Zeitschrift: Bericht über das Geobotanische Forschungsinstitut Rübel in Zürich

Herausgeber: Geobotanisches Forschungsinstitut Zürich

Band: - (1958)

Artikel: Ein Pollendiagramm aus der bronzezeitlichen Station "Sumpf" am Zugersee (Schweiz)

Autor: Lüdi, Werner / Studer, Paul

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-377579

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: 09.12.2025

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

EIN POLLENDIAGRAMM AUS DER BRONZEZEITLICHEN STATION „SUMPF" AM ZUGERSEE (SCHWEIZ)

Von Werner Lüdi und Paul Studer, Zürich

Am Nordufer des Zugersees, im alpenrandnahen Gebiet des schweizerischen Mittellandes, liegt die bronzezeitliche Seeufersiedlung „Sumpf". Ein Teil der Siedlung wurde in den Jahren 1923–1937 durch Michael Speck[1] in Zug freigelegt und untersucht, ein weiterer Teil in den Jahren 1952–1954 durch Dr. Josef Speck[2] in Verbindung mit seinem Vater Michael. Die Ergebnisse sind eingehend zusammengefasst in den Veröffentlichungen von Vater und Sohn Speck. Auf Veranlassung der Ausgräber wurden auch pollenanalytische Untersuchungen der Sedimentfolgen vorgenommen. 1929 veröffentlichte Hans Härri[3] das Diagramm einer Bohrung, die bis in 9 m Tiefe reichte und 1954 Werner Lüdi[4] ein Detaildiagramm aus dem obersten Meter der Grabung mit den beiden Kulturschichten aus der jüngeren Bronzezeit. Aber auch die tieferliegenden Bodenhorizonte verlangten nach einer Nachuntersuchung, da Härri zwar sorgfältig analysierte, aber in den grösseren Bodentiefen mit Probenabständen von 1–2 m arbeitete und die Nichtbaumpollen nicht berücksichtigte. Das Geobotanische Institut Rübel führte zu diesem Zwecke in den Jahren 1953 und 1954 neue Bohrungen aus, die bis in 11.70 m Tiefe gelangten, allerdings damit die unterliegende Moräne noch nicht erreichten. Die Pollenanalysen wurden durch Paul Studer im Geobot. Inst. Rübel während des Jahres 1958 vorgenommen. Das Ergebnis dieser Untersuchung ist in den beiliegenden Diagrammen dargestellt, wobei im obersten Meter das von Lüdi bereits veröffentlichte Diagramm der Siedlungshorizonte benützt worden ist.

Der Ort der Probenentnahme befindet sich in dem von Speck untersuchten Teil der Siedlung, im Ufergebiet des Zugersees, rund 100 m vom heutigen

---

[1] Michael Speck: Wasser- oder Landpfahlbauten? – Zuger-Neujahrsblatt **1928** (47–52).

[2] Josef Speck: Die Ausgrabungen in der spätbronzezeitlichen Ufersiedlung Zug „Sumpf". – In: Das Pfahlbauproblem, Monographien zur Ur- und Frühgeschichte der Schweiz, herausgeg. v. d. Schweiz. Ges. f. Urgeschichte **11** 1955 Basel (275–334, 16 Taf. und 26 Textabb.).

[3] Hans Härri: Blütenstaubuntersuchung bei der bronzezeitlichen Siedlung „Sumpf" bei Zug. – Zuger-Neujahrsblatt **1929** 1929 (68–72).

[4] Werner Lüdi: Beitrag zur Kenntnis der Vegetationsverhältnisse im schweizerischen Alpenvorland während der Bronzezeit. – In: Das Pfahlbauproblem, Monographien zur Ur- und Frühgeschichte der Schweiz, herausgeg. v. d. schweiz. Ges. f. Urgeschichte **11** 1955 (92–119).

Seeufer entfernt, ca. 1 m über dem mittleren Wasserspiegel des Sees (413.5 m). 500 m weiter gegen Osten mündet der Hauptzufluss des Sees ein, die Lorze, die im Laufe der Zeit ein beträchtliches Seegebiet zur Verlandung brachte und heute ihr Delta in den See vorgeschoben hat. Die Umgebung der Grabung ist eine Sumpfwiese vom Typ des Geranieto-Filipenduletum ulmariae mit viel Schilf (*Phragmites communis*), die bei hohem Seestande sehr nass ist, bei niedrigem etwas austrocknet.

Die tiefsten Teile der Bohrung, bis in etwa 11 m Tiefe gingen durch Mergel mit einem Karbonatgehalt von 30–50% (vgl. Abb. 1, S. 140). Von da aufwärts folgt ein mächtiges Lager ziemlich reiner Seekreide (70–80–90% Karbonat), das nur in 10–9.4 m Tiefe einen wesentlichen Rückgang des Karbonatgehaltes aufweist (bis gegen 50%). Die obersten Bodenschichten enthalten eine starke Störung, indem in 80–60 cm und wieder in 53–48 cm Tiefe die beiden bronzezeitlichen Kulturschichten in die Seekreide eingelagert sind. Über der oberen Kulturschicht findet sich keine Seekreide mehr, sondern zuerst eine dünne, sandige Schicht, darüber, bis 15 cm unter der Oberfläche ein hellgrauer, etwas toniger Mergel (20–26% Karbonat) und schliesslich eine lehmig-humose, beinahe karbonatfreie Oberflächenschicht. Seekreide und unterliegender Mergel sind sicher Ablagerungen in den offenen See. Die Entstehungslage der Kulturschichten ist strittig. Sie bestehen zur Hauptsache aus Abfällen der menschlichen Tätigkeit (organische Reste, Knochen, Artefakten aller Art), die nach der Ansicht von Lüdi (loc. cit.) ins Wasser abgelagert wurden, während die Seekreidebildung weiterging, aber durch die grosse Masse der organischen Abfälle verdeckt oder rückgängig gemacht wurde. M. und J. Speck dagegen betrachten die Kulturschichten als eine Landablagerung bei ausserordentlich tiefem Seestand. Die Sedimente über der oberen Kulturschicht wurden ins offene Wasser abgelagert (J. Speck deutet das Sandschichtchen als Überrest von ausgespülter Kulturschicht) und geben wohl das Näherwandern des Lorzedeltas an, vielleicht in Verbindung mit verstärkter Landabspülung und Hochwasserbildung. Die humose Oberflächenschicht hat sich seit längeren Zeiten wenig verändert erhalten. Um 1591 wurde der Seespiegel des Zugersees durch den Menschen um 1.5–2 m abgesenkt (vgl. J. Speck, loc. cit. S. 275). Vorher muss somit die heutige Feldoberfläche unter Wasser oder doch, wenn man ein Zusammensinken der oberflächlichen Schichten nach der Seeabsenkung in Betracht zieht, an der Wasseroberfläche gelegen haben.

Unser Hauptdiagramm (Abb. 1) ist begründet auf die Gesamtzahl der gezählten Pollen = 100%. Einzelne Pollen (± 1% der Gesamtzahl) konnten jeweilen nicht bestimmt werden, wurden aber den Krautpollen (= Nichtgehölzpollen) zugerechnet. Das Sediment war mit Ausnahme der untersten und obersten Horizonte pollenreich. Doch wurden auch in den pollenarmen Schichten mehr als 100 Pollen gezählt (vgl.

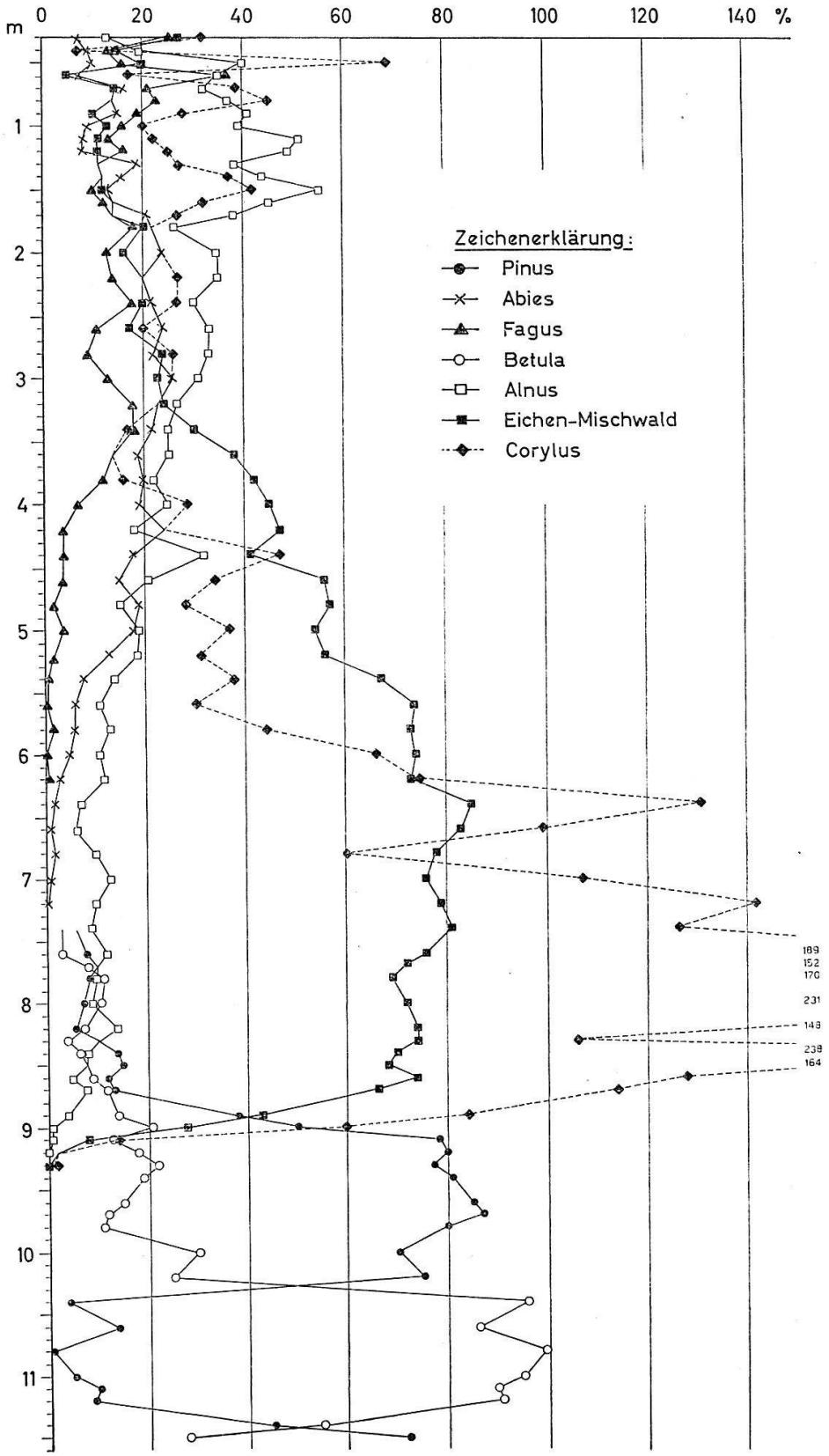
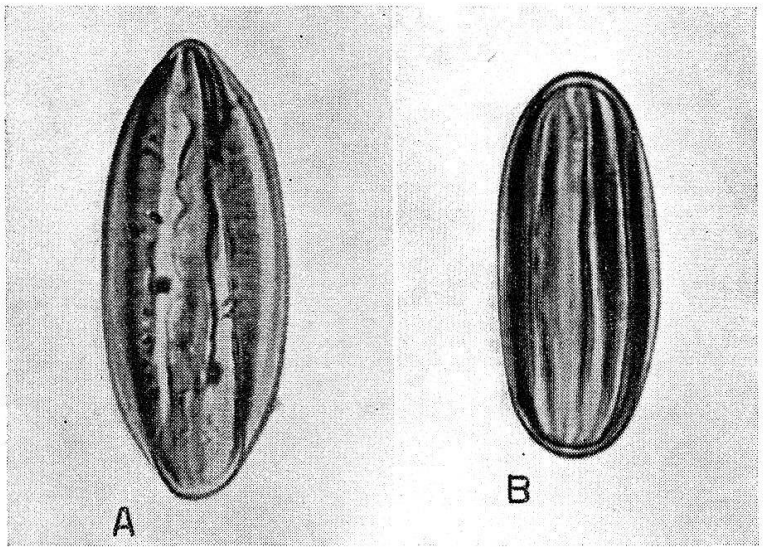


Abb. 2. Diagramm der wichtigeren Baum- und Strauchpollen (Gesamtzahl der Baumpollen = 100%; Anteile der *Corylus*pollen auf die Gesamtzahl der Baumpollen bezogen).

die Pollenzahlen rechts aussen im Diagramm). Weitere Erklärungen bietet das Diagramm selber. Um das gegenseitige Verhältnis der Anteile der wichtigeren Baumarten und der Hasel (*Corylus avellana*) klarer hervortreten zu lassen, wurden die Anteile der wichtigeren Gehölzpollentypen, berechnet auf die Gesamtzahl der Baumpollen gleich 100%, ausgerechnet und im Diagramm Abb. 2 zur Darstellung gebracht. Die Fichte (*Picea abies*), deren Anteile erst in den obersten Horizonten etwa 10% erreichen, wurde dabei nicht berücksichtigt und die übrigen Typen in der Regel nur insoweit dargestellt, als ihre Anteile 10% der Baumpollensumme übersteigen.



Phot.
P. Studer

Abb. 3. Im Bodenprofil gefundene Pollen von Ephedra: A) *Ephedra* cf. *distachia* aus 1140 cm Tiefe. – B) *Ephedra* cf. *fragilis* aus 1160 cm Tiefe. Vergrösserung 930 ×.

Unser Diagramm zeigt die nachfolgende charakteristische Vegetationsfolge von unten gegen oben hin:

Waldlose Zeit, vom Grund bis in ca. 1100 cm Bodentiefe. Sehr spärlicher Pollengehalt. Dominanz der Krautpollen, besonders *Artemisia*, Cyperaceen, Gramineen. Etwas Chenopodiaceen. Dazu die im Diagramm nicht verzeichneten Pollen von *Thalictrum* (ziemlich reichlich), *Helianthemum alpestre* (spärlich), *Ephedra* cf. *distachya* (je 2 Pollen in 1140 und 1160 cm, vgl. Abb. 3), *Ephedra* cf. *fragilis* (1 Pollen in 1160 cm), *Polygonum* (1 Pollen in 1170 cm), *Campanula* (1 Pollen in 1100 cm), etwas Pollen von anderen Compositen (Ligulifloren und Tubulifloren; in 1120 und 1100 cm *Centaurea* cf. *scabiosa*), Umbelliferen, Caryophyllaceen, Ranunculaceen, Rubiaceen, vereinzelt Liliaceen, Labiaten, bei 1100 eine Tetrade von Ericaceen cf. *Vaccinium uliginosum*, bei 1120 cm ein erster Pollen von *Potamogeton*. Reichlich Sporen von *Selaginella selaginoides*, vereinzelt in 1170 cm eine Spore von *Cystopteris*.

Von Baumpflanzen fand sich in diesen Horizonten Pollen von Föhre (wahrscheinlich *Pinus silvestris* und *P. mugo*) und Birke, sicher zum Teil von Baumarten (*Betula pubescens* und *B. pendula*), zum Teil aber wahr-

scheinlich zur zwergstrauchigen *Betula nana* gehörend mit einer Pollengrösse von 14–16 μ. Von weiteren Sträuchern wurde Pollen von Weide (*Salix*) und Sanddorn (*Hippophaë rhamnoides*) gefunden, meist spärlich, aber in der Tiefe von 1110 cm zu einem deutlichen Maximum ansteigend, dem auch ein Ansteigen des Birkenpollens parallel geht.

Wir gehen nicht fehl in der Annahme, dass in dieser Zeit eine Tundravegetation geherrscht habe, bestehend aus Rasen und Zwerggesträuch und wohl nur vereinzelt eingestreuten Bäumen von Birken und Föhren. Gegen das Ende des Zeitabschnittes, von ca. 1120 cm Tiefe an, nahm die Überwachsung durch Holzpflanzen zu, zuerst mit Gebüsch (*Hippophaë*-Gipfel) und dann durch baumförmige Birken.

Betula-Zeit, reicht von 1100 bis ca. 1030 cm Tiefe. Die Birke nimmt zu bis zur ausgeprägten Dominanz; der Anteil des Krautpollens im Pollenspektrum nimmt stark ab. Der Pollen von *Ephedra* und *Helianthemum*, sowie die Sporen von *Selaginella* verschwinden; *Artemisia*, Cyperaceen und Chenopodiaceen nehmen sehr ab, während *Thalictrum* sich gut hält. Erstes Auftreten des Pollens von *Filipendula* (*ulmaria*), *Sanguisorba officinalis*, des *Urtica-Humulus*-Typs und von perisporlosen, nicht bestimmbaren Farnsporen. Die Pollenfrequenzen steigen auf ein Vielfaches derjenigen im waldlosen Abschnitt. Im Sediment Übergang vom Mergel zur Bildung von Seekreide mit einem Karbonatgehalt bis zu 76%.

Wir finden hier das Stadium der ersten Waldbildung durch einen beinahe reinen Birkenbestand mit krautigem, gras- und farnreichem Unterwuchs. Offenbar entspricht diese Waldbildung einer Klimaverbesserung.

Pinus-Zeit, reicht von 1020 bis 890 cm Tiefe. Sehr rascher Anstieg der Föhre zu hoher Dominanz. Der Anteil der Birke geht entsprechend zurück, behält aber doch beträchtliche Werte, vermutlich entsprechend einer Verteilung dieser beiden Baumarten nach den ihnen besonders zusagenden Standorten (Birke mehr feuchte oder frische, Föhre mehr trockene Böden). Erstes und sporadisches Auftreten des Pollens wärmeliebender Gehölze, vielleicht zum Teil durch Verunreinigung beim Bohren. Der Anteil des Krautpollens nimmt weiterhin ab. *Hippophaë* und Chenopodien verschwinden, *Salix* und Cyperaceen werden sporadisch. Erstes Auftreten von *Myriophyllum* (960 cm), *Menyanthes* (930, 910 cm) und von *Sphagnum* (1000–940 cm; weiter oben fehlen Sphagnum-Sporen bis in 120 cm Tiefe).

Innerhalb der Föhrenzeit gehen gewisse Veränderungen in den von unserer Untersuchung erfassten Faktoren vor sich, die auf eine Klimaschwankung hinweisen. Der Anteil des Krautpollens nimmt vorübergehend wieder merklich zu mit einem kleinen Baumpollengipfel in der Mitte dieser Schwankung, der auf eine, vielleicht zufällige maximale Dominanz des Föhrenpollens

zurückzuführen ist. Die Kurve des Birkenpollens zeigt eine parallel gehende Veränderung, eine ausgesprochene Einsenkung in der Mitte der Föhrenzeit und einen neuen Anstieg gegen das Ende hin. Im mittleren Teil der Föhrenzeit ergibt sich des weiteren eine Zunahme des Pollens der Cyperaceen, der Gramineen und von *Artemisia*. Die Pollendichte fällt stark ab, um in der Föhren-Endzeit mächtig empor zu schnellen zu den höchsten in diesem Diagramm beobachteten Werten. Diese Zunahme kann dadurch bedingt sein, dass der Wald im Spätteil der Föhrenzeit viel dichter wurde, oder aber dass er erst jetzt im benachbarten Gebirge hoch hinaufstieg und sich infolgedessen der Zuschuss von Fernflugpollen stark erhöhte. Wahrscheinlich haben sich beide Vorgänge miteinander verbunden, und vielleicht wurde auch durch eine Verbesserung des Klimas die Fruchtbarkeit der Bäume erhöht. Alle diese Veränderungen und auch der erwähnte Rückgang des Karbongehaltes der Seekreide weisen auf eine Klimaschwankung hin, auf einen vorübergehenden Rückfall in ungünstigere Klimaverhältnisse in der mittleren Föhrenzeit und auf eine darauffolgende starke Verbesserung gegen das Ende der Föhrenzeit.

Corylus-Eichenmischwaldzeit, reicht von 890 bis 600 cm Tiefe. Die Grenze zwischen der Föhrenzeit und diesem neuen Zeitabschnitt ist sehr ausgeprägt, und der Übergang zu einem völlig verschiedenen Vegetationscharakter vollzieht sich in einer Sedimentationsschicht von kaum 20 cm (910–890 cm). Hasel (*Corylus avellana*) und Eichenmischwald drängen die Föhre und die Birke, die noch bei 900 cm ein kleines Gipfelchen bildet, völlig zurück. Zugleich mit dem Vorstoss des Eichenmischwaldes bildet auch die Erle (in Betracht fallen *Alnus incana* und *A. glutinosa*) eine zwar nicht vortretende, aber doch kräftige Kurve. Der Haselpollen erreicht mit mehreren Gipfeln 150–240 % des gesamten Baumpollens, in dem der Eichenmischwald ebenso unbeschränkt herrscht (bis 85 % des Baumpollens). Zuerst tritt *Ulmus*-pollen am stärksten hervor, und bald erreicht der Pollen der Eiche (*Quercus*) ungefähr die gleichen Beträge wie der der Ulme, während die Linde (*Tilia*) stets wesentlich zurückbleibt (höchste Werte mit 21 % der gesamten Baumpollenzahl in 600 cm Tiefe). Ahorn-(*Acer* sp.-)pollen tritt zu Beginn der Hasel-Eichenmischwaldzeit mit einer annähernd geschlossenen Kurve auf, während der Pollen der Esche (*Fraxinus excelsior*) in unserem Diagramm etwas später erscheint (780 cm), aber dann etwas höhere Werte erreicht. Zu gleicher Zeit wie Fraxinus findet sich auch der Pollen von *Potamogeton* wieder und bildet bis gegen die Oberfläche hin eine kräftige, zusammenhängende Kurve. Von anderen Wasserpflanzen wurden noch gelegentlich beobachtet: Pollen von *Nymphaea*, *Nuphar*, *Myriophyllum*, *Typha*, doch alle sporadisch und mehr in den jüngeren Zeiten. Von Sträuchern war der Pollen von *Viburnum* bis in 170 cm Tiefe ziemlich regelmässig, aber doch spärlich

vertreten, ferner gelegentlich der Pollen von *Ligustrum vulgare*, *Cornus sanguinea*, *Ribes*, cf. *Sambucus*, cf. *Evonymus*. Von Kräutern fanden sich immer nur wenige Pollen, neben Gramineen am häufigsten Umbelliferen, Compositen, gelegentlich Caryophyllaceen, Ranunculaceen, selten Cruciferen, Liliaceen, Rubiaceen, *Thalictrum*, *Filipendula*, Ericaceen, *Urtica-Humulus*-Typ und weitere, die nicht bestimmt werden konnten. Farnsporen wurden in den meisten Horizonten gefunden, doch nicht in grosser Zahl. Bestimmt wurden: *Dryopteris filix-mas* (wiederholt), *Dryopteris thelypteris* (680 cm), *Polypodium vulgare* (wiederholt). Mehrfach fanden sich *Lycopodium*sporen. In 600 cm wurde eine solche als *Lycopodium inundatum* bestimmt, in 110 cm eine andere als *Lycopodium annotinum*.

Die Pollendichte steht auch zu Beginn der Hasel-Eichenmischwaldzeit noch sehr hoch, um dann langsam und mit Schwankungen auf einen mittleren Wert abzusinken und den tiefsten Stand dieser Zeitperiode an ihrem Ende zu erreichen.

Es ist schwierig, die obere Grenze der Hasel-Eichenmischwaldzeit festzusetzen. Vom Ende der Föhrenzeit an gehen alle Vegetationsänderungen, die das Diagramm aufweist, mit langsamen und unscharfen Grenzen in einander über. Wenn wir die Grenze bei 600 cm Tiefe eingesetzt haben, so geschah dies, weil dort die Haselkurve einen endgültigen Abfall zeigt und zugleich die Kurven der Erle und Tanne (*Abies alba*), weniger auch die der Buche (*Fagus silvatica*) anzusteigen beginnen.

Eichenmischwald-Corylus-Zeit, reicht von 600–330 cm Tiefe. Wir haben für diesen Zeitabschnitt den Doppelnamen der vorausgehenden einfach umgekehrt, weil die gleichen beiden Pollentypen massgebend bleiben. Herrschend ist jetzt im Kurvenbild der Eichenmischwald, während die Pollenkurve von *Corylus*, die starke Schwankungen aufweist, subdominant geworden ist. Und doch ist eine bedeutsame Änderung eingetreten durch den Rückgang des Eichenmischwaldes als Folge des kräftigen Ansteigens von *Alnus*, *Abies* und *Fagus* bis zur Dominanz. Die Pollenfrequenzen sind relativ niedrig. Der Anteil an Krautpollen bleibt niedrig (vergl. die vorausgehende Periode).

Alnus-Abies-Fagus-Zeit, reicht von 330 bis 170 cm Tiefe. Der Eichenmischwald hat seine Herrschaft endgültig abgetreten. Zwar behält er noch bedeutende Werte bei, namentlich durch *Quercus*, während *Ulmus* und *Tilia* immer mehr zurückgehen. Er ist jetzt nicht mehr regional im früheren Sinne, sondern beschränkt sich auf die besonders milden Gebiete in Seenähe, auf warme Sonnenhänge, und *Ulmus*, *Quercus*, *Fraxinus* sind wohl reichlich den Auenwäldern am See beigemischt, also in der Nähe der Profilentnahme. Dadurch bekommt der Eichenmischwald eine starke lokale Bedeutung und

ist wohl, über die weite Umgebung betrachtet, im Diagramm überrepräsentiert. Zum regionalen Wald der weiteren Umgebung ist der Buchen-Tannenwald geworden, mit Buchendominanz in den tieferen Lagen und Tannendominanz im anschliessenden Gebirge. In Hochlagen hat sich die Fichte (*Picea abies*) stärker ausgebreitet, was sich in der kräftigeren Kurve äussert. Im Pollenbild ist die Erle zum herrschenden Baum geworden. Es ist anzunehmen, dieser etwas hygrophile Baum habe sich im Ufergebiet des Sees, in der Nähe der Profilentnahme stark ausgebreitet, so dass das Vorherrschen seines Pollens als eine lokale Erscheinung aufzufassen ist, verstärkt durch das Näherrücken der Uferverlandung.

Die Ursache für den Wechsel der herrschenden Baumarten während der beiden zuletzt besprochenen Zeitabschnitte dürfte nicht darin liegen, dass diese Bäume erst jetzt eingewandert wären. Das Diagramm zeigt ja klar, dass sie schon lange vorher da waren, aber sich nicht auszubreiten vermochten. Die Existenzbedingungen müssen sich verändert haben. Eine durch humides Klima hervorgerufene Bodenverschlechterung kommt auch nicht in Frage. *Fagus* ist nach unserer Erfahrung in dieser Hinsicht nicht anspruchsloser als die Arten des Eichenmischwaldes. Es bleibt als bewirkende Ursache nur eine Klimaveränderung. Und wenn Ulme, Linde, Eiche und Hasel zurückgehen, Buche, Tanne und Erle überhand nehmen, auch Fichte und Birke ihre Verbreitung verstärken, so wird man daraufkommen, dass wahrscheinlich die Wärme etwas abgenommen, ziemlich sicher die Feuchtigkeit zugenommen hat. Man findet allerdings Eichenwälder mit Haselunterwuchs auch in dem maritimen Klima von Irland. Aber dort fehlt die Konkurrenz von Tanne und Buche. In unserem gemässigten Klima im südlichen Mitteleuropa dagegen wird man Eichenmischwald-Hasel als eine thermophil getönte Vegetation ansprechen, Tanne-Buche dagegen als ausgesprochen mesophil, an die Wärme kleinere und an die Feuchtigkeit grössere Ansprüche stellend. Das ganze Bild würde sich klarer fassen lassen, wenn die Arten des Eichenmischwaldes und ihre Anteile sicher bekannt wären, da mehr xerische und mehr mesophil getönte Arten in Betracht kommen[5]. Es sei noch darauf hingewiesen, dass in dieser Periode die Kurve von *Abies* nur wenig schwankt (sie liegt zwischen 20 und 25% der Baumpollen), während die *Fagus*kurve mehrere deutliche Gipfel aufweist. Ob klimatische Kleinschwankungen daran beteiligt sind, lässt sich nicht entscheiden.

Alnus-Fagus-Abies-Zeit, reicht von 170 bis ca. 50 cm Tiefe. Die Anteile der dominanten Baumarten verschieben sich etwas. *Alnus* herrscht noch stärker vor; auch *Fagus* nimmt zu, während *Abies* stark zurückgeht.

[5] Vgl. z. B.: Werner Lüdi, Ein Pollendiagramm aus dem Untergrund des Zürichsees. – Schweiz. Zeitschr. f. Hydrologie **19** 1957 (523–564).

Die Werte von *Abies*, *Fagus* und Eichenmischwald liegen nicht weit auseinander. Im Eichenmischwald ist nur noch *Quercus* von Bedeutung. Die *Picea*kurve nimmt noch weiterhin zu, und die *Betula*kurve behält ihre relativ starke Stellung bei. Es macht den Eindruck, dass die Faktoren, die in der vorausgehenden Periode die tiefgreifende Veränderung in der dominanten Vegetation herbeigeführt haben, weiterhin in ähnlicher Weise tätig sind. Und doch weist die *Alnus-Fagus-Abies*-Zeit gegenüber der vorausgehenden eine charakteristische Veränderung auf, die darin besteht, dass die Pollenkurven beginnen, ausgesprochene Schwankungen zu zeigen. Das gilt für die Kurven der Holzgewächse, wo sie bei *Corylus* besonders auffällig sind und auch für den Anteil des Krautpflanzenpollens im Pollenspektrum.

Diese starken Schwankungen der Pollenkurven sind im wesentlichen als Folge der Einflussnahme des vorgeschichtlichen Menschen auf die Vegetation zu werten. Der Diagrammabschnitt gehört der Zeit des neolithischen und bronzezeitlichen Menschen an. Wahrscheinlich tritt der Neolithiker bereits in dem vorausgehenden Zeitabschnitt auf, und vielleicht ist das Auftreten von *Plantago lanceolata*-Pollen in 300 und 260 cm Tiefe mit rodender Tätigkeit des Menschen in Verbindung zu bringen. Deutlich sichtbar wird der Einfluss menschlicher Arbeit in 150 cm Tiefe, wo Getreidepollen auftritt, wieder begleitet von *Plantago*pollen. Hier ist vermutlich die spätneolithische Siedlungszeit einzusetzen. Das Nordufer des Zugersees war im Spätneolithikum gut besiedelt. J. Speck (loc. cit.) gibt 8 solche Stationen an, und es sind kaum alle bereits bekannt geworden. Es ist auffällig, dass die Zahl der Krautpollen in dieser Zeit nicht stärker zunimmt. Der Grund liegt vermutlich darin, dass keine dieser Siedlungen in unmittelbarer Nähe der Stelle unserer Probenentnahme lag und ihr Einfluss im Pollenbild nicht weit reichte.

Mit der Gründung unseres spätbronzezeitlichen Dorfes ändert sich das Bild: Die Rodung ergreift die Nachbarschaft, wo sich nun Rasen und Kulturen ausbreiten, und viele Pflanzen werden auch in die Siedlung hinein verschleppt. So nimmt die Zahl der Gramineenpollen sehr stark zu, wie auch der Pollen anderer krautiger Pflanzen. Getreidepollen wird häufig, ebenso *Plantago*pollen, und neu fand sich Pollen von Chenopodiaceen, der seit dem Spätglazial verschwunden war. E. Neuweiler[6], der die makroskopischen Pflanzenreste der Kulturschichten verarbeitete, hat eine grosse Pflanzenliste (37 Arten) zusammengestellt. Auch die Hasel nimmt während der Siedlungszeiten zu, da ihr die Rodung Lebensraum verschaffte und vielleicht, weil sie, wie auch die Eiche, für den Menschen eine Nutzpflanze war.

---

[6] E. Neuweiler: Die Pflanzenreste aus dem spätbronzezeitlichen Pfahlbau „Sumpf" bei Zug. – Vierteljahrsschrift Nat. Ges. Zürich **76** 1931 (116–132). – Vgl. auch bei Lüdi, loc. cit. 1954.

In der Zeit zwischen den beiden Siedlungsperioden wird wieder reine Seekreide sedimentiert, und der Vegetationscharakter nimmt wieder die frühere Form an, mit kleinem Anteil der Krautpollen (1% der gesamten Pollenzahl) und ohne Getreidepollen, was anzeigt, dass Rodung und Kultur wieder aus der näheren Umgebung verschwanden. Unmittelbar über der oberen Kulturschicht verkleinert sich der Anteil der Krautpollen nochmals bis auf 6%. Dann aber bleibt er bis zur obersten untersuchten Schicht hoch, in Verbindung mit reichlichem Pollen von Getreide, *Plantago lanceolata*, Gramineen. Neu kommt hinzu der Pollen des Nussbaumes, *Juglans regia*, und erst jetzt bildet der Pollen von *Carpinus betulus*, der zuerst während der bronzezeitlichen Besiedlung gefunden wurde, eine zusammenhängende Kurve. Wir sind in die Zeit der grösseren Rodungen und Kulturflächen eingetreten (Früh-Latène?), von der aber in unserem Diagramm nur der erste Anfang erhalten ist, da die Sedimentation mit der Landwerdung der Bohrstelle sich sehr verlangsamte und schliesslich sozusagen aufhörte.

Vergleichen wir unser Diagramm mit dem vor 30 Jahren von H. Härri (loc. cit.) erarbeiteten, so stellen wir fest, dass im allgemeinen Übereinstimmung herrscht. Das Diagramm von Härri reicht aber unten nur bis zum Beginn der Föhrenzeit und weist infolge der grossen Probeabstände wenig Einzelheiten auf. Leider verzichtete Härri auch auf die Einzeichnung der wichtigen *Alnus*kurve in sein Diagramm, wodurch die Kurven von *Abies* und *Fagus* viel stärker hervortreten.

Es liegt nahe, auch den Vergleich mit dem vorhin bereits genannten Diagramm aus dem Untergrund des Zürichsees durchzuführen (W. Lüdi, 1957). Der Bohrkern dazu wurde im Boden des Sees, im zentralen Teil zwischen Herrliberg und Oberrieden, unter ca. 140 m Wasser entnommen und hat eine Gesamtmächtigkeit von 8.20 m. Die Stelle dieser Probenentnahme liegt etwa 14.5 km nordöstlich von „Sumpf", aber unter klimatisch und vegetationskundlich sehr ähnlichen Umweltverhältnissen: gleiche Höhenlage; an beiden Örtlichkeiten mildes Seeklima und Gebiet des *Fagus-Abies*-Klimax, aber Begünstigung von anspruchsvollen Laubgehölzen, wie der Eichenmischwald sie enthält längs der Seen; in nicht sehr weiter Entfernung (13–14 km Entfernung vom Ort der Probenentnahme) bis in die subalpine Stufe ansteigendes Gelände mit Fichtenklimax. Allerdings treten am Zugersee höhere Berge auf als am Zürichsee (Rigi 1800 m, Rossberg 1580 m, gegenüber Hohe Rone mit 1230 m).

Das Zugersee-Diagramm stimmt denn auch sehr weitgehend mit dem Zürichsee-Diagramm überein, und beide reichen in die waldlose Spätglazialzeit zurück. Aber es ergeben sich auffallende Unterschiede. Der Pollen von *Corylus* erreicht im Zürichsee nie hohe Werte, maximal nur etwa 25% der

gesamten Pollensumme und 28% der Baumpollensumme. Die Coryluskurve bleibt damit auch zur Zeit ihrer höchsten Entwicklung im Zürichsee weit hinter der Eichenmischwaldkurve zurück. Die letztere dominiert im Zürichsee nur während relativ kurzer Zeit (550–470 cm Tiefe, im Zugersee von 890–330 cm), weil *Abies* und *Fagus* dort sehr frühzeitig zu starken Höchstwerten ansteigen. Die Kurve von *Abies* fällt aber bald wieder zurück mit mehreren Gipfeln, die nach oben hin immer kleiner werden, während sie sich am Zugersee durch recht lange Zeiten (500–170 cm) mit beträchtlichen Werten wenig verändert erhält. Die Faguskurve bleibt am Zürichsee nach dem ersten Abiesgipfel wesentlicher höher als die *Abies*kurve und ist überhaupt kräftiger als am Zugersee. Sie entwickelt mehrere Gipfel, die die Dominanz im Baumpollenspektrum erreichen und fällt erst von 180 cm an stark ab. Die *Alnus*kurve zeigt in beiden Diagrammen eine lange dauernde, kräftige Entwicklung, die aber im Zürichsee erst in 420 cm Tiefe nach dem ersten *Abies*- und *Fagus*gipfel einsetzt und in 150 cm Tiefe schon zu Ende geht. Die *Pinus*kurve dagegen steigt im Zürichsee von 150 cm Tiefe an aufwärts wieder zu bedeutenden Werten an (25–50% des Baumpollens). Die *Picea*kurve nimmt in beiden Diagrammen eine ähnliche Entwicklung mit dem Unterschied, dass die Kräftigung der Kurve am Zürichsee gleich beim Anstieg von *Abies* und *Fagus* (480 cm Tiefe) erfolgt, am Zugersee viel später.

Der Anstieg der Krautpollen beginnt am Zürichsee in 240 cm Tiefe. Zugleich tritt der Getreidepollen auf, sowie der Pollen von *Juglans* und bereits etwas tiefer (280 cm) der Pollen von *Plantago lanceolata*. *Carpinus*pollen findet sich von 200 cm an aufwärts, und von 180 cm an nimmt der Gehalt von Gramineenpollen stark zu. Das sind alles Zeichen des menschlichen Einflusses auf die Vegetation, die also im Zürichsee-Diagramm wesentlich tiefer reichen, als am Zugersee.

Wir haben an beiden Seen eine zusammenhängende, nur in den obersten Schichten des Zugersees unterbrochene Sedimentationsreihe vor uns, was zwar eine ungleiche Stärke und einen im einzelnen verschiedenen Rhythmus der Sedimentation nicht ausschliesst. Wir können somit nicht von vornherein für gleiche Schichtdicken gleiche Sedimentationszeiten annehmen. Vor allem fehlen im Zugersee-Diagramm die jüngsten Zeiten der Vegetationsentwicklung infolge der Verlandung im Gebiet der Bohrstelle. Der Vergleich zeigt, dass dem obersten Spektrum des Zugersees etwa 150 cm Tiefe im Zürichseediagramm entsprechen werden. Der Unterschied im Verlauf der Kurven von Eichenmischwald, *Corylus*, *Fagus*, *Alnus* dürfte nach unserer Ansicht durch die Besonderheiten der Lage der beiden Probenentnahmestellen bedingt sein: am Zürichsee, wo die Bohrstelle kilometerweit vom Ufer entfernt liegt, ist der Einfluss des unmittelbaren Ufergebietes relativ gering,

am Zugersee dagegen gross, was die starke Repräsentation der Hasel, der Erle und in der späteren Eichenmischwald-Haselzeit wohl auch der Eiche zur Folge hat. Das langsame Aufkommen der Massenverbreitung von *Abies* und *Fagus* im Diagramm, das aussergewöhnlich ist, dürfte die gleiche Ursache haben. Immerhin war das Ufer des Zugersees und damit der Uferwald in den älteren Zeiten doch in wesentlicher Entfernung, und sein langsames Näherrücken hat vielleicht die langsame Zunahme der *Alnus*kurve bewirkt. Auch das gebirgige Hinterland mit seinen grossen Niederschlägen dürfte am Zugersee stärker als am Zürichsee eingewirkt haben, namentlich durch Begünstigung der Tanne gegenüber der Buche. Jedenfalls zeigt der Vergleich der beiden Diagramme einmal mehr, wie schwierig es im schweizerischen Alpenvorland ist, Pollendiagramme in Einzelheiten zu homologisieren.

W. Lüdi hat in der Darstellung seines Zürichsee-Diagrammes versucht, die Diagrammabschnitte mit den Zeitskalen von Blytt-Sernander und F. Firbas zu parallelisieren, wobei er sich der Unsicherheit einer solchen Deutung bewusst war. Am Zugersee begegnen wir den gleichen Schwierigkeiten. Wenn wir die gleichen Grundsätze anwenden wie am Zürichsee, so kommen wir zu nachstehender chronologischer Gliederung, die im allgemeinen den Vegetationsperioden entspricht:

1. Periode von Firbas = ältere Dryaszeit: vom Grunde des Diagramms bis in 1100 cm Tiefe. Umfasst die waldlose Zeit, Tundrenzeit.

2. Periode von Firbas = Allerödzeit von 1100 bis 990 cm Tiefe. Umfasst die Betulazeit und den ersten Teil der *Pinus*zeit. Übergang gebildet durch starke Entwicklung des Gebüsches (*Hippophaë*- und *Salix*gipfel). Wesentliche Klimaverbesserung.

3. Periode von Firbas = Jüngere Dryaszeit, 990–950 cm Tiefe. Umfasst den mittleren Teil der *Pinus*zeit. Der Klimarückschlag ist, soweit er aus unseren Daten erschlossen werden kann, nicht bedeutend, wie es überhaupt im schweizerischen Alpenvorland die Regel ist. Für weitere kleine Klimaschwankungen innerhalb des Schlussabschnittes des Spätglazials gibt unser Zugersee-Diagramm keine Anhaltspunkte.

4. Periode von Firbas = Präboreal, 950–890 cm Tiefe. Umfasst den jüngeren Teil der *Pinus*zeit. Eintritt einer dichten Bewaldung. Übergang zur postglazialen Wärmezeit.

5. Periode von Firbas = Boreal, 890–600 cm Tiefe. Umfasst die *Corylus*-Eichenmischwaldzeit. Höhepunkt der postglazialen Wärmezeit, Klima warm und trocken.

6. Periode von Firbas = Älteres Atlantikum, 600–330 cm Tiefe. Umfasst die Eichenmischwald-*Corylus*zeit bis zur Überschneidung der absteigenden Eichenmischwaldkurve durch die *Alnus*kurve. Klima noch wenig verändert, vermutlich langsam etwas feuchter und kühler, was durch die langsame Ausbreitung von *Alnus*, *Abies* und *Fagus* angedeutet wird.

7. Periode von Firbas = Jüngeres Atlantikum, 330–170 cm Tiefe. Umfasst die *Alnus-Abies-Fagus*zeit. Die Umstellung des Klimas gegen die heutigen Verhältnisse hin geht weiter. So ergibt das Jüngere Atlantikum die natürliche Fortsetzung des älteren Teils dieses Zeitabschnittes.

8. Periode von Firbas = Subboreal, 170–50 cm Tiefe. Umfasst die *Alnus-Fagus-Abies*zeit. Beginnt an der Stelle, wo der Anteil von *Alnus* an der Baumpollen-

kurve sprunghaft in die Höhe geht, wohl weil der *Alnus*-Uferwald in die Nähe gerückt ist. Manche Urgeschichtsforscher nehmen in dieser Periode ausgesprochene Trockenzeiten an, die in der Bronzezeit ihren Höchststand erreicht haben sollen[7]. M. und J. Speck (loc. cit.) glauben, der Seespiegel habe sich während der spätbronzezeitlichen Siedlung so stark erniedrigt, dass die Siedlung auf dem trockenen Boden gestanden habe. Bietet unser Diagramm Anhaltspunkte für solche Seespiegelschwankungen? Man kann geneigt sein, die Abnahme von *Abies* und die Zunahme von *Fagus* als Zeichen für ein Trockenerwerden des Klimas zu deuten. Auch die Zunahme von *Alnus* kann so erklärt werden, falls sie von der Besiedlung trocken gewordenen Seeuferbodens durch die Erle herrührt. Sie könnte aber ebenso als Folge der Höherlegung des Seespiegels und der Besiedlung von neu überschwemmtem Boden durch Erlenbestände bewirkt sein. Und zudem nimmt die Erlenkurve gerade in der Zeit der bronzezeitlichen Siedlung ausgesprochen ab. In der für die neolithische Siedlungszeit vermuteten Tiefe steht sie bald hoch bald tief. Wir dürfen allerdings in den Siedlungszeiten mit einer teilweisen Rodung der umliegenden Auenwald- oder Sumpfwaldbestände rechnen, tun aber doch besser, Trockenzeiten nicht auf die Ausbreitung der Erle zu begründen. Denn gewöhnlich wird die Ausbreitung dieser hygrophilen Bestände als ein Zeichen feuchten Klimas gewertet. Falls wirklich in unserem Subboreal trockenere Zeiten eingeschaltet sind, so können diese nach den Ergebnissen der Pollenanalyse nur ein schwaches Ausmass erreicht haben.

9. Periode von Firbas = Subatlantikum, 50 cm Tiefe bis Bodenoberfläche. Diese Zeitspanne ist im Diagramm nur noch angedeutet, und da in dieser Zeit der Mensch sich in steigendem Masse in das Geschehen eingeschaltet hat, Zeiten starker Einwirkungen auf die Vegetation mit Zeiten des Rückganges des menschlichen Einflusses wechselten, so sind aus dem Diagramm auch die natürlichen Gesetzmässigkeiten nur schwer zu erkennen. Ein eigentlicher Klimasturz, wie er für die späte Hallstattzeit etwa gelehrt wird, kommt im Diagramm nicht zum Ausdruck. Er müsste wahrscheinlich in den obersten Spektren noch zu erkennen sein. Vielleicht deutet aber doch die Zunahme des *Picea*pollens ein leichtes Rauherwerden des Klimas an, während die Zunahme des Eichenpollens auf der Hege der Eiche durch den Menschen beruhen kann.

Da wir über zwei sichere Fixpunkte verfügen, den einen oben, den andern unten im Diagramm, so können wir versuchen, unter der Annahme gleichmässiger Sedimentation der Seekreide die Dauer der zwischen diesen Fixpunkten liegenden, von uns unterschiedenen Zeitabschnitte zu berechnen. Der untere Fixpunkt ist das Ende der Allerödperiode, das nach Warwenmessungen und Radiocarbonbestimmungen auf ca. 8800 v.Chr. eingesetzt werden kann. Der obere Fixpunkt ist die untere Kulturschicht der spätbronzezeitlichen Siedlung. Prof. F.E. Zeuner in London hat in frdl. Weise mit der Radiocarbonmethode das Alter eines horizontal in der untern Kulturschicht liegenden, dicken Brettes zu 3170 ± 110 Jahren bestimmt (briefl. Mitt. 10. III.1955). Das führt auf das Jahr 1220 v.Chr. zurück. Da die Eiche, die das Brett lieferte, bereits ein dicker Baum war, als sie gefällt wurde, dürfen wir ihr wohl ein Alter von etwa 200 Jahren zumessen. Das ergibt für das Holz des Stammes ein mittleres Alter von 100 Jahren in der Zeit, als es zum Bau der Siedlung benützt wurde. Das Alter der Kulturschicht ist um diesen Be-

[7] Vgl.: W. Lüdi, Die vorgeschichtlichen Pfahlbauten als naturwissenschaftliches Problem. – Ber. Geobot. Inst. Rübel **1955** 1956 (108–136).

trag jünger, als die Bestimmung angibt, macht ca. 1100 v. Chr. Zwischen dem unteren und dem oberen Fixpunkt sind also rund 7700 Jahre verflossen, und in dieser Zeit wurden rund 910 cm Seekreide gebildet (990 bis 80 cm Tiefe). Das ergibt im Mittel pro Jahr eine Sedimentation von 1.18 mm, und für die verschiedenen Zeitabschnitte erhalten wir folgende Zeiten:

Zeitabschnitt	Sediment in mm am Zugersee	Dauer des Zeitabschnittes in Jahren: Zugersee	Mitteleuropa Firbas, 1949	England Godwin, 1957
Alleröd	1100	930	1000	
Jüngere Dryaszeit	400	340	700	500
Präboreal	600	510	1300	700
Boreal	2900	2450	1300	2130
Älteres Atlantikum	2700	2290	1500	} 2500
Jüngeres Atlantikum	1600	1350	1500	
Subboreal bis Kultursch.	900	760		
Subboreal ganz, geschätzt		1000	1700	

Die für den Zugersee berechnete Dauer der Zeitabschnitte ist sicher ungenau, dürfte aber doch in der Grössenordnung richtig sein, da die Sedimentation während der ganzen Zeit ohne Unterbruch und wohl auch ziemlich gleichmässig weiterging. Das Subboreal ist natürlich nur unvollständig einbezogen, dürfte aber doch den grössten Teil dieser Periode umfassen, da die Spätbronzezeit gegen das Ende dieses Zeitabschnittes liegt. Wir setzen schätzungsweise für die ganze Periode 1000 Jahre ein.

Unsere Berechnung ist ein Versuch durch Auswertung eines günstigen Objektes. Der Vergleich mit den Werten von F. Firbas[8] ergibt zum Teil grosse Unterschiede. Alleröd stimmt einigermassen. Aber die Jüngere Dryaszeit und das Präboreal erscheinen viel zu kurz, das Boreal und das Ältere Atlantikum viel zu lang. Nun sind die Angaben von Firbas, die im Jahre 1949 veröffentlicht wurden, nur grobe Schätzungen, die der Verfeinerung bedürfen, sobald die nötigen Grundlagen vorliegen. Die Radiocarbon-Methode ist geeignet, hier einzugreifen, und die von H. Godwin und seinen Mitarbeitern[9] im Jahre 1957 angegebenen Werte, die in der Tabelle hinten stehen, kommen den unsrigen viel näher. Es ist auch mit der Möglichkeit zu rechnen, dass die Blytt-Sernanderschen Zeiten in Nordeuropa (Firbas stützt sich vor allem auf skandinavische Untersuchungen) und im südlichen Mitteleuropa nicht alle gleichzeitig sind, sondern sich gegen Süden hin verschieben.

---

[8] Franz Firbas, Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen. 1. Band Allgemeine Waldgeschichte. – G. Fischer Jena 1949 (480 S., 157 Abb.).

[9] H. Godwin, D. Walker, E. H. Willis, Radiocarbon dating and postglacial vegetational history: Scaleby Moss. – Proc. of the Royal Soc. **147** 1957 (352–366).

Dies anzunehmen liegt namentlich für das Präboreal nahe, und Lüdi hat für das Gebiet des Zürichsees bereits früher (loc. cit. 1957) in Betracht gezogen, dass möglicherweise zur Zeit des nördlichen Präboreals im Alpenvorland bereits die Anfänge des Eichenmischwaldes eingezogen waren. Auch das Subboreal der nördlichen Chronologie dürfte ein Stück weit in unser Jüngeres Atlantikum hineinreichen. Vielleicht ging die Entwicklung der Vegetation nach dem Ende der Allerödzeit überhaupt im Süden rascher vor sich als im Norden, so dass Jüngere Dryaszeit und Präborealzeit verkürzt wurden. Eine verlangsamte Sedimentation, die geeignet wäre, die zu kurzen Sedimentdicken zu erklären, ist gerade für diese Zeitabschnitte nicht anzunehmen, sondern eher das Gegenteil.

Zusammenfassung: In „Sumpf" nahe dem Nordufer des Zugersees, wurde eine spätbronzezeitliche Siedlung ausgegraben. Ein in der Siedlung entnommenes, stratigraphisch und pollenanalytisch untersuchtes Bodenprofil reichte bis in 11.70 m Tiefe und repräsentierte eine zusammenhängende Sedimentation von Seekreide (zu unterst Mergel) vom Spätglazial (ältere Dryaszeit) bis zum Beginn des Subatlantikums (vgl. Abb. 1 und 2). Das Pollendiagramm stimmte im wesentlichen mit dem im Jahre 1957 durch W. Lüdi veröffentlichten aus dem Untergrunde des Zürichsees überein. Doch war der Anteil von *Corylus* am Zugersee im Boreal und im Älteren Atlantikum sehr viel grösser, ebenso der des Eichenmischwaldes im Älteren Atlantikum. Der Anstieg der Kurven von *Abies*, *Fagus* und *Alnus* geschah während des Älteren Atlantikums auffallend langsam und gleichmässig, was auf die besonderen Umweltsverhältnisse am Zugersee zurückgeführt wird (ausgedehntes, sumpfiges Ufergelände; höheres Gebirge in der Nähe). Es wird versucht, die mittlere jährliche Sedimentation für die Stelle der Profilentnahme festzustellen und daraus die Dauer der verschiedenen Zeitabschnitte nach Blytt-Sernander in Jahren zu berechnen (vgl. Tab. S. 139).

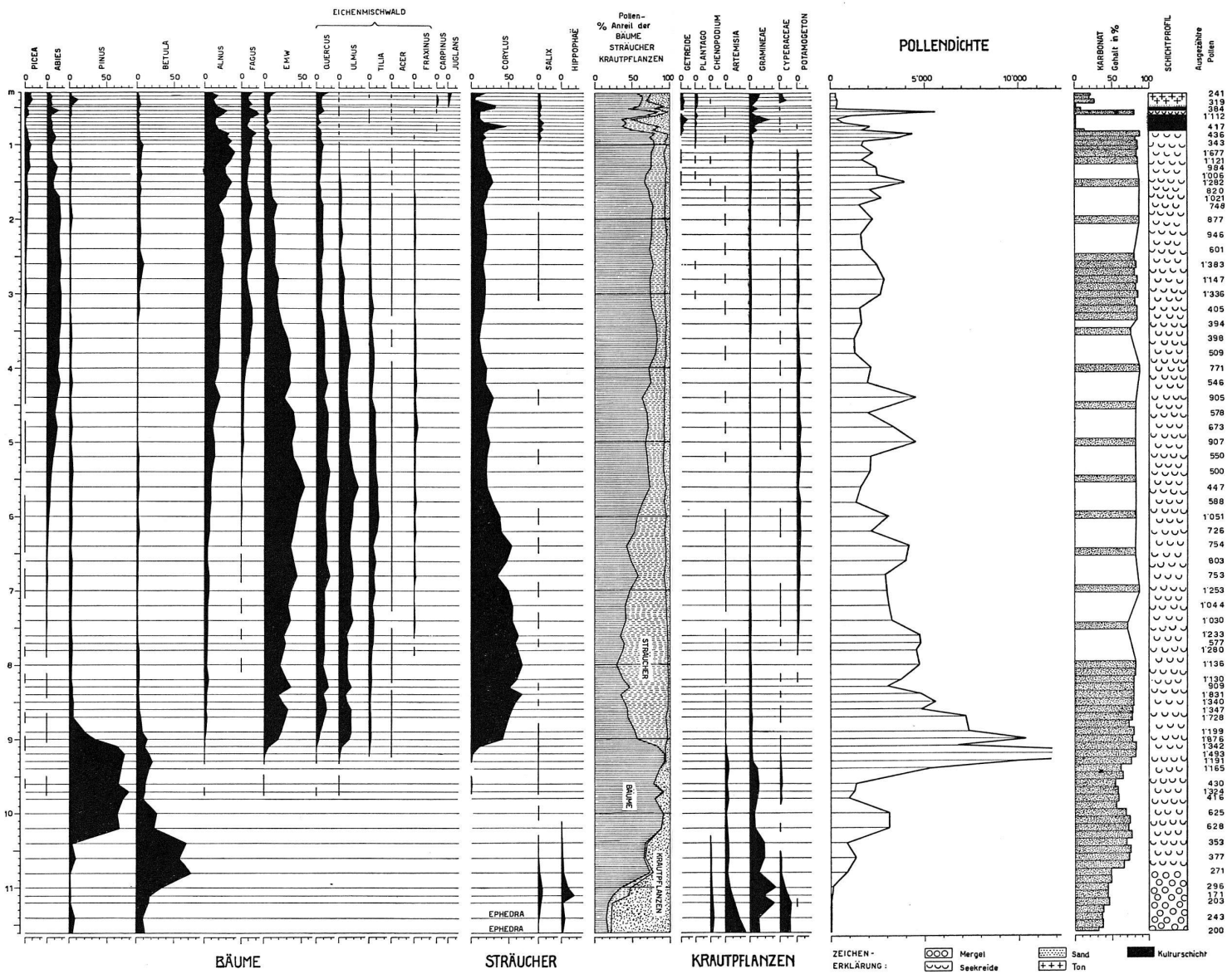


Abb. 1. Aufgelöstes Pollendiagramm mit Angabe der Anteile der einzelnen Typen von Blütenpollen und Pteridophytensporen an der gezählten Gesamtzahl.

Rechts: Sedimentbeschaffenheit.