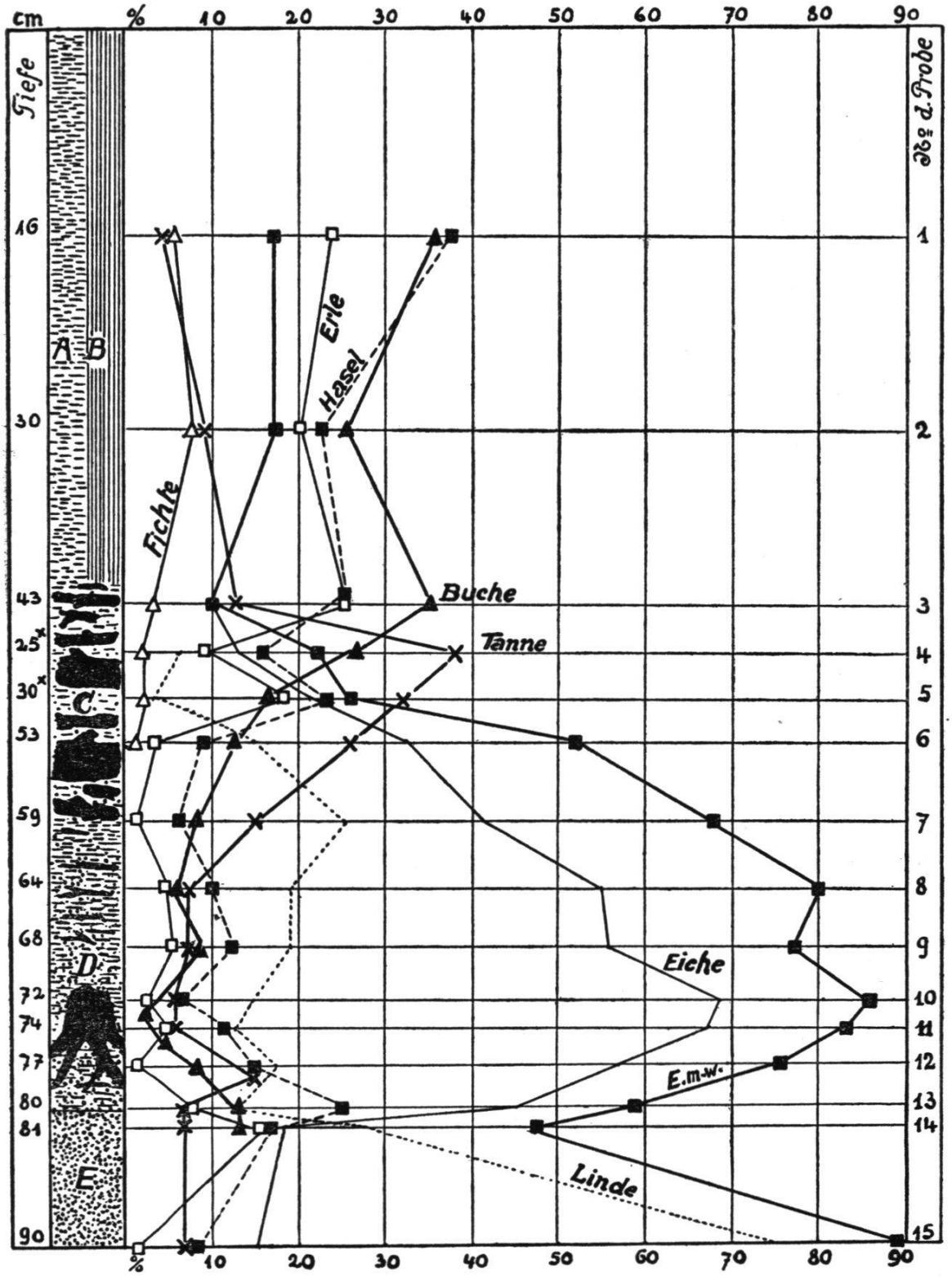


Abb. 6. Pollendiagramm vom „Breitsee".

A = Seggentorf. B = Sphagnumtorf. C = Holztorf. D = Seggentorf. E = Löß.

zusammengesetzt. In unserem heutigen Waldbild ist er aber nirgends mehr zu finden; Linde und Ulme sind stark zurückgedrängt. Schmid[36] erwähnt Eichen-Linden-Mischwald (also ohne Ulme) für die obern Reußtäler bis 1000 m ü. M. Die unterste Torfschicht lieferte bereits 45 % Eiche, daneben 1 % Ulme und 13 % Linde. Die Eichenmischwaldkurve steigt nun nach oben steil an und erreicht in einem nur um 8 cm höher gelegenen Spektrum ein Maximum von 86 %. Dieser Anstieg fällt aber fast ganz auf das Konto der Eiche, deren Prozente von 45 auf 69 anwachsen.

Meine ersten Analysen beschränkten sich nur auf den Torf, also auf die Proben von Nr. 13 an aufwärts. Dabei fiel mir die schwache Frequenz der *Linde* auf. Wohl weist sie weiter oben einen maximalen Wert von 25 % auf, allein mit Rücksicht auf die stellenweise sehr hohen Werte, die Stark am Bodensee (Max. 64 %) und Broche im Schwarzwald (Max. 58 %) fanden, schien mir das zu wenig zu sein. Ich wurde in meiner Ansicht noch durch die Tatsache bestärkt, daß hauptsächlich am Bodensee, gelegentlich aber auch im Schwarzwald, die Linde höhere Maxima aufweist als die Eiche. Vom Moor Zweiseenblick im Feldberggebiet (1280 m) schreibt Broche[4] (S. 84): «Für die Zusammensetzung des Emw. ist besonders bemerkenswert, daß die Linde die unbedingte Führung inne hat und in allen Proben weit über der Eiche dominiert (Verhältnis Eiche zu Linde = 42 : 169), was in dieser Höhenlage sehr vielsagend ist.» Im Mittelland trat die Linde allerdings nirgends so häufig auf. So erreichte sie in 6 Mooren, die sich über die Kantone Thurgau, Zürich, Aargau und Zug verteilen, nur ein einziges Mal mit einem Maximum von 22 %, meistens liegen ihre Höchstbeträge bedeutend tiefer. Zu bemerken ist noch, daß es fast immer die Eiche ist, die als letzte ihren Gipfelwert erreichte. Die 25 % Linde im Spektrum 7 konnten also nicht als Lindenmaximum bewertet werden. Das eigentliche Maximum liegt erfahrungsgemäß tiefer. Allerdings begegnet uns gelegentlich doch auch die umgekehrte Reihenfolge. So erreicht in drei Schwarzwaldmooren die Linde nach der Eiche ihr Maximum und in einem gleichzeitig mit ihr[4]. Am Hallwilersee konstatierte ich ebenfalls Gleichzeitigkeit[13].

Die Analyse der beiden Lößproben brachte dann die Auf-

klärung. Schon die Probe 14 ergab bereits 29 %, Linde und die nächst tiefere sogar 74 %. Was die Pollenzahl der Proben 14 und 15 anbetrifft, so sind sie zwar mit Rücksicht auf die geringe Erfahrung, die man über die Erhaltung des Pollens in Löß hat, etwas zu klein, um daraus absolut bindende Schlüsse ziehen zu dürfen. Wie die nebenstehende Tabelle aber zeigt, ist die Dominanz der Linde bei 15 durchwegs und bei 14 mit drei Ausnahmen in allen Präparaten ausgeprägt, namentlich bei Probe 15 ist dies der Fall. Möglicherweise spielt die verschiedene Widerstandsfähigkeit der Pollen eine Rolle. Im allgemeinen hatte ich den Eindruck, daß der Pollen von Eiche stärker korrodiert war als derjenige der Linde. Die große Differenz der Eichenprozente zwischen den Proben 13 und 14, bezw. der starke Knick der Eichenkurve bei 14, läßt tatsächlich die Vermutung zu, daß ein Teil des Eichenpollens im Löß zerstört worden sei.

Tabelle II.

Pollenzahlen aus dem Löß vom „Breitsee".

Nr. des Präp.	Birke	Föhre	Weide	Hasel	Ulme	Linde	Eiche	Erle	Tanne	Buche	Esche	Weißbuche	Fichte
1	—	—	—	—	—	4	—	3	—	1	—	—	—
2	—	—	—	3	—	5	2	2	2	3	—	—	1
3	1	1	1	3	—	2	3	—	2	3	—	—	—
4	—	1	—	5	1	3	3	4	1	2	—	1	—
5	1	—	—	4	—	5	6	2	1	1	1	1	—
6	1	5	1	1	—	10	4	4	1	3	—	—	—

Probe 14

1	—	3	—	2	—	10	6	—	5	—	—	—	—
2	—	—	—	1	—	4	1	—	1	—	—	—	—
3	—	—	—	1	—	3	2	—	1	—	—	—	—
4	—	1	—	5	—	50	7	1	—	—	—	—	—
5	—	—	—	—	—	8	2	—	1	—	—	—	—
6	—	—	—	1	—	21	2	—	1	—	—	—	—

Probe 15

Über die Präparate vom Löß aus Probe 15 sei bemerkt, daß drei verschiedene Feinschlammproben analysiert wurden. Von der ersten stammen die Präparate Nr. 1, 2, 3, von der zweiten Nr. 4, und von der dritten Nr. 5 und 6. Die Feinschlammproben ihrerseits stammen von zwei verschiedenen Lößstücken. Bei Präparat Nr. 4 ist die Dominanz der Linde sehr stark ausgeprägt und wohl auf eine zufällige Anhäufung von Pollen zurückzuführen. Die Annahme Hesmers[17], daß der Blütenstaub der Linde gelegentlich zu Klümpchen vereinigt, sedimentiert würde, die erst bei der Behandlung mit den Reagentien zerfielen, hat vieles für sich.

Aus diesen beiden Gründen ist vermutlich die Linde überrepräsentiert. Es darf aber doch angenommen werden, daß sie im damaligen Waldbilde deutlich dominiert habe. Die vermutete Ähnlichkeit mit dem Schwarzwald- und dem Bodenseegebiet ist also tatsächlich vorhanden. Der relativ hohe Wert von 25 % in Probe 7 muß also als sekundärer Gipfel betrachtet werden.

Merkwürdig erscheint auf den ersten Blick das Minimum der Eichenmischwaldkurve bei 14. Es hat seine Ursache in der Zunahme der Prozente von Birke, Föhre, Erle, Buche, Weide und Weißbuche. Ähnliches gilt auch für die Spektren 13 und 12. Erle, Buche und Tanne weisen hier abwechslungsweise höhere Prozente auf als in den nächst obern Proben. Erst am Schlusse des Diagramms steigen die Kurven dieser Bäume zu deutlichen Maxima an.

Substituieren wir diese nur vorübergehend auftretenden Mehrbeträge durch Eichenprozente, so weist die Eichenmischwaldkurve einen ziemlich kontinuierlichen Verlauf auf. Im übrigen fügen sich die maximalen Werte derselben gut in den Rahmen der pollenanalytischen Befunde in der Schweiz und in den benachbarten Gebieten Deutschlands. Stark[40] fand in zehn Bodenseemooren zwischen 66 % und 77 % Eichenmischwald und Broche im Schwarzwald zweimal sogar 80 %. Fürs schweizerische Mittelland gibt Keller den größten Betrag mit 87 % beim Krutzelried bei Schwerzenbach (Kt. Zürich, 450 m ü. M.) und den niedrigsten beim Pfahlbau «Riesi» am Hallwilersee (452 m ü. M.) mit 46 %. Nach meinen Untersuchungen[13] ist aber an letzterem Orte das eigentliche Maximum mit 65 %

viel weiter unten zu suchen, nämlich zwischen 12 m und 13 m Tiefe, wobei der Verlauf der Kurve noch auf einen höhern Wert etwa bei 12,5 m schließen läßt. Immerhin muß darauf hingewiesen werden, daß beim Breitsee die Eichenmischwaldprozente einseitig zusammengesetzt sind. Einmal scheidet die Ulme ganz aus, und zum andern ist im Löß die Linde, und im darüber liegenden Seggentorf die Eiche sehr stark überwiegend.

Überragende Werte weist am Breitsee die *Eiche* auf, indem sie sich von 15 % bei Probe 15 auf 69 % bei Probe 10 aufschwingt. Dabei kann es sich nicht um einen Zufallswert handeln. Der überaus regelmäßige An- und Abstieg der Kurve spricht entschieden gegen eine solche Annahme. Hingegen spielt der lokale Einfluß sicher eine gewisse Rolle. So fand ich in verschiedenen Proben Eichenzweige, ferner auch Pollenanhäufungen, so z. B. eine aus 15 Pollen bestehend in einem Präparat aus Probe 7, dann vier solche von bezw. 3, 4, 4, und 8 Pollen in Probe 10. (Jedes Aggregat wurde als e i n Pollen gezählt). Eichen hatten, nach den makroskopischen Funden zu schließen, den Breitsee selber bestockt, wodurch diese Baumart in den Torfspektren bis zum Holztorf überrepräsentiert ist. Stark[40] fand als höchsten Eichenwert beim Böhringer See 52 %, den er nicht als überrepräsentiert aber doch als «selten hohen Wert» bezeichnet. Broche[4] führt für Erlenbruck II 48 % und beim Scheibenlechtenmoos 42 % Eiche an. Gestützt auf diese Angaben müssen die Eichenwerte beim Breitsee für den untern Seggentorf, also in der eigentlichen Eichenmischwaldphase, um einige Prozente reduziert werden. Korrelativ dazu müssen wir aber die Prozentwerte der andern Baumarten etwas erhöhen und zwar im Verhältnis ihrer eigenen Prozentzahlen. Es ergibt sich daraus, daß der Verlauf aller Kurven, mit Ausnahme derjenigen der Linde, kaum nennenswerte Abweichungen erfahren, so daß das vorliegende Diagramm die tatsächlichen Waldverhältnisse ziemlich genau darstellt.

Anderseits sei aber auch darauf hingewiesen, daß die Entfernung zwischen der Stelle, an der die Proben entnommen wurden, und dem benachbarten Mineralboden nur etwa 15 m beträgt. Die nicht moorbewohnenden Bäume, wie Linde, Tanne und Buche waren deshalb gegenüber der Eiche nicht stark benachteiligt. Darin mag der Grund zu suchen sein, daß die

Linde bei beginnendem Abstieg der Eiche nochmals den hohen Wert von 25 % erreicht. Bemerkenswert ist, daß in den obern Horizonten von den Komponenten des Eichenmischwaldes nur noch die Eiche übrig geblieben ist, die sich in den zwei obersten Spektren auf den hohen Werten von 17 %, bezw. 16 % zu halten vermag. Da ganz Ähnliches auch für das Bodenseegebiet und den Schwarzwald nachgewiesen ist, so ist die Möglichkeit vorhanden, daß es sich hiebei nicht bloß um die Wirkung edaphischer Faktoren, sondern um eine mehr allgemeine Erscheinung handle.

Die dritte Komponente des Eichenmischwaldes, die *Ulme,* erreicht in allen Horizonten äußerst geringe Prozente. Sie muß im Waldbilde eine sehr bescheidene Rolle gespielt haben. Nach dem reichlichen Vorkommen ihres Pollens am Zugersee[14], wo sie maximal 34 % aufwies und am Hallwilersee mit 39 %,[13], fiel mir auch diese Verschiedenheit sofort auf. Bei der Durchsicht der einschlägigen Literatur (leider fehlen vielfach die Pollentabellen, so daß man die Anteile der einzelnen Komponenten des Emw. nicht kennt) zeigte es ich aber, daß es sich dabei nicht um ein abnormales Verhalten zu handeln braucht. Am Mindelsee fand Stark[40] ein Maximum von 44 %, im schroffen Gegensatz dazu fehlt die Ulme in einigen Profilen des Torfmoores bei Reitern sogar ganz und weist anderwärts ganz geringe Werte auf. Die übrigen Maxima liegen meistens zwischen 10 und 30 %. Im Südschwarzwald[4] ist sie durchschnittlich bedeutend schwächer vertreten als am Bodensee. Broche führt für Breitnau einen maximalen Wert von 16 % und für das Scheibenlechtenmoos 19 % an. In den fünf beigefügten Pollentabellen ist dies der höchste Wert. Von den 5710 Pollen des Eichenmischwaldes, die er im Schwarzwald zählte, gehörten 2 600 der Linde, 2 480 der Eiche und nur 630 der Ulme an. Daraus geht deutlich die Dominanz der Linde und die starke Unterlegenheit der Ulme hervor. Im Gegensatz dazu dominierte am Zugersee die Ulme durchwegs über die Linde[14]. Die Gipfelwerte verhalten sich wie 34 : 13, was den Verhältniswert 2,6 ergibt. Am Hallwilersee ist die Dominanz nicht ganz so stark ausgeprägt, das bezügliche Verhältnis ist 39 : 22 = 1,8. Ob beim Breitsee der Ulme immer, also auch vor der Torfbildung, diese untergeordnete Rolle zukam, läßt sich nicht

beurteilen. Das absolute Fehlen von Ulmenpollen bei 15 könnte allerdings als Folge einer Ulmenarmut gedeutet werden. Da aber die Korrosion bei einzelnen Pollenarten weit fortgeschritten ist, muß auch mit der Möglichkeit gerechnet werden, daß die wenigen Körner der Ulme zerstört worden waren. Es darf auch nicht übersehen werden, daß die Ulme am Bodensee ihr Maximum mit wenigen Ausnahmen vor Linde und Eiche erreicht. Wo die Ulme fehlt, tritt die Linde an ihre Stelle. Ganz ähnlich liegen die Verhältnisse im Schwarzwald. Beim Breitsee könnte also ein höherer Wert im fehlenden basalen Teil des Diagramms vermutet werden.

Trotz dem leichten Anstieg der Lindenkurve von 12 % bei Probe 11 auf 25 %, bei 7 sinkt die Eichenmischwaldkurve schon von 8 an beständig und ziemlich gleichmäßig bis 3. Die Dominanz des Eichenmischwaldes hörte auf. Die führende Rolle im Waldbilde wurde von andern Bäumen übernommen. Es waren dies *Tanne, Erle* und *Buche.* Ihr Pollen wurde schon in tiefern Horizonten, z. T. sogar im Löß festgestellt. Nach einem kurzen und etwas abnormalen Anstieg im untersten Teil des Diagramms sinken ihre Prozente aber bald wieder auf geringe Beträge hinunter. Besonders schwach ist die Erle vertreten, mit Ausnahme des Wertes bei Probe 14. Von Horizont 8 an ändert sich aber das Bild gründlich. Tanne und Buche erheben sich konform zu Gipfelwerten von 38 % bezw. 35 %. Bevor wir den weitern Kurvenverlauf erörtern, muß einiges über die Spektren 4 und 5 bemerkt werden. Diese beiden sind interpoliert. Sie stammen von zwei andern Profilen her, deren Mächtigkeit 75 cm und 62 cm war. Die Entfernung der beiden unter sich und vom Hauptprofil beträgt je genau 2 m. Beide wiesen über dem Waldtorf Sphagnumtorf auf. Die verschiedenen Torffacies wurden bereits oben erwähnt. Ich sammelte diese beiden Proben erst, nachdem alle übrigen bereits analysiert waren. Diese selber wollte ich bloß zu Kontrollproben und zur Untersuchung auf anderweitige Fossilien benützen. Ich hoffte gleichzeitig auch, Beobachtungen über den Erhaltungszustand der verschiedenen Pollenarten in den beiden Facies machen zu können. Makroskopisch schien mir der Sphagnumtorf etwas weniger zersetzt zu sein als der Seggentorf. Als die beiden Proben analysiert waren, zeigte es sich, daß ihre Spektren

sich zwanglos mit den übrigen verknüpfen ließen. Chronologisch gehören sie zwischen die Proben aus 43 cm und 53 cm Tiefe. Die Kurven von Buche und Eiche waren bei der Einordnung wegleitend. Diese erfuhren durch die interpolierten Werte nicht die geringste Ablenkung. Für die Tanne wurden in diesen Proben zwei höhere Werte gefunden. Mit ihrem Maximum von 38 % rückt sie jetzt deutlich aus dem Bereiche der Eichenmischwaldkurve heraus, immerhin aber nur für ganz kurze Zeit. Rasch sinken ihre Prozente wieder, und im obersten Spektrum ist sie nur noch mit 4 % repräsentiert. Höhere Proben zu analysieren hielt ich für zwecklos, da die obersten Torfschichten durch die früheren forstlichen Arbeiten ziemlich sicher doch verunreinigt und vermischt worden waren.

Die hohen Werte wie im Schwarzwald erreicht die Tanne hier bei weitem nicht. Dort liegen in den meisten Mooren die Maxima über 70 %, einige sogar über 80 %. Diesen Tannenreichtum des Schwarzwaldes begründet Broche mit den großen Niederschlagsmengen, es handelt sich dort um das regenreichste Gebiet Deutschlands mit durchschnittlich 1 000 mm Niederschlagsmenge in den untern Lagen und 1 600 mm für das höher gelegene Feldberggebiet[4]. Das Möhliner Feld ist niederschlagsärmer. Die Isohyete 950 mm verläuft ziemlich genau durch das Breitseegebiet.

In einer ganzen Anzahl von Schwarzwaldmooren finden wir aber auch z. T. recht stark sinkende Tannenkurven, z. B. Erlenbruck bis 9 %, Scheibenlechtenmoos 12 %, Horbach 15 %, Breitnau-West 11 %. Den niedrigsten Wert fand Broche[4] in der mehr kontinental getönten Baar mit nur 5 %. Die Ursache des Sinkens ist beim Breitsee aber nicht wie dort im Ansteigen der Pinus- bezw. Fichtenkurve zu suchen, vielmehr sind es Buche, Erle und Eiche, die substituieren.

Die Buchenkurve zeigt einen ganz ähnlichen Anstieg wie die Tannenkurve. Ihr Gipfel liegt mit 35 % nur unwesentlich unter demjenigen der Tanne. Im weitern Verlauf behält die Buche nun beständig hohe Prozente bei und ist in der obersten Probe mit einem neun Mal größern Werte repräsentiert als die Tanne. Sie erreicht hier sogar ein zweites noch größeres Maximum von 37 %. Furrer[10] führt für den Katzensee unter Mitberechnung der Hasel ein Maximum von 40 % an, was unter

Ausschluß derselben 43 % ausmacht. Die maximalen Werte, die Keller[19] im Mittelland feststellte, schwanken zwischen 38 % und 56 %. Am Bodensee sind sie nach Stark[40] außerordentlich ungleich. Je einmal kommt 75 %, 63 %, und 53 % vor, gelegentlich kann die Buche aber auch sehr schwach vertreten sein, z. B. im Gehrenmoos I, wo sie mit einem Maximum von nur 27 %, ausgewiesen ist. Ein höherer Wert kann dort keinesfalls erwartet werden, denn die Proben sind in engen Intervallen von nur 1 cm entnommen. Im Gebiet von St. Blasien fand Broche 24 %, im Schluchseemoor 45 %, im Simonsmoor, in nächster Nähe des vorigen aber wieder nur 16 %. Im zweitgenannten dominiert die Buche in den Endabschnitten des Diagramms mit 22 % über die Tanne, noch ausgesprochener, mit 31 %, ist dies der Fall in einem Moor bei Bernau-Eck und im Scheibenlechtenmoos mit 48 %. Als Allgemeinbild für die Waldgeschichte des Schwarzwaldgebietes gilt die Erscheinung, daß anfänglich die Buche zugunsten der Tanne noch zurücktrat, nach dem Tannenmaximum aber stetig zunahm und sogar zeitweise in einzelnen Mooren die Führung inne hatte.

In dieser letzten Waldphase spielt nun beim Breitsee auch die Erle eine gewisse Rolle, nachdem sie bis jetzt mit einer einzigen Ausnahme bei 14 nur ganz niedrige Prozente aufgewiesen hat. Mit Hasel, Buche und Tanne steigt sie von Probe 6 an ziemlich rasch bis zu 26 %; sie nahm mit den genannten Bäumen den von Eiche und Linde freigegebenen Platz ein. Das Waldbild, wie es durch das oberste Spektrum illustriert wird, dürfte Buchen in stark überwiegender Menge enthalten haben, daneben kamen Eiche und Erle zu ungefähr gleichen Teilen vor. Die Erle zeigte auch im Schwarzwald in der Tan-, nen-, Buchen-Zeit leichte Gipfelwerte, z. B. bei Bernau-Eck, dann im Horbacher Moor bei St. Blasien. Die Werte, die sie am Breitsee erreichte, sind etwas größer als diejenigen des Schwarzwaldes, aber doch bei weitem nicht so groß, wie sie Stark für das Bodenseegebiet fand.

Was den Endabschnitt der Haselkurve betrifft, so ist das Ansteigen derselben vielleicht doch nicht rein lokaler Natur, sondern eine mehr allgemeine Erscheinung dieses Gebietes. So zeigt das Horbacher Moor bei St. Blasien einen sekundären

Gipfel von 34 %. Als Unterholz muß sie also um den Breitsee herum ziemlich häufig vorgekommen sein.

Von einem Charakterbaum des heutigen Möhliner Forstes, der *Fichte,* ist bis jetzt noch gar nie die Rede gewesen. Ihr Pollen war in allen untersuchten Proben außerordentlich spärlich, fehlte teilweise sogar vollständig. Eine leichte Zunahme ist in den drei obersten Spektren zu beobachten. Noch höhere, ungestörte Torfhorizonte würden zweifellos größere Fichtenwerte ergeben haben. Der angedeutete Kurvenverlauf für Fichte ist eine Erscheinung wie sie uns überall in dieser Höhenlage begegnet. Es handelt sich dabei um den Übergang zum rezenten Waldbild, das stark unter meschlichem Einfluß steht, der der Fichte durch künstliche Maßnahmen eine dominierende Stellung verschaffte. Die vereinzelten Prozente in den untern Horizonten rühren offenbar von Ferntransport her, denn das Feldberggebiet wies schon sehr frühe einen ziemlich starken Fichtenbestand auf, während der Wald aus der niedriger gelegenen Gegend von St. Blasien und dem Schluchsee in seiner Zusammensetzung mehr Ähnlichkeit mit demjenigen des Breitseegebietes hatte.

In recht bescheidener Menge fand ich den Pollen von *Föhre, Weißbuche* und *Esche.* Die Kurven derselben wurden nicht ins Diagramm aufgenommen, da diese Baumarten im Waldbilde sicherlich keine große Rolle spielten.

Die Ergebnisse können folgendermaßen zusammengefaßt werden:

Die erste Waldphase, die durch die Pollenanalyse erfaßt werden konnte, ist diejenige des Eichenmischwaldes, allerdings ist nur deren oberer Abschnitt nachweisbar, was aus der rasch abfallenden Lindenkurve und der schon guten Frequenz der Buche bei Probe 14 geschlossen werden darf. Anfänglich war die Linde sehr reichlich vertreten, während die Eiche stark zurücktrat und die Ulme fast ganz fehlte. Es handelte sich also um einen Linden-Eichen-Mischwald mit ausgesprochener Vorherrschaft der Linde. Im Lindenmaximum beträgt der Quotient L : EQ = 4,1. Zur Zeit als die Torfbildung einsetzte, wechselten die beiden ihre Rollen; die Eiche wurde häufiger, ihr höchstes Pollenprozent erreicht fast dasjenige der Linde, und der Quo-

tient L: E ist 0,2. Hier handelte es sich um einen Eichen-Linden-Mischwald.

Bereits zur Lindenzeit kamen ferner Erle und Tanne eingesprengt vor. Kurz nachher trat auch die Buche bestandbildend auf. Freilich spielten alle drei noch auf längere Zeit keine große Bedeutung. Nur vorübergehend, und zwar beim Übergang vom Löß zum Torf waren sie im Waldbild mit etwas höhern Prozenten im Waldbild präsentiert.

Mit Spektrum 7 machen sich die Anfänge einer weitern gründlichen Änderung im Waldbilde geltend. Tanne und Buche nahmen an Zahl zu, zwar nicht so rasch wie seiner Zeit die Eiche, aber doch stetig. Dementsprechend ging die Herrschaft des Eichenmischwaldes zu Ende. Zunächst wurde sie von der Tanne übernommen. Die Tannenphase war aber nicht sehr typisch ausgebildet, sie dauerte nur kurze Zeit, denn Buche und Eiche, namentlich erstere, kamen in ziemlich großer Menge vor. Im Endabschnitt der Waldgeschichte dominierte die Buche ausgesprochen. Bemerkenswert ist, daß sich aber auch die Eiche immer noch zu halten vermochte, dagegen verschwand die Tanne nach und nach fast ganz. Die Erle, die ihren Aufstieg mit Tanne und Buche angetreten hatte, kam nun ebenfalls zu etwelcher Geltung.

Das Pollendiagramm erschloß somit folgende Waldphasen:
1. Eichenmischwald (ohne Ulme),
2. Tannen-Buchen-Wald mit Eichen,
3. Buchenwald mit Eichen und Erlen.

In der Baumfolge ist also Übereinstimmung mit dem Schwarzwald zu konstatieren. Es betrifft dies hauptsächlich das Auftreten des Tannenmaximums vor dem Buchenmaximum. Wenn man die Höhendifferenz zwischen Schwarzwald und Breitsee berücksichtigt, so sind die Abweichungen in der Tannenkurve, vor allem die geringere Frequenz der Tanne, die mehr Gebirgsbaum ist, verständlich. Für die hohen Buchenprozente im Endabschnitt des Diagramms lassen sich im Schwarzwalde ebenfalls Analoga finden. Bezüglich der Linde weist der Breitsee größere Ähnlichkeit mit dem Schwarzwald und dem Bodenseegebiet auf als mit dem schweizerischen Mittellande.

Die letzte durch die Pollenanalyse erfaßte Waldphase ist grundverschieden vom rezenten, künstlichen Waldbild der allernächsten Umgebung. Der Unter- und Oberforst weisen heute nur Tannen- und Fichtenbestände auf. Mit dem Wald der benachbarten Jurahänge dagegen, mit seinen Buchenbeständen und den eingestreuten Eichen, ist eine gewisse Ähnlichkeit unverkennbar[46]. (Siehe Abb. 1.)

Der pollenanalytische Befund gestattet nun in Verbindung mit den moorgeologischen Untersuchungen noch einige weitere Schlüsse:

1. Der Kurvenverlauf des Pollendiagramms beweist, daß die oberste Lößschicht unter dem Torf recht jung ist, sie muß in der Mitte der Eichenmischwaldzeit entstanden sein. Es handelt sich hier somit um sekundär äolisch verlagerten Löß. Der in den obersten 10 cm Löß verhältnismäßig häufig vorkommende und gut erhaltene Pollen deutet auf langsamere Aufschüttung und größere Durchfeuchtung hin, welch letztere schließlich zur Versumpfung der Mulde und zur Torfbildung führte. Auf die gleichen Ursachen ist auch die nach oben zunehmende Menge der organischen Substanz im allgemeinen zurückzuführen.

2. Nicht jeder Löß darf zum vornherein als pollensteril betrachtet werden. Wenn auch in den meisten Fällen bezügliche Untersuchungen ein negatives Resultat zeitigen werden, so sollte man sie dennoch nicht unterlassen. Auch die übrigen pflanzlichen und tierischen Mikrofossilien verdienen alle Beachtung.

3. Die unterste Torfschicht, deren Bildung in die eigentliche Eichenphase fällt, enthält noch Löß, der von unten nach oben an Menge allmählich abnimmt und im Holztorfhorizont aufhört. Wir möchten diese Erscheinung sowohl auf feuchteres Klima als auch auf die allmählich etwas dichter gewordene Bewaldung zurückführen. Wir sehen im Pollendiagramm deutlich von Probe 8 an das Ansteigen von Tanne und Buche. Das sind die am wenigsten lichtbedürftigen Baumarten, die die dichtesten Bestände bilden und das Ausblasen von Löß zu verhindern vermochten.

4. Prinzipiell wichtig ist die Beantwortung der Frage:

Welches waren die primären Ursachen der Versumpfung der Mulde?

Dabei ist vor allem aus zu untersuchen, ob der im Norden abschließende Wall erst in der Eichenmischwaldzeit gebildet wurde, wodurch der bis dahin freie Abfluß des Wassers verhindert und so die Grundlage für eine Versumpfung geschaffen wurde, oder ob er älter sei.

Ist die Grundform des Breitsees in der Morphologie des Erratikums begründet, wie Vosseler annimmt, so ist ohne weiteres klar, daß nicht in erster Linie die Bodengestaltung Ursache der Versumpfung war, sondern eine Veränderung der klimatischen Verhältnisse, wie sie unten erörtert sind. Denn wäre ersteres der Fall gewesen, so müßten die untersten Torfschichten viel älter sein, sie müßten zum mindesten in der Birken- bezw. Föhrenzeit entstanden sein, also damals, als im benachbarten Schwarzwald in der Schweiz und am Bodensee in den von den Gletschern frei gewordenen Mulden die Torf- oder Seekreidebildung begann. Nur durch Mangel an genügender Feuchtigkeit wäre es zu erklären, daß beim Breitsee diese ältesten Schichten fehlen, denn es sind auch keine Anhaltspunkte dafür vorhanden, daß der Löß rasch zugeweht worden sei und so die Torfbildung verhindert hätte. Wenn wir nämlich von einer Moränenbedeckung der Hochterrasse ganz absehen, so kann die Lößmächtigkeit unter dem Torf im Maximum nur etwa 2 m betragen, was mit Rücksicht auf die lange Zeit, die zur Zuwehung zur Verfügung stand, sicher wenig ist. Im weiteren spricht der Umstand, daß, wie aus dem Pollendiagramm ersichtlich ist, in den obersten 10 cm Löß der ganze absteigende Ast der Lindenkurve enthalten ist, ebenfalls für langsame Ablagerung. Es ist also nicht wahrscheinlich, daß eine Sumpfvegetation durch den Löß erstickt worden wäre.

Da die vorhandenen geologischen Aufschlüsse aber nicht absolut eindeutig für eine solche Entstehung der Mulde sprechen, so sei auch die Möglichkeit einer spätern Bildung des Walles ins Auge gefaßt.

Er hat eine Sohlenbreite von ca. 100 m, während seine geringste Höhe 3,30 m beträgt. Diese große Menge Löß müßte hier zur Ablagerung gelangt sein, während es an der nur unweit entfernten Untersuchungsstelle (P in Abb. 2) total im

Maximum vielleicht 10 cm waren. (Es ist darunter der im Torf der zwei untern Schichten enthaltene reine Löß zu verstehen.) Eine so große Verschiedenheit in der Mächtigkeit der Ablagerungsmenge ist wohl kaum denkbar. Zweifellos müßte die Aufschüttung in der Mulde stärker gewesen sein als wie sie tatsächlich ist. Übrigens haben sich sicher die oben erwähnten veränderten Vegetationsverhältnisse zu Beginn der Torfbildung auch schon geltend gemacht. Es wäre doch schwer verständlich, wenn gerade zur Zeit der eher dichter gewordenen Bewaldung der Wall aufgeschüttet worden wäre.

Höchst wahrscheinlich ist der Wall in seinem ganzen Aufbau eine reine Lößbildung, sicher ist er lange vor Beginn der Versumpfung entstanden, weshalb er an dieser primär auch nicht schuld sein kann.

Die Ursachen der Versumpfung müssen also andere gewesen sein. Als solche kommen in Betracht: 1. Herabsetzung der Verdunstung, 2. vermehrte Wasserzufuhr durch einen Bach, eine Quelle oder durch reichlichere Niederschläge.

Eine geringere Verdunstung könnte durch dichtere Bewaldung des Gebietes bewirkt worden sein. Aus dem Pollendiagramm ist aber ersichtlich, daß Tanne und Buche, die wir dabei speziell berücksichtigen müssen, doch nur einen geringen Prozentsatz des Waldes ausgemacht haben können. Es handelte sich zu Beginn der Torfbildung um einen lichten Eichen-Lindenwald, dem wenig Buchen und noch weniger Tannen beigemischt waren, so daß eine starke und wirksame Schattenwirkung nicht vorhanden gewesen sein kann.

Anhaltspunkte für die Möglichkeit von Wasserzufuhr durch einen Bach oder eine Quelle sind keine vorhanden. Als Quellgebiet kommt das Plateau des Möhliner Feldes gar nicht in Betracht. Wir finden auf dem Lößgebiet tatsächlich auch nicht das kleinste Rinnsal oder Spuren eines Bachlaufes. In keinem einzigen der ältesten Pläne ist irgend etwas von einem Zufluß zu sehen.

So scheint die Annahme, daß die Ursache für den Beginn der Moorbildung in einer vermehrten Wasserzufuhr durch Niederschläge und somit auch die Postulierung einer klimatischen Änderung ungezwungen zu sein. Das atmosphärische Wasser, das in die Mulde fiel, sammelte sich auf deren Sohle,

stagnierte und schaffte die für Riedgräser günstigen Lebensbedingungen, womit die Torfbildung eingeleitet war.

Im Einklang mit diesen veränderten klimatischen Verhältnissen steht die rasche Abnahme der mehr kontinentales Klima bevorzugenden Linde in den Proben 15 bis 13.

Trotz den angeführten Gründen müßte es vielleicht aber doch als gewagt erscheinen, aus einem einzigen Moor einen so weitgehenden Schluß zu ziehen. Nun stimmt aber dieser Befund gut mit den Schlußfolgerungen über den postglazialen Klimawechsel zur Zeit der Eichenmischwaldphase überein, wie sie Stark[40] S. 217, Keller[19] S. 154 und Broche[4] S. 178 für ihre Untersuchungsgebiete aufgestellt haben. Auch sie nehmen an, daß das Klima im Verlaufe der Eichenmischwaldphase allmählich feuchter geworden sei. Die Schichtfolge Löß-Torf beim Breitsee entspringt also offenbar nicht lokalen Zufälligkeiten, sondern sie ist in einem Klimawechsel begründet.

Für die Bestimmung des Moortypus wirkt erschwerend, daß der Breitsee durch Entwässerung und nachträgliche künstliche Bewaldung seiner natürlichen Vegetation und Oberflächengestalt beraubt ist. Dagegen weist die Flora, wie sie vor der Entsumpfung existierte (siehe folg. Abschnitt), mit den sphagnicolen Drosera, Comarum, Carex pauciflora auf Hochmoor hin. Die heute noch vorkommenden Torfmoospolster sind die letzten Reste der ehemaligen Hochmoorflora. Der Schichtenaufbau beweist, daß daneben noch reine Seggenbestände existierten. Wie groß der Einfluß des von den Hängen der Mulde zufließenden Wassers auf die peripheren Pflanzenassoziationen war, kann jetzt nicht mehr festgestellt werden.

Nach dem genetischen Moortypensystem von L. v. Post[29] ist der Breitsee seiner ursprünglichen Anlage nach wohl zu den soligenen Mooren zu zählen, dessen Vegetation unter dem Einfluß des mineralhaltigen Wassers stund, das allseitig von den Hängen in die Mulde floß. In gleichem Maße aber, wie das Moor vertikal wuchs, verringerte sich auch dieser Einfluß. Dementsprechend traten die eu- und mesotrophen Pflanzenbestände immer mehr in den Hintergrund, wenigstens in den mittleren Partien. Bei ungestörter Entwicklung hätte schließlich ein rein ombrogenes Moor mit der charakteristischen kon-

vexen Oberfläche und einer typischen Hochmoorflora resultiert, dessen Wasserbedarf zum mindesten in den zentralen Teilen nur durch direkte Niederschläge gedeckt worden wäre.

Vom moorgeologischen und floristischen Standpunkt aus ist die Zerstörung des kleinen Moores, das vermutlich recht interessante Sukzessionsverhältnisse aufwies, höchst bedauerlich. Sein wissenschaftlicher Wert wäre besonders heute, wo ein Moor nach dem andern der Kultivierung anheim fällt, besonders groß.

Rezente Flora.

Durch die Trockenlegung und die damit in Verbindung stehende Bewaldung hat sich die rezente Flora begreiflich gründlich geändert und bietet heute nichts Interessantes mehr. Floristische Angaben über den Breitsee finden sich in den eingangs erwähnten Floren, wobei besonders diejenige von Lüscher aufschlußreich ist. Ihr sind die folgenden Angaben über die vor der Entwässerung existierende Moorvegetation entnommen.

Zu erwähnen sind Drosera rotundifolia L. und Comarum palustre L., beide von Wieland gesammelt und zwar erstere im Jahre 1822. Menyanthes trifoliata L. wird von verschiedenen Sammlern aus dem «Möhliner Wald» gemeldet. Mit ziemlicher Sicherheit darf angenommen werden, daß es sich bei dieser Fundortsangabe ebenfalls um den Breitsee handeln muß, denn eine andere Lokalität mit Lebensbedingungen, die für den Fieberklee passen würden, ist mir nicht bekannt geworden. An Monokotylen werden angeführt: Carex pauciflora Lightf., ebenfalls von Wieland 1822 gesammelt, dann C. echinata Murray, und C. canescens L., beide im Jahre 1818 von Pfarrer Müller gesammelt. Diese Pflanzen sind mit eindeutiger Standortsangabe versehen und befinden sich im Herbarium argoviense.* Für Juncus squarrosus L. lautet die Standortsbezeichnung etwas unklar auf «Forst bei Möhlin, kleine moorige Stelle nahe am Rhein». Dieser liegt allerdings ungefähr 1200 m vom Breitsee entfernt. Die Pflanze befand sich im ehemaligen Wieland'schen Herbarium und wurde wohl

* Nach freundlicher Mitteilung von Herrn Dr. S. Schwere, Aarau.

von Wieland selber gesammelt. Wir gehen kaum fehl, wenn wir mit der gleichen Begründung wie bei Menyanthes wiederum den Breitsee als Standort annehmen.

Von dieser subrezenten Hochmoorflora fand ich nichts mehr. Heute sind etwa vier Fünftel des Moores mit einem 50jährigen Fichtenbestand bewachsen, der stark unter Windbruch zu leiden hat. Eingestreut sind einige Weymouths- und Waldföhren. Daß die Austrocknung sehr weit fortgeschritten ist, beweist eine Pflanzung aus Rotbuchen von zirka 2 Meter Höhe, die sehr gut gedeihen. Eiche, Esche und Birke kommen nur in je ein oder zwei Exemplaren vor. Anflug von Fichte ist reichlich vorhanden, weniger dagegen von Bergahorn und sehr spärlich von Eiche. Die nächste Umgebung des Breitsees weist hauptsächlich Fichtenbestand auf.

Aus der Strauch- und Staudenflora sind vertreten: Majanthemum bifolium (L.) F. W. Schmidt, Rumex Acetosella L., Chrysosplenium alternifolium L. (Sohle des Entwässerungsgrabens auf Löß), Rubus idaeus L., Rubus spec., Oxalis Acetosella L., Circaea lutetiana L., Lysimachia Nummularia L., Stachys silvaticus L., Asperula odorata L., Sambucus nigra L., Solidago Virga-aurea L. Als einzige krautartige Pflanze sei erwähnt Polygonum Hydropiper L., die die Entwässerungsgräben besiedelt.

Ganz prächtig ist, wie übrigens in der ganzen nähern Umgebung, die Polypodiaceenflora entwickelt, allerdings weniger der Arten- als vielmehr der Individuenzahl nach. Am reichlichsten ist Dryopteris austriaca (Jacq.) H. Woynar vorhanden und zwar in den beiden Unterarten spinulosa (Müller) Schinz u. Thellung und dilatata (Hoffm.) Schinz u. Thellung. Zahlreich kommen ferner vor: D. Filix mas (L.) Schott und Athyrium Filix femina (L.) Roth und D. aculeata (L.) O. Kuntze, ssp. lobata (Hudson) Schinz u. Thellung (an den Hängen des Entwässerungsgrabens auf Löß). Von Polypodium vulgare L. fand ich nur ein einziges Exemplar. Der mikroskopische Befund der meisten Torfproben vom Tannenmaximum an abwärts inklusive Löß 90 cm ergab immer eine oder mehrere Sporen dieser Pflanze. In den jüngern Torfschichten fand ich aber keine mehr.

Nur vereinzelt kommen vor: Carex remota L., C. silvatica

Hudson, beide hauptsächlich an der Peripherie, im Bereiche des Mineralbodens, ferner Juncus effusus L. und Agrostis canina L.

Im oben erwähnten nordwestlichen Teil des Moores fand ich rezente Strünke von Fichte, sowie etwas künstlichen Jungwuchs von Esche und ziemlich viel Weißerlen in kleinern Gruppenbeständen. Dazwischen aber breiteten sich, es war dies sogar nach dem sehr trockenen Sommer 1929 der Fall, einige üppige Polster von Sphagnum aus, dann vereinzelte Kolonien von Molinia, ein deutlicher Hinweis, daß an dieser Stelle die Ursprünglichkeit noch am besten gewahrt ist. Es handelt sich hier um eine offene Assoziation von Sphagnum cymbifolium Ehrh. und Sph. cuspidatum Ehrh. mit Polytrichum formosum Hedw. und eingestreuter Molinia coerulea (L.) Mönch und dazwischen liegenden kleinen vegetationslosen oder mit Flechten bewachsenen Stellen.

Verzeichnis der Figuren auf den Tafeln.

1. Sandkörner aus Lößprobe 100 cm unter Torf.
2. Einzelnes großes Korn aus gleicher Probe.
3. Zellkomplex aus Lößprobe 100 cm unter Torf.
4. Zellkomplex aus Wurzelröhrchen aus Lößprobe 100 cm unter Torf.
5. Gefäß mit Hoftüpfeln aus Löß 100 cm.
6. Aus Löß 78 cm unter Torf. Durchmesser ohne Stacheln 25 μ.
7. Aus Löß 78 cm unter Torf. Durchmesser eines Sechsecks 7 μ.
8. Aus Löß 78 cm unter Torf. Oberfläche schwach netzig. 42×30 μ.
9. Aus Löß 78 cm unter Torf. Durchmesser 55 μ. Gelbbraun.
10. Aus Löß 10 cm unter Torf. Ganze Länge 115 μ.
11. Zellkomplex aus Lößprobe 10 cm unter Torf.
12. Blattrest aus Löß 10 cm unter Torf mit Wurzelgeflecht (siehe Text).
13. Zellkomplex aus Blattrest von Nr. 12.
14. Aus Löß 1 cm unter Torf. Durchmesser 20 μ.
15. Aus Torf 80 cm.
16. Aus Torf 80 cm, 150 μ lang und 17 μ breit (Phragmidium sp.).
17. Aus Torf 68 cm. Dunkelbraun. Größte Breite 28 μ.
18. Aus Torf 64 cm. Durchmesser 25 μ. Dunkelbraun.
19. Aus Torf 64 cm. Durchmesser 20 μ (von Spitze zu Spitze). Grau.
20. Aus unverlehmtem Löß von Neuallschwil. Gelblich, Durchmesser 32 μ, in der Seitenansicht elliptisch, 20 μ breit. Die 12 Poren auf der ganzen Oberfläche verteilt. Am meisten Ähnlichkeit mit Pollen von Juglans, aber kleiner.

Anmerkung: Fig. 1, 2, 3, 11, 13 sind mit Hülfe des Zeichenokulars angefertigt worden.

Literaturverzeichnis.

1 *Andreae* und *Osann,* Löß und Lößlehm bei Heidelberg. Mitt. der großherzoglich Bad. Geolog. Landesanst. Bd. II. XX. 1893.

2 *Beck P., Rytz W., Stehlin H. G.,* und *Tschumi O.,* Der neolithische Pfahlbau Thun. Mitt. der Nat. Ges. Bern. 1930.

3 *Bertsch K.,* Klima, Pflanzendecke und Besiedlung Mitteleuropas in vor- und frühgeschichtlicher Zeit, nach den Ergebnissen der pollenanalytischen Forschung. Deutsches Archäologisches Institut, Römisch-germanische Kommission. 18. Bericht 1928.

4 *Broche W.,* Pollenanalytische Untersuchungen an Mooren des südlichen Schwarzwaldes und der Baar. Berichte der Naturforschenden Gesellschaft Freiburg im Breisgau. Bd. 29. 1. und 2. Heft 1929.

5 *Brückner E.,* Moorbildungen und postglaziale Klimaschwankungen am Nordsaum der Ostalpen. Zeitschrift für Gletscherkunde. Bd. VII, Heft 5. 1913.

6 *Deecke W.,* Kritische Studien zu Glazialfragen Deutschlands. Zeitschrift für Gletscherkunde. Bd. XI. Heft 1/2 1918.

7 *Erdtman G.,* Pollenanalytische Untersuchungen von Torfmooren und marinen Sedimenten in Südwest-Schweden. Arkiv för Botanik, Bd. 17, Nr. 10. Stockholm 1921.

8 — Beitrag zur Kenntnis der Mikrofossilien in Torf und Sedimenten. Daselbst Bd. 18, Nr. 14. Stockholm 1922.

9 *Früh J.* und *Schröter C.,* Die Moore der Schweiz. Beiträge zur Geologie der Schweiz. 1904.

10 *Furrer E.,* Pollenanalytische Studien in der Schweiz. Beiblatt zur Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich. Jahrgang 72, Nr. 14. 1927.

11 *Gams H.* und *Nordhagen R.,* Postglaziale Klimaänderungen und Erdkrustenbewegungen in Mitteleuropa. Landeskundl. Forschungen der Geogr. Ges. in München. Heft 25. 1923.

12 *Gutzwiller A.,* Die Diluvialbildungen der Umgebung von Basel. Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft Basel. Bd. X, Heft 3. 1895.

13 *Härri H.,* Pollenanalytische Untersuchungen am Hallwilersee. (Ungedruckt.)

14 — Blütenstaubuntersuchung bei der bronzezeitlichen Siedlung «Sumpf» bei Zug. Zuger Neujahrsblatt 1929.

15 *Hassinger H.,* Neue Gletscherspuren im Basler Jura und im Rheintal. Zeitschrift für Gletscherkunde. Bd. XI, Heft 4/5. 1920.

16 *Heim Albert,* Geologie der Schweiz. Bd. I. 1919.

17 *Hesmer H.,* Die Waldgeschichte der Nacheiszeit des norddeutschen Berglandes auf Grund von pollenanalytischen Mooruntersuchungen. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen. Heft 4 und 5. 1928.

18 *Jenny Fr.,* Über Löß und lößähnliche Bildungen in der Schweiz. Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern. 1892.

[19] *Keller P.*, Pollenanalytische Untersuchungen an Schweizer-Mooren und ihre florengeschichtliche Deutung. Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes Rübel in Zürich. 5. Heft. 1928.

[20] *Lüscher H.*, Flora des Kantons Aargau. 1918.

[21] *Migula W.*, Kryptogamenflora von Deutschland, Österreich und der Schweiz. Bd. I. Moose.

[22] *Mühlberg F.*, Zweiter Bericht über die erratischen Bildungen im Aargau. Mitt. Aarg. Nat. Ges. 1. Heft. 1878.

[23] — Flora des Aargaus. 1880.

[24] — Der Boden von Aarau. Geolog. Skizze. Festschrift zur Eröffnung der neuen Kantonsschule in Aarau. 1896.

[25] — Aargauische Quellenkarte. Gemeinde Möhlin. Bearb. von R. Ausfeld. 1895. Dep. beim Aarg. Museum f. Natur- und Heimatkunde. Aarau.

[26] *Neuweiler E.*, Über Hölzer in prähistorischen Fundstellen. Festschrift C. Schröter. Veröff. des Geobot. Inst. Rübel. Zürich. 1925. Heft 3.

[27] — Die Pflanzenreste aus dem spätbronzezeitlichen Pfahlbau «Sumpf» bei Zug. Vierteljahrsschr. Natf. Ges. in Zürich. LXXVI (1931).

[28] *Penck u. Brückner*, Die Alpen im Eiszeitalter. 1909.

[29] *von Post L.*, Einige Aufgaben der regionalen Moorforschung. Sveriges geol. undersökning. Stockholm 1926.

[30] *Reinerth H.*, Das Federseemoor als Siedlungsland des Vorzeitmenschen. 4. Aufl. 1929. Augsburg.

[31] *Rochholz E. L.*, Schweizersagen aus dem Aargau. 1. Bd. 1856.

[32] *Rudolph K.*, Grundzüge der nacheiszeitlichen Waldgeschichte Mitteleuropas. (Bisherige Ergebnisse der Pollenanalyse.) Beihefte zum bot. Zentralblatt. Bd. 47, Abt. II. 1930.

[33] *Rytz W.*, Neue Wege in der prähistorischen Forschung mit besonderer Berücksichtigung der Pollenanalyse. Mitteilungen der Antiquarischen Ges. in Zürich. Bd. XXX, Heft 7 (Pfahlbauten, XII. Bericht). 1930.

[34] *Salathe Fr.*, Der Forst von Möhlin. Vom Jura zum Schwarzwald. Bd. 7, Heft 2. 1890.

[35] *Schinz H.* und *Keller R.*, Flora der Schweiz (1. Teil Exkursionsflora 4. Auflage, 1923).

[36] *Schmid E.*, Vegetationskarte der obern Reußtäler. Beiträge zur geobot. Landesaufnahme der Schweiz. Heft 16. 1930.

[37] *Stark P.* Pollenanalytische Untersuchungen an zwei Schwarzwaldmooren. Zeitschr. f. Bot. 16. Jahrg. 1924.

[38] — Der gegenwärtige Stand der pollenanalytischen Forschung. (Sammelreferat.) Zeitschr. f. Bot. 17. Jahrg. 2. Heft. 1925.

[39] — Die Moore des badischen Bodenseegebietes. I. Teil. Berichte d. Nat. Ges. zu Freiburg i. Br. Bd. 24, 1. Heft. 1925.

[40] — Die Moore des badischen Bodenseegebietes. II. Teil. Daselbst Bd. 28, 1. Heft. 1928.

[41] — Über die Wandlungen des Waldbildes im Schwarzwald während der Postglazialzeit. Naturwissenschaften 17. Jahrg. 1./2. Heft. 1929.

[42] *Tschudi R.,* Zur Altersbestimmung der Moränen im untern Wehratal. Diss. Basel 1904.

[43] Tschumi O., Die zweite Ausgrabung auf dem Moosbühl bei Moosseedorf, 17.—27. Aug. 1925. Jahrbuch des Bernischen Hist. Museums in Bern. V. Jahrg. 1925.

[44] — Die vierte Ausgrabung auf dem Moosbühl, Gemeinde Moosseedorf, Amt Fraubrunnen. Daselbst IX. Jahrg. 1929.

[45] *Vosseler P.,* Ein Kapitel Heimatkunde, erläutert am Dorfe Möhlin. Schweizer Volkskunde. 16. Jahrg. 1926. Heft 11/12.

[46] — Der Aargauer Jura. Versuch einer länderkundlichen Darstellung. Mittlg. der Aarg. Natf. Ges. 1928.