Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Luzern

Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Luzern

Band: 30 (1988)

Artikel: Zur Landschaftsgenese, Vegetations- und Klimageschichte am Nordwesthang der Rigi

Autor: Wynistorf, Ernst

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-523542

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: 11.08.2025

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

Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Luzern | Band 30 1988

Zur Landschaftsgenese, Vegetations- und Klimageschichte am Nordwesthang der Rigi

ERNST WYNISTORF

Zusammenfassung

Die aktuelle Landschaft und ihr Formenschatz sind das Resultat von vielen, z. T. während Jahrtausenden wirkenden Prozessen und Kräften. Für das in diesem Artikel beschriebene Gebiet, der Nordwesthang der Rigi, sind seit Beginn des Eiszeitalters die abtragenden und ablagernden Vorgänge der eiszeitlichen Reuss- und Lokalgletscher, gefolgt von Abtragungen und Ablagerungen der Nacheiszeit bis hin zu den teilweise starken, reliefverändernden Eingriffen des Menschen für die aktuelle Landschaft und ihren Formenschatz verantwortlich. Bei morphogenetischen Untersuchungen ist die Geschichte der Vegetationsentwicklung von grosser Bedeutung, da die jeweils vorhandene Vegetation das Resultat von Geologie, Boden, Relief, Klima und Zeit darstellt und dadurch diesbezügliche Rückschlüsse erlaubt. Die Vegetationsgeschichte ist seit dem Rückgang der Gletscher auf Seeboden, einer Verflachung am Nordwesthang der Rigi auf rund 1000 m ü. M., durch eingelagerte Pollen und Sporen in Sedimenten (Torf und Ton) archiviert worden. Die Palynologie (Pollenanalyse) entschlüsselt die Vegetationsgeschichte und lässt auch Rückschlüsse auf das Klimageschehen zu. Bis heute gelang es dem Verfasser, die Vegetations- und Klimageschichte über den Zeitraum von zirka 14500–3500 Jahren B. P.* zu rekonstruieren und dadurch auch wichtige Hinweise für die geomorphologische Bearbeitung des Gebietes zu erhalten. Die Arbeiten werden dahingehend fortgesetzt, indem die jüngsten Profilabschnitte bezüglich der ur- und frühgeschichtlichen menschlichen Landnahme untersucht werden.

Résumé

Le paysage actuel et ses variétés de formes sont le résultat de nombreux processus et forces dont certains ont agi pendant des milliers d'années. Pour la région décrite dans cet article, le versant nord-ouest du Rigi, le paysage actuel et ses variétés de formes sont dus d'abord, dès le début de la période glaciaire, aux mouvements du glacier de la Reuss et des glaciers locaux, ensuite aux érosions et aux sédimentations de l'époque postglaciaire, enfin aux interventions de l'homme, dont certaines sont importantes et peuvent modifier le relief. Dans les recherches morphogénétiques, l'histoire du développement de la végétation est d'une grande importance étant donné que partout la végétation existante résulte du sol, du relief, du climat, du nombre d'années, etc., ce qui permet d'en tirer des conclusions. Depuis le recul des glaciers sur Seeboden, plaine située sur le versant nord-ouest du Rigi, à 1000 m d'altitude environ, le développement de la végétation est conservé grâce aux pollens et aux spores des plantes logés dans les sédiments (tourbe et

* B. P. = before present (= Jahre vor 1950).

argile). La palynologie (l'analyse des pollens) étudie l'histoire de la végétation et en tire des déductions quant à l'histoire du climat. A ce jour, l'auteur a pu reconstruire l'histoire de la végétation et du climat sur la période qui va de 14500 à 3500 ans BP environ. Ainsi a-t-il également recueilli des indications importantes pour une étude géomorphologique de la région. Les recherches seront poursuivies.

Abstract

The present-day landscape and its wealth of forms are the result of many processes and forces which have been working in part for thousands of years. In this article the area of the north-west slope of the Rigi is described. The reasons for the present-day landscape and its wealth of forms are as follows: Since the beginning of the glacial period the activities of the glacial Reuss and the local glaciers were responsible. These were followed by the levellings and sedimentations during the post-glacial period up to the partly strong interference of man which changed the relief. For the morphological investigations the history of the development of the vegetation is very important because the prevailing vegetation represents the result of ground, relief, climate, time etc. and allows us to draw conclusions. Since the receding of the glaciers to Seeboden, a flattening on the north-west slope of the Rigi to about 1000 m above sea-level, the development of the vegetation has been recorded by pollens and spores of plants which were embedded in sediments (peat and clay). The palynology (analysis of pollens) deciphers the history of the vegetation and allows us to draw conclusions of the vicissitudes of the climate. Up to now the author of this article has succeeded in reconstructing the history of the vegetation as well as the history of the climate of the period from about 14500 to 3500 B. P. At the same time he also obtained important indications for the geomorphological treatment of this area. Work on this project will be continued.

Einleitung

Dieser Beitrag ist eine kurze und vereinfachte Zusammenstellung von vom Verfasser gemachten Untersuchungen zur Landschaft und Landschaftsgenese am Nordwesthang der Rigi (Abb. 1). Dabei wurden verschiedene Arbeitsmethoden angewandt.

Die aktuelle Landschaft und ihr Formenschatz ist keine feste Konstante, sondern das Resultat von vielen Prozessen und Kräften, die z. T. über lange Zeiträume wirken und so für uns kaum sichtbar ablaufen und Veränderungen bringen. Selten sind landschaftsformende Vorgänge, die schnell ablaufen und somit die Landschaft für uns ersichtlich verändern, wie z. B. Murgänge, Bergstürze u. a. Die meisten der formenbildenden Prozesse laufen sehr langsam und kaum merkbar ab, oder wirken seit langer Zeit nicht mehr. Die aktuelle Landschaft ist also einerseits eine Momentaufnahme eines dynamischen Ablaufes, anderseits das Ergebnis eines wechselvollen Geschehens mit zu ganz verschiedenen Zeiten und Bedingungen gebildeten Elementen und Formen. Während die geomorphologische Karte quasi die Momentaufnahme der Landschaft mit ihrem Formenschatz wiedergibt, versucht die morphogenetische Untersuchung Landschaft und Formenschatz in ihrer zeitlichen Entstehung und Entwicklung zu erklären. Dabei können Klima- und Vegetationsgeschichte wertvolle Beiträge leisten. Für das kartierte Gebiet ist die Vegetationsentwicklung seit dem Rückgang der eiszeitlichen Gletscher durch eingelagerte Pollen und Sporen in Sedimenten archiviert worden, sie kann durch pollenanalytische Untersuchungen entschlüsselt werden. Die wichtigsten Resultate und Erkenntnisse der pollenanalytischen Untersuchungen, die noch fortgesetzt werden, sollen hier neben der geomorphologischen Kartierung kurz vorgestellt werden.

Geomorphologische Kartierung

Die geomorphologischen Aufnahmen erfolgten in den Jahren 1981 bis 1985. Ältere morphologische Arbeiten sind mit Ausnahme

Abb. 1: Blick auf die oberen Teile des Rigi-NW-Hanges. Links Rigi Kulm (1797,5 m ü. M.). Die Rigi zeigt sich bis auf den Seeboden hinunter verschneit, die bestehenden Wälder treten dadurch schön hervor.

von RÜTIMEYER (1877) und HUEBER (1974) keine vorhanden. Viele wichtige und nützliche Resultate zur Geomorphologie finden sich aber wie üblich in den vielen geologischen Arbeiten zur Rigi. Dazu seien folgende Autoren in chronologischer Reihenfolge genannt: KAUFMANN (1860 und 1872), KOPP (1949, 1954, 1961 und 1971), JÄCKLI (1956 und 1970), HANTKE (1958, 1968, 1970 und 1980), STÜRM (1973).

Die in Fig. 1 wiedergegebene, geomorphologische Karte ist eine starke Vereinfachung einer farbigen und mit Overlay versehenen Karte (WYNISTORF 1985). Es musste infolge der vielen Einzelformen auf die sonst übliche, flächenhafte Darstellung von geomorphologischen Prozessen wie Denudation, Erosion und Akkumulation in dieser einfarbigen Karte verzichtet werden. Von gehäuft auftretenden Formen wie z. B. Findlingen, konnten nur die wichtigsten in die Karte aufgenommen werden. Auch nicht dargestellt, aber unten besprochen, sind flächen-

Abb. 2: Rutschende Vegetationsdecke mit deutlich «geknicktem» Baum bei Küssnacht.

Abb. 3: Rutschung mit Ausbruchsnische und Zunge bei Küssnacht (19. Oktober 1981). Ein Wasseraustritt ist Ursache dieser Rutschung.

deckende Moränen (Grundmoränen, Moränendecken). Zur Karte und den untenstehenden Erläuterungen sei dem Leser das gleichzeitige Benützen einer topographischen Landeskarte, Blatt 1151 Rigi, empfohlen.

Erläuterungen zur Geomorphologie

Einige im Gebiet wichtige Vorkommen und Formen sollen hier kurz vorgestellt und besprochen werden:

Berg- und Felsstürze: Berg- und Felsstürze sind im Gebiet der Rigi häufig. Die Zerklüftung der Nagelfluhbänke begünstigt die Durchnässung der dazwischenliegenden Mergelschichten, auf denen dann die Nagelfluhbänke abgleiten. Kopp (1971) zählt an der Rigi über fünfzig solcher grösseren und kleineren Bergstürze.

Murgänge und grosse Moränenrutschungen: von der Rigi wird von zahlreichen Murgängen (auch Rübi genannt) berichtet. Murgänge wiederholen sich episodisch und entstehen hier vorwiegend in Lockergesteinen (Moränen). Moränenrutschungen sind jedoch einmalige Ereignisse. Speziell seien für das Untersuchungsgebiet der «Berglirutsch» und der «Rutsch» von «Ghürsch» genannt, wobei der Erstgenannte das Gebiet von Greppen fächerartig überschüttete und der zweite bei der Tieferlegung des ehemaligen Seeleins der Chrüzegg (Seebodenalp) ausgelöst wurde und das Zugerseeufer bei Ghürsch überschüttete.

Kleinere Rutschungen und rutschende Vegetationsdecken: Einzelne Rutschungen, Erdrutsche in den Moränendecken, findet man an den Rigihängen häufig. Als rutschfördernd erweisen sich auch hier der geologische Aufbau, Schichtquellen und Staunässe. Abb. 2 zeigt eine rutschende Vegetationsdecke und Abb. 3 eine kleine Rutschung, beide bei Küssnacht.

Abgelenkte Bachläufe: Gelegentlich las-

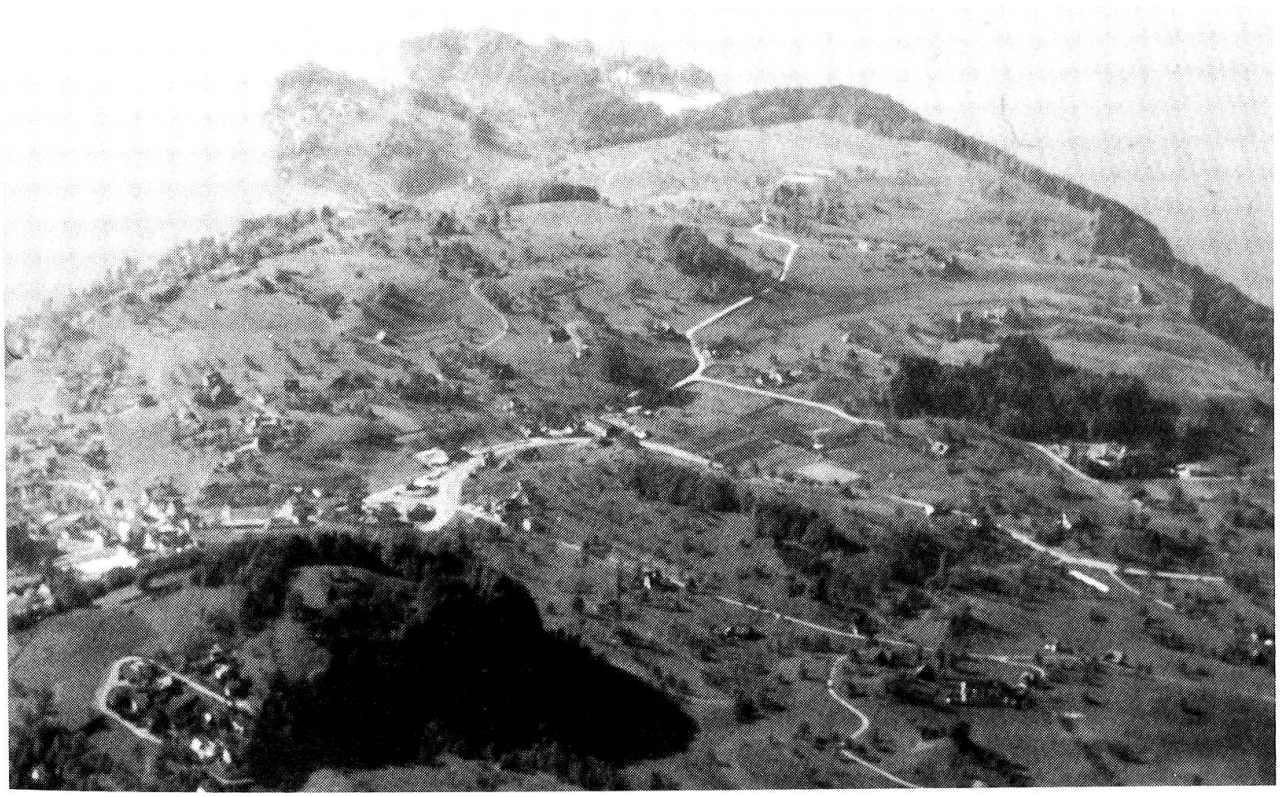


Abb. 4: Detailaufnahme der Halbinsel Hertenstein. Im Vordergrund links erkennt man Weggis-Unterdorf und rechts davon den markanten Rundhöcker «Rigiblick» mit sanfter Luv- und steiler Leeseite. Ebenso deutlich erkennt man die morphologisch sich manifestierenden Brüche von «Postunen» (im Hintergrund) und parallel dazu im Mittelgrund den Bruch von Weggis gegen Baumenweid.

sen sich, wiederum durch das Auftreten von verschiedenen widerstandsfähigen Gesteinsschichten in der Molasse bedingt, Flussablenkungen nachweisen, so z. B. beim Fluebach-Widenbach nordöstlich von Greppen.

Kare: Kare als eiszeitliche Erosions- und Denudationsformen der lokalen Rigivergletscherung sind besonders schön am Rigi-NW-Hang erhalten, so das Spitzwaldkar, das Rütlersplangg-Kar (= Vorder Rigiwaldkar) und das Kar im Hintern Rigiwald. Die Karböden sind mit Hangschutt und Moränenmaterial, z. T. mit Schwemmkegeln, Seeablagerungen und Torf bedeckt, resp. aufgefüllt.

Rundhöcker und Drumlin: Rundhöcker als glaziale Erosionsformen und Drumlins als langgestreckte, aus Moränen und fluvioglazialen Schottern bestehende Akkumulationsformen, sind besonders schön auf der Halbinsel Hertenstein zu finden. Die Formen heben sich deutlich vom Relief ab, was Abb. 4, vom Rigi-Chänzeli aus aufgenommen, zeigt. Rundhöcker sind ohne Aufschluss von Drumlins oft nicht eindeutig zu unterscheiden. Die Vielfalt von Form und Aufbau ist gross. Wo Aufschlüsse fehlen, kann oft die Vergesellschaftung der Form bei der Ansprechung helfen, wobei aber letzte Zweifel bestehen bleiben.

Erratische Blöcke/Findlinge: Das kartierte Gebiet ist reich an Findlingen. Besonders hervorzuheben gilt es den «Albert Heim-Stein» bei Chrüzegg auf der Seeboden-Moräne. Viele dieser erratischen Blöcke wurden durch Hausbau, Strassenbau, Aushub ans Tageslicht gebracht, verschoben oder zerstört.

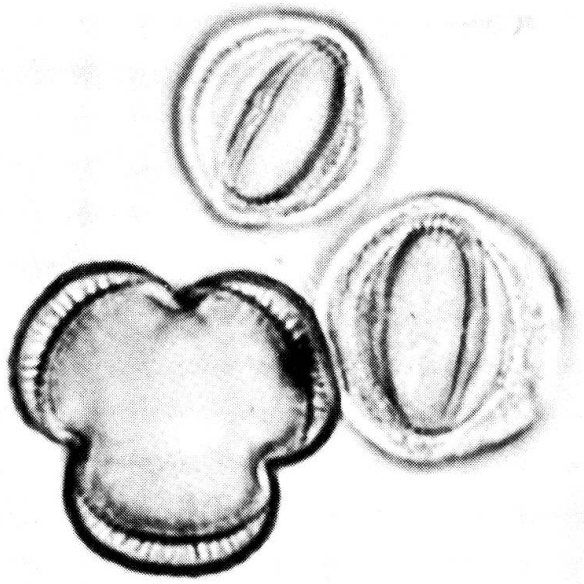


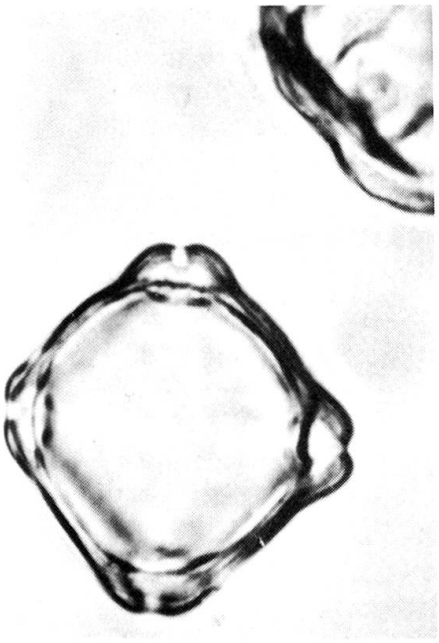
Abb. 5a, b, c und d: Mikroskopische Aufnahmen von Pollen (alle mit 625facher Vergrösserung aufgenommen. Grösse: ca. 30–80 μm).

a: *Ephedra* (Meerträubchen)

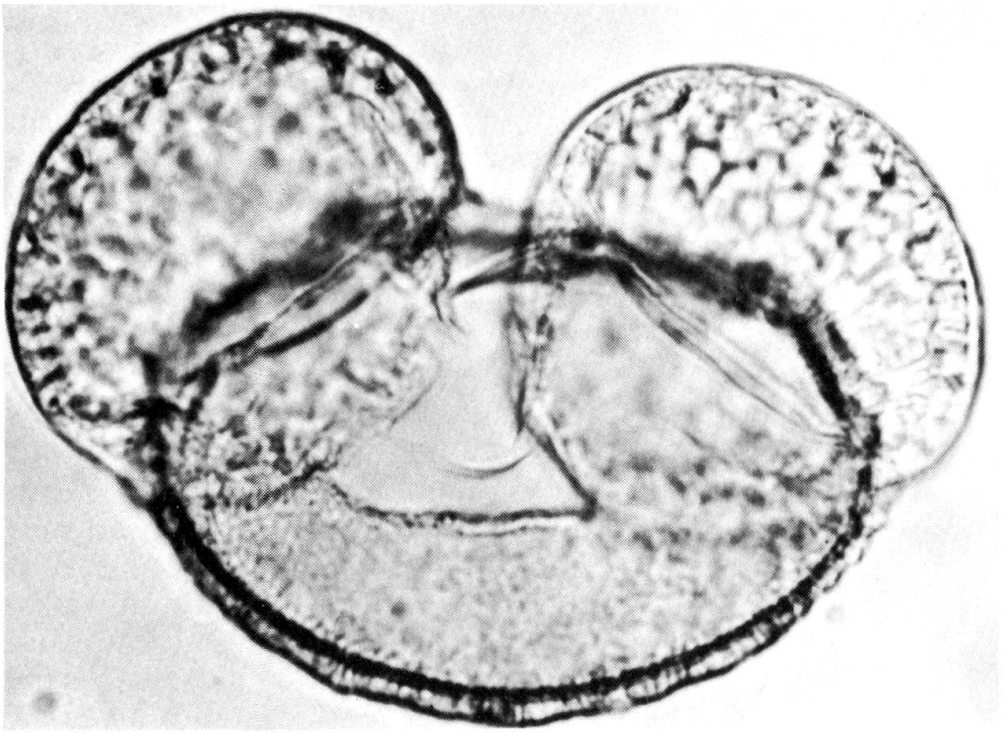
b: *Arthemisia* (Beifuss)

Schottervorkommen («Küssnachterschotter»): Schottervorkommen, seien diese glazifluvialer, fluvioglazialer oder fluvialer Entstehung, finden wir an der Rigi vorwiegend am Hangfuss und in unterer Hanglage, sowie im Talboden. Hier ist, wie bei den «Küssnachterschottern», die genaue Herkunft und Entstehung nur durch aufwendige Spezialuntersuchungen zu ergründen, wie dies durch HUEBER (1974) gemacht wurde. HUEBER hält diese Schotter für fluvioglaziale Ablagerungen, die im Spätwürm entstanden sein sollen. HANTKE (1980) sieht für die allerdings etwas tiefer gelegenen Schotter früh-hochwürmzeitliches Alter.

Moränen: In der Karte sind die Moränenwälle nicht chronologisch geordnet worden, Grundmoränen und Moränendecken, obwohl eine recht häufig vorgefundene Ablagerung aus der Glazialzeit, wurden nicht in die hier wiedergegebene Karte aufgenommen. Auffallend und gut sichtbar im Gelände ist die mit ihren Ausläufern über 2,8 km lange «Seeboden-Moräne», eine gewaltige Seitenmoräne, die die ehemaligen Karböden auf Seebodenalp abdämmt. Der Wall ist zwar mehrmals durchbrochen, allerdings ohne dass ein Aufschluss Einsicht in das Innere dieser Wallmoräne gewähren würde. Schon KAUFMANN (1860) sieht diesen gewaltigen Wall als hochwürmzeitliche Seitenmoräne des ehemaligen Reussgletschers. Wieweit auch die lokalen Rigigletscher zu Lokalisation und Aufbau beigetragen haben, lässt sich nicht genau abschätzen. Der Wall von Alpetli im nördlichen Teil des Seebodens ist als entsprechende Seitenmoräne des Zugerseearmes (Reuss-Muota-Gletscher) zur Seebodenmoräne zu betrachten (siehe auch HANTKE 1980). Viele Moränenwälle findet man im Gebiet der Gemeinde Küssnacht. Diese sind aber oft durch Flusserosion zerschnitten, mit Flussablagerungen hinterfüllt, auch abgerutscht oder durch Strassen- und Siedlungsbau verunstaltet. Die tieferen Wälle und Wallresten sind oft «drumlinartig» geformt und wahrscheinlich vom Gletscher überfahren worden. Auffällige Wälle



c: *Alnus glutinosa* (Schwarzerle)



d: *Pinus sylvestris* (Waldkiefer)

ziehen zur «Gesslerburg» und zur «Hohlen Gasse», wobei beide Wälle mehrmals durchbrochen sind.

Weitere Formen: Alle weiteren kartierten Formen werden nicht vorgestellt. Es sei auf die Legende der Karte sowie auf die Fachliteratur verwiesen.

Vegetationsgeschichte mit Hilfe der Pollenanalyse

Eingelagerte Pollen (Blütenstaubkörner) und Sporen von Pflanzen in Sedimenten wie Torf, Ton usw. erweisen sich als sehr widerstandsfähig gegenüber biologischem und chemischem Abbau. So eingebettet unter Luftabschluss (Sauerstoff korrodiert Pollen und Sporen) bleiben die verschiedenen Palynomorphen über Jahrtausende für den Palynologen erkennbar erhalten. Aus einer Sedimentationsabfolge, seien dies nun Wandproben oder Proben aus Bohrkernen, die im Labor über verschiedene Schritte dem Sediment entsprechend aufbereitet werden, erhält man die gut den Pflanzen zuzuweisenden, resistenten, mannigfaltig sich unterscheidenden Hüllen der Pollen und Sporen (vgl. die Abb. 5a–d). Diese Palynomorphen werden unter dem Mikroskop (Vergrösserungen von 200 bis 1000x) bestimmt und gezählt. Die prozentuale Zusammensetzung der verschiedenen, analysierten Horizonte eines Profils werden schliesslich in einem Pollendiagramm übereinander aufgezeichnet und so übersichtlich dargestellt, dass Veränderungen in der anteilmässigen Zusammensetzung deutlich ersichtlich werden. Die Gründe für das Ansteigen, Zurückgehen, Dominanzwechsel oder gar Ausbleiben von Sporen und Pollen einzelner Taxa sind ganz verschieden, so u. a. verschiedene Pollenproduktion, wechselnde Ablagerungsverhältnisse, Einwanderung neuer Arten, Konkurrenz, Bodenreifung, Veränderungen bei Hydrologie, Sedimentation und Klima, Eingriffe des Menschen in die natürliche Vegetation usw. Oft sind wohl mehrere

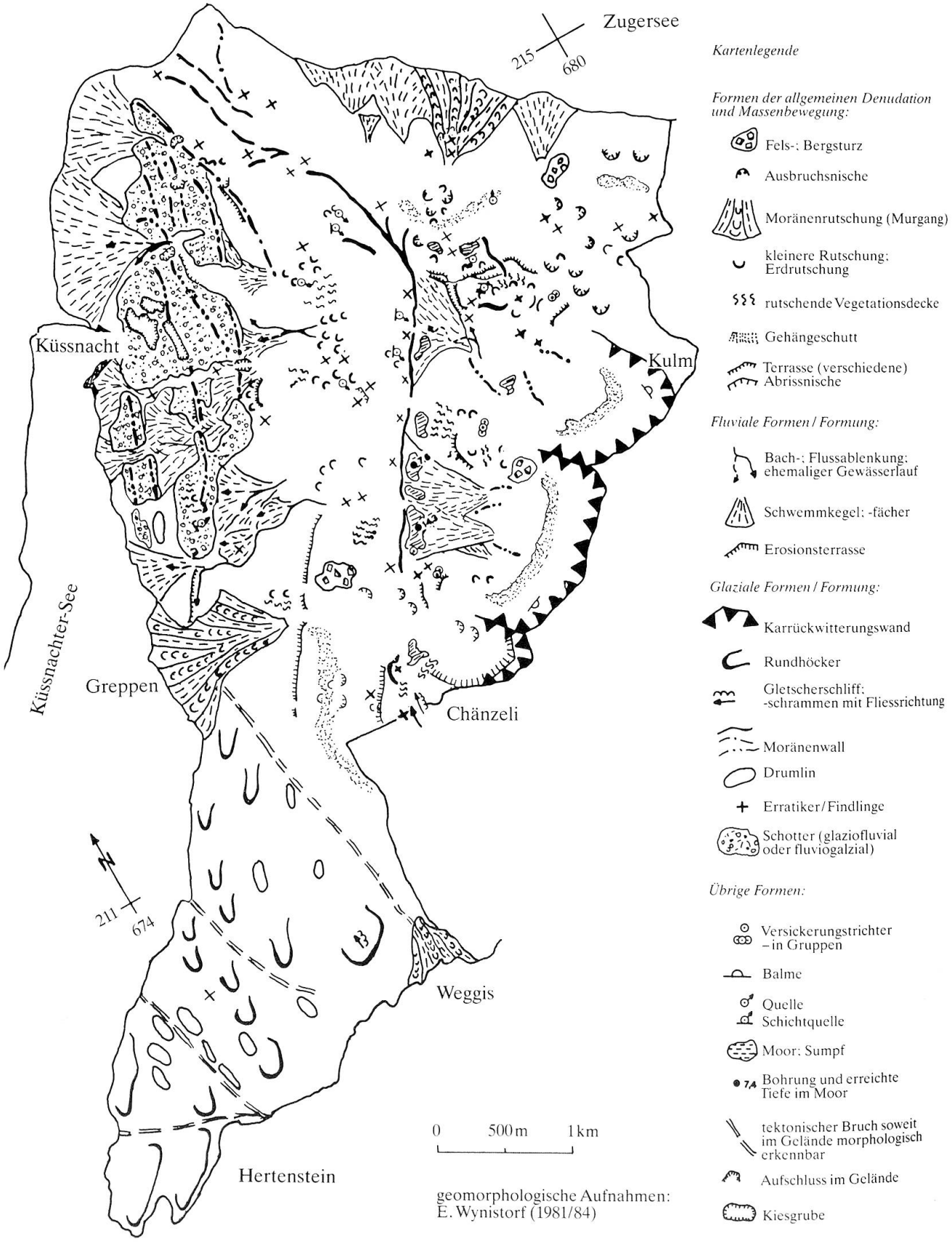


Fig. 1: Geomorphologische Karte des Rigi-NW-Hanges (vereinfacht aus WYNISTORF, 1985).

Faktoren zusammen für die unterschiedlichen Zusammensetzungen der einzelnen Horizonte verantwortlich, gleichwohl lässt sich aber aus solchen Pollendiagrammen die Vegetationsgeschichte herauslesen. Daneben lassen sich aber auch Rückschlüsse auf die Klimageschichte, auf menschliche Landnahmen usw. ziehen.

Pollenanalytische Untersuchungen auf Seeboden

Methodisches

Bohrungen: Mit der Dachnowsky-Sonde (vgl. Abb. 6, 7), die einzelne Kerne von 30 cm Länge liefert, wurden Handbohrungen im «Dreipunktverfahren» (OVERBECK 1975) durchgeführt. Eine zusätzliche Bohrung wurde für die Radiokarbon-Datierung gestochen. Alle Bohrkerne wurden sofort nach der Entnahme in Kunststoff- und Alufolien möglichst luftdicht verpackt und bis zur Probeentnahme gekühlt, resp. tiefgekühlt aufbewahrt.

Aufbereitung: Um Verunreinigungen möglichst zu vermeiden, wurden die Bohrkerne im Labor geschält. Anschliessend wurden, je nach Sediment, Proben von 1–5 mm Scheibendicke entnommen. Bei der Aufbereitung kamen die nachfolgend beschriebenen bekannten Methoden zur Anwendung:

Torfproben:

- Kochen in HCl (15%), mit Wasser auswaschen
- Versetzen des Rückstandes mit KOH (10%), KOH abzentrifugieren und Siebung durch 500 μm
- Kochen mit HCl (15%), auswaschen mit Wasser, Siebung mit 160 μm
- Acetolyse nach ERDTMAN
- Abzentrifugieren, dekantieren, waschen mit Wasser und Aethanol

Abb. 6: Bei den Bohrarbeiten mit der Dachnowsky-Sonde.

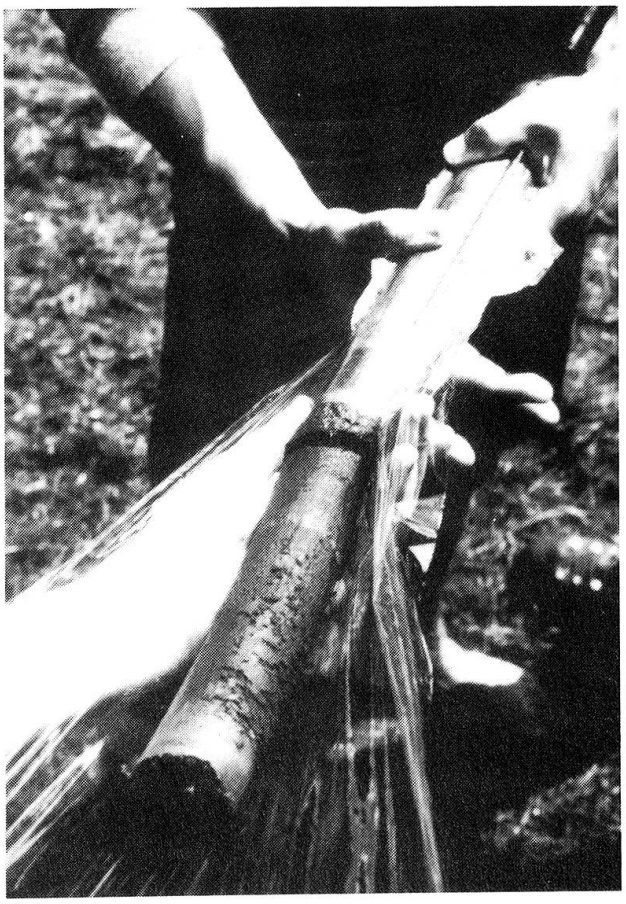


Abb. 7: Das Ausstossen des Bohrkernes aus der Dachnowsky-Sonde.

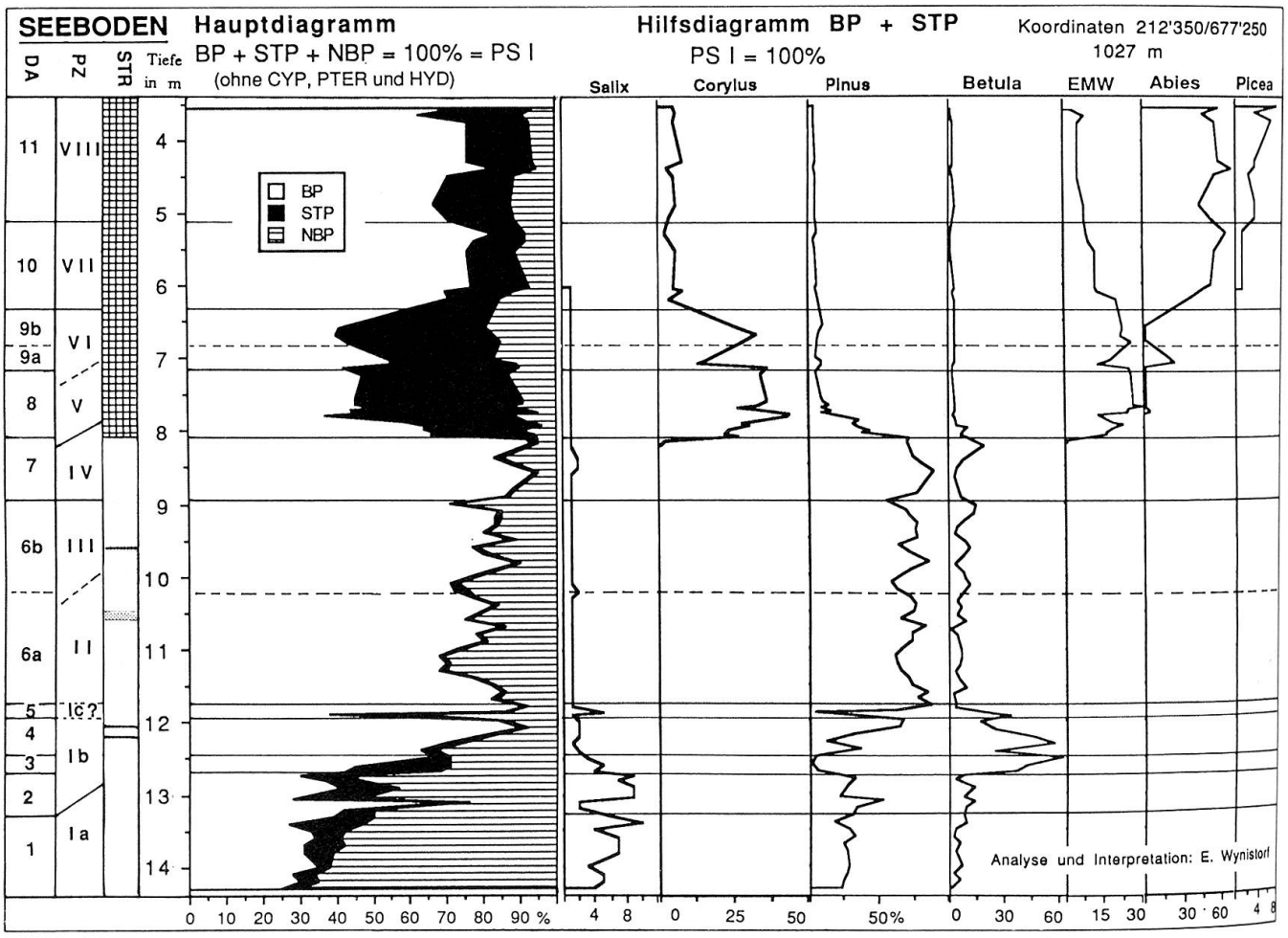


Fig. 2: Pollendiagramm «Seeboden» (Rigi) (vereinfacht aus WYNISTORF, 1985).

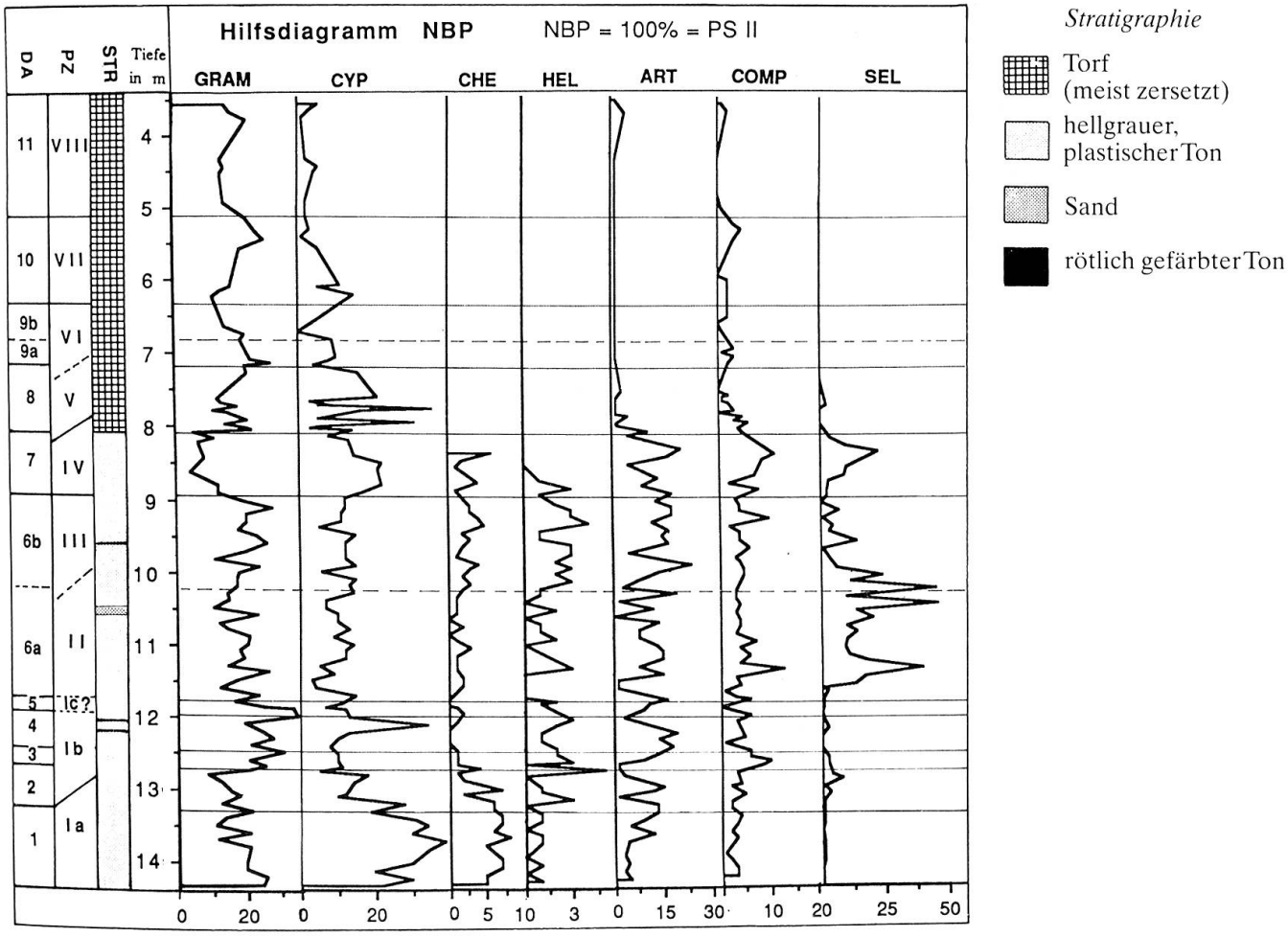
Verwendete Abkürzungen von botanischen Namen

Baumpollen (BP) und Strauchpollen (STP)		
ALN	*Alnus*	(Erle)
COR	*Corylus*	(Hasel)
FAG	*Fagus*	(Buche)
PIC	*Picea*	(Fichte)
TIL	*Tilia*	(Linde)
ULM	*Ulmus*	(Ulme)
EMW	Eichenmischwald	
Nichtbaumpollen (NBP)		
ART	*Artemisia sp*	(Wermut)
CAR	*Caryophyllaceae*	(Nelken)
CHE	*Chenopodiaceae*	(Gänsefuss)
COMP	*Compositae (Liguliflore* und *Tubuliflore*–Compositen)	(Korbblütler)
CYP	*Cyperaceae*	(Riedgräser)
DRO	*Dryas octopetala*	(Silberwurz)
DRY	*Dryopteris-Typ*	(Wurmfarn)
GRAM	*Gramineae*	(Gräser)
HEL	*Helianthemum*	(Sonnenröschen)
HYD	*Hydrophyta*	(Wasserpflanzen)
PTER	*Pteridophyta*	(Farne)
SEL	*Selaginella*	(Moosfarn)
VNB	Varia NBP	

Verwendete Abkürzungen anderer Art

DA	= Diagrammabschnitt
PS	= Pollensumme
T(m)	= Tiefe ab Mooroberfläche (Bohrpunkt) in Meter
PZ	= Pollenzone nach FIRBAS
^{14}C b.p.	= Radiokarbondatierung in Jahren before present (b.p. bezogen auf 1950)
STR	= Stratigraphie

Tabelle 1: Verwendete Abkürzungen und Stratigraphie in Pollendiagramm und Text.



- Überführen des Rückstandes in Glyzerin
- Einbettung in Glyzerin-Gelatine-Präparate.

Tonproben:

- Eliminieren der Silikate und Karbonate durch Kochen in HF und HCl
- Anschliessende Behandlung wie die Torfproben.

Übergangsschichten:

Diese Proben wurden dem Sediment entsprechend mit den oben besprochenen Methoden aufbereitet.

Auszählen: Ausgezählt wurden die Palynomorphen bei Vergrösserungen von 200× bis 1000×. Jede Probe wurde möglichst auf mind. 300 BP und STP ausgezählt. Mit den NBP zusammen ergab das Pollensummen bis 988, wobei BP=Baumpollen, STP=Strauch- und NBP=Nichtbaumpollen. Bei der Bestimmung kamen folgende Lehrbücher und Bestimmungshilfen zur Anwendung: FAEGRI & IVERSEN (1975) und STRAKA (1970, 1975).

Profilbeschreibung/Stratigraphie

Durch Sondierbohrungen wurde der wahrscheinlich tiefste Ort gesucht. Die erreichte Endtiefe von 14,30 m wurde durch die angewandte Bohrtechnik bestimmt. Es darf angenommen werden, dass sich der zähe, plastische Ton nach unten fortsetzt. Die obersten Profilabschnitte werden in einer nächsten Arbeit erbohrt und analysiert.

Stratigraphie in der Übersicht:

3,60– 4,95 m ± stark zersetzter Torf, teilweise stark durchnässt, so dass die Kerne mit den Proben der Tiefen 4,00–4,20 m und 4,60–4,80 m verlorengingen.

4,95– 5,06 m	anorganische Einschwemmung (Sand) im Torf.
5,06– 7,90 m	stark zersetzter Torf.
7,90– 8,15 m	Übergangsschicht von organischer zu anorganischer Sedimentation (Gyttja-Tongyttja), von Auge durch Übergang von brauner zu hellgrauer Farbe ersichtlich.
8,15– 9,59 m	dichter und plastischer Ton von hellgrauer Farbe.
9,59– 9,62 m	Tonbändchen von rötlicher Farbe.
9,62–10,51 m	dichter und plastischer Ton von hellgrauer Farbe.
10,51–10,59 m	dunkle Farbe durch sandige Einlage im Ton.
10,59–12,14 m	dichter und plastischer Ton von hellgrauer Farbe.
12,14–12,16 m	rötlichgefärbter Ton.
12,16–12,19 m	hellgrauer Ton, plastisch und dicht.
12,19–12,22 m	Ton von rötlicher Farbe.
12,22–14,30 m	hellgrauer Ton, plastisch und dicht.

Das Pollendiagramm «Seeboden»

Das Pollendiagramm in Fig. 2 ist eine vereinfachte Wiedergabe eines detaillierten grossflächigen Diagramms. Für die Interpretation standen also mehr Details zur Verfügung, die aus dem vereinfachten Diagramm nicht immer ersichtlich sind. Für Vergleiche mit anderen Lokalitäten siehe auch den Artikel von BURGA in diesem Band oder bei KÜTTEL und LOTTER (1987).

Die Diagrammabschnitte (DA) in der Übersicht: Bei der Analyse und Interpretation wird die vorgestellte Sequenz in Diagrammabschnitte, das sind Zonen mit Horizonten von mehr oder weniger einheitlicher Palynomorphenzusammensetzungen, unterteilt. Diese sollen unten kurz in der Übersicht besprochen werden (der Hauptanteil von BP, STP, übrige NBP oder GRAM ist kursiv gedruckt. Abkürzungen siehe bei den Legenden zum Diagramm):

DA 1: GRAM- und STP-reicher *NBP – Pinus-Betula*-Abschnitt (14,30–13,30 m)

In seinem Gesamtbild zeigt DA 1 mit 70–50% NBP sicher Waldlosigkeit. Die langsame aber stetige Zunahme von BP und STP deuten aber doch auf eine Verbesserung der Klima- oder Bodenverhältnisse hin.

DA 2: STP- und GRAM-reicher *NBP – Pinus-Betula*-Abschnitt (13,30 m–12,75 m)

Auch dieser DA zeigt mit abnehmendem NBP-Anteil aber zunehmendem STP und BP eher günstigere klimatische Verhältnisse an.

DA 3: NBP-reicher, BET-dominanter *BP*-STP und GRAM-Abschnitt (12,75 m–12,50 m)

Dieser Abschnitt mit dem beginnenden STP-Maximum und anschliessendem *Pinus*-Maximum, dann Zurückgehen von *Pinus* und absolutem Maximum von *Betula* kann von Vegetation und Klima her nur schwer gedeutet werden. Sieht man den Kiefer-Gipfel bei 12,65 m als «Zufälligkeit», kann man jedoch mit einsetzendem Strauch-Maximum und dann aufsteigenden *Betula*-Werten und einem ART-Maximum bei den NBP auf eine Klimaverschlechterung schliessen. Um den See scheint aber immer noch Pioniervegetation mit Hochstauden geherrscht zu haben.

DA 4: NBP-häufiger *Betula-Pinus BP*-GRAM- STP-Abschnitt (12,50 m–11,95 m)

Anfänglich setzen sich im DA 4 die Tendenzen vom Ende des DA 3 fort. Aus dem anschliessenden Dominanzwechsel von *Betula* zu *Pinus* mit einhergehenden STP und NBP-Abnahmen kann auf eine Klimaverbesserung in DA 4 geschlossen werden. Im Talboden und an den Flanken dürften nun schon Kiefern und Birken gestanden haben.

DA 5: Strauchreicher *Pinus-Betula BP*-NBP- GRAM-Abschnitt (11,95 m–11,80 m)

DA 5 deutet auf eine Klimaverschlechterung hin. Es ist aber deutlich darauf hinzuweisen, dass über einmalige Ereignisse (1 belegtes Niveau) keine Aussage gemacht werden soll.

DA 6a: PIN-dominanter *BP*- NBP-GRAM-Abschnitt mit viel *Selaginella*

DA 6b: PIN-dominanter *BP*- NBP-GRAM-Abschnitt, mit viel ART-, COMP-, DRO- und HEL-Pollen bei den NBP (11,75–8,95 m)

Nach den ungünstigeren Klimaverhältnissen im DA 5 zeigen sich zu Beginn von DA 6 mit 92% BP deutlich günstigere Bedingungen. Mit diesem hohen BP-Anteil muss eine geschlossene Bewaldung auf oder zumindest nahe Seeboden in Betracht gezogen werden. Dieser Abschnitt wurde

wegen den NBP-Verhältnissen in 6a und 6b unterteilt. Die SEL-reiche Flora in 6a deutet auf feuchte, lichte Wälder hin. 6b zeichnet sich durch leicht erhöhte DRO-, ART- und CAR-Anteile aus, was im Vergleich zu 6a einer (allerdings schlecht manifestierten) Klimaverschlechterung gleichkommt.

DA 7: PIN-dominanter *BP*- STP- NBP-GRAM-Abschnitt, mit viel BET und Auftreten von COR und EMW (8,95 m–8,10 m)
Das Sediment bleibt bis 8,15 m gleich, wird dann zunehmend dunkler, was sich als Übergang zur organischen Sedimentation erweist. Die *Pinus*-Kurve schnellt zu ihrem absoluten Maximum von 90% bei 8,60 m empor, um dann wieder abzufallen, was z.T. als rechnerische Folge von nun zahlreich auftretenden COR-, *Betula* (Baumbirke) und EMW-Funden zu interpretieren ist. *Corylus* erreicht mit 27% bei 8,10 m schnell hohe Werte. Bei den NBP zeichnet sich eine starke Abnahme der ART-, HEL-Kurven ab. Die besprochenen Kurvenverläufe und der langsame Wechsel zu organischer Sedimentation geben deutliche Hinweise auf eine Klimagunst.

DA 8: Ulmenführender EMW-reicher BP- *STP*-Abschnitt mit Haseldominanz (8,10 m–7,15 m)
Das Sediment geht von der Übergangsschicht mit immer schwächerem anorganischem Anteil ab 7,95 m in zersetzten Torf über. Eine 14-C-Datierung ergab bei 8 m 9305 ± 110 J. B. P. Dieses Alter soll zusammen mit der chronologischen Einstufung der Diagramm-Abschnitte diskutiert werden. Die BP, vorab auch die thermophilen Elemente, lassen eine noch günstigere klimatische Interpretation verglichen mit DA 7 zu. Gleiches bestätigen auch die Holz- und Früchtefunde. Die Abnahme der NBP-Zahlen bei gleichzeitiger Typenzunahme (vgl. VNB) unterstützt diese Aussage.

DA 9a/b: Haseldominanter *STP*- BP-Abschnitt, mit *Fagus* und *Abies*, viel EMW und *Alnus* (7,15 m–6,35 m)
Dieser DA ist in a (*Abies*-, *Fagus*-Gipfel) und b (nochmalige Rückkehr zu den Verhältnissen von Ende DA 8 Beginn DA 9) unterteilt. Die Ereignisse von Abschnitt 9a sind schwer zu deuten. 9b unterscheidet sich kaum von 8, von hohen *Alnus*-Funden und leicht erhöhten NBP- Werten abgesehen.

DA 10: Strauchreicher, EMW- und FAG-führender, *Abies*dominanter *BP*-Abschnitt (6,40 m–5,15 m)
Zwischen den bearbeiteten Niveaus 6,60 m (letztes Niveau DA 9b) und 6,20 m (erstes Niveau DA 10) treten auffällige Dominanzwechsel bei den waldbildenden Bäumen auf. Die Tanne wird zum dominierenden Element über die noch verbliebenen Waldbäume.

DA 11: *Alnus*reicher STP- *Abies*dominanter *BP*-Abschnitt, mit EMW und FAG und wenig PIC (5,15 m–3,60 m)
Im Vergleich mit DA 10 zeigt dieser Abschnitt erhöhte STP-Werte (Hasel und Grünerle), dazu leicht erhöhte Buchen-Anteile und erstmals *Picea*-Funde von über 5%. *Abies* bleibt die dominierende Baumart.

Chronologische Einordnung der Diagrammabschnitte

Die Diagrammabschnitte und die daraus abgeleitete Vegetationsentwicklung sollen nun in den von vielen Arbeiten her bekannten, spät- und postglazialen Vegetationsverlauf eingeordnet werden. Die relative Einordnung erfolgt nach Pollenzonen (PZ) von FIRBAS. Für Vergleiche (regional und überregional) siehe BURGA (in diesem Band), BURGA und FURRER (1982), KÜTTEL und LOTTER (1987), FRENZEL (1972), WELTEN (1982), ZOLLER (1987), ZOLLER et al. (1966). Die Zuordnung sei als Versuch und Diskussionsgrundlage zu werten.

Das Spätglazial: DA 1–6 (ca. 14500–10200 B. P.). Aus dem erkannten Vegetations- und Klimaverlauf werden DA 1 der Pollenzone Ia, also der *Ältesten Dryas-Zeit,* die DA 2–4 der PZ Ib (= *Bölling-Interstadial)* zugeordnet, wobei DA 2 als Übergang von PZ Ia zu PZ Ib zu betrachten ist. Der folgende DA 5 zeigt einen kurzen, aber doch markanten Klima- und Vegetationsrückschlag (die BP-Werte gehen stark zurück, zunehmende STP- und NBP-Werte weisen auf eine Lichtung der nahen Wälder hin). Die Zuordnung von DA 5 zur PZ Ic (*Ältere Dryas-Zeit*) ist mit aller Vorsicht als gegeben zu betrachten, erfolgte sie doch nur durch die Interpretation eines einzigen Horizontes. DA 6a, gegenüber DA 5 durch eine deutliche Klimagunst gezeichnet (BP-Werte steigen deutlich), wird der PZ II (= *Alleröd Interstadial*)

Abb. 8: Blick von Ober-Gschwänd auf den «Seeboden». Im Mittelgrund deutlich der Moränenwall des Würm-Maximalstandes des Reussgletschers. Links der «Hintere Seeboden», rechts der risseiszeitlich überprägte Sporn von Stock (1157 m ü. M.).

zugeteilt. Der folgende DA 6b wird der PZ III, der *Jüngeren Dryas-Zeit* zugeordnet. Die Grenze zwischen PZ II und PZ III ist undeutlich im Diagramm zu erkennen. Sie wurde aufgrund der NBP-Anteilen bestimmt. So weisen die häufigen *Selaginella*-Funde in DA 6a auf eher feuchte Verhältnisse, während die leichte Zunahme von NBP, darunter ART, CAR, COMP in DA 6b einen leichten (zumindest schlecht manifestierten) Rückgang in Klima und Waldvegetation zeigt.

Das Postglazial: DA 7–11 (ca. 10200–3500 B.P.). DA 7 zeigt einen Kiefernrückgang und wird der PZ IV, dem *Präboreal*, zugewiesen. Die Einwanderung von wärmeliebenden Gehölzen spricht zusammen mit dem Ende der anorganischen Sedimentation an der Grenze DA 7 zu DA 8 für die nun einsetzende PZ V, dem *Boreal*. Diese Zuordnung von DA 8 zur PZ V widerspricht zwar der gemachten «zu alten» Radiokarbon-Datierung. «Zu alte» 14-C-Daten sind aber aus vielen Diagrammen bekannt. DA 9 zeigt in 9a einen kurzen, aber markanten *Abies*-Gipfel, begleitet von *Alnus* und *Fagus*, während Hasel und die Vertreter des Eichenmischwaldes (v. a. die Ulme) zurückgehen. Im anschliessenden DA 10 wird dann die Tanne zum dominierenden Baum des Waldes, gefolgt von Erlen. Deutlich ist auch der Ulmenabfall von DA 9b zu DA 10 (vgl. auch HEITZ-WENIGER 1976). Die DA 9a, 9b und 10 werden insgesamt dem *Atlantikum* (DA 9 = Älteres A. und DA 10 = Jüngeres A.), also den PZ VI und VII zugeordnet. Im Diagrammabschnitt 11 bleibt die Tanne der dominante Baum, die Buche und Erle erholen sich etwas gegenüber DA 10. Zu beachten ist auch das Auftreten der Fichte, die es

Abb. 9: Blick von Rigi Chänzeli (1464,1 m ü. M.) nach SW auf die vom ehemaligen Reussgletscher geformte Glaziallandschaft von Hertenstein. Im Hintergrund der Pilatus, davor die verschiedenen Arme des Vierwaldstättersees.

aber offenbar im Kampf um günstige Plätze recht schwierig hatte und erst im obersten bearbeiteten Niveau über die 5% Pollenanteil (PS I) kommt, was für ihre unmittelbare Nähe spricht (siehe auch BURGA in diesem Band und 1980, MARKGRAF 1972). Der DA 11 wird insgesamt dem *Subboreal* (= PZ VIII) zugeordnet.

Zusammenfassung Pollenanalyse «Seeboden»

Die pollenanalytische Untersuchung (die Arbeiten werden im hier nicht vorgestellten Profilbereich fortgesetzt) erlaubt vorläufig folgende Feststellungen zur Vegetationsentwicklung am Rigi-NW-Hang im Spät- und Postglazial (ca. 14500–3500 B. P.):

a) Die Wiederbewaldung beginnt in den tiefsten Lagen des Untersuchungsgebietes im Bölling mit Kiefern und Birken.

b) Im Alleröd-Interstadial besteht der Wald bis über Seeboden aus Kiefern und Birken, der Klimarückschlag der Jüngeren Dryas-Zeit schlägt sich nur schwach im Vegetationsbild nieder.

c) Im Präboreal beginnt die Ausbreitung von wärmeliebenden Gehölzen (EMW, Hasel), die im Boreal schliesslich das Untersuchungsgebiet geprägt haben.

d) Vegetationsgeschichtlich an der Grenze Präboreal-Boreal beginnt die Verlandung im hinteren Seeboden, was allerdings mit einem «zu alten» Radiokarbon-Datum von 9305 ± 110 J. B. P. absolut datiert ist.

e) Die Tanne wird ab PZ VII (Jüngeres Atlantikum) zum dominanten Waldbaum und die Fichte wandert relativ spät, im Subboreal, ins Untersuchungsgebiet ein.

Überblick zur Morphogenese

Die Ergebnisse der geomorphologischen Arbeiten und der pollenanalytischen Untersuchungen liefern uns einen Überblick über die Landschaftsentwicklung. Zusammenfassend, ohne auf Details einzugehen, kann gesagt werden, dass Relief und Landschaft über eine lange Zeit geschaffen wurden. Hauptsächliche Ursachen:

– die Jahrtausende dauernde Gletschertätigkeit von Reussgletscher und lokalen Gletschern, wobei v. a. die letzte Eiszeit (Würmeiszeit) resp. ihr Formenschatz das Untersuchungsgebiet nachhaltig prägte (Abb. 8+9). Die älteren Eiszeiten und präglazialen Formen sind bis auf wenige Relikte schlecht manifestiert. Chronologisch können das eiszeitliche Geschehen und die Formen wie folgt geordnet werden:

a) Die Verflachung Seeboden–Alpetli–Stock sind Reste der unmittelbar präglazialen Oberfläche (mündliche Mitteilung Bögli und Annaheim et al. 1958).

b) Die Relikte der älteren Eiszeiten sind gering und unsicher. Als risseiszeitlich überschliffen, können die Sporne oberhalb Seeboden gedeutet werden.

c) Der hochwürmeiszeitliche Reussgletscher hat mit zwei Armen die Rigi umflossen und die Moränenwälle von Seeboden–Alpetli gebildet, z. T. zusammen mit den lokalen Seeboden-Gletschern. Eine über kurze Zeit noch grössere Ausdehnung, als durch die Seitenmoränen von Seeboden–Alpetli des Talgletschers dokumentiert wird, kann aufgrund der höhergelegenen Erratiker angenommen werden (1. Maximal-Stand ?).

d) Der Talgletscher löste sich schon relativ früh (Bremgarten-Stadium) vom Hang und ermöglichte die Schüttung der fluvioglazialen Küssnachter-Schotter in einem Eisrandsee. Zumindest die von Hueber (1974) untersuchten oberen Teile dieser Schotter werden als zwischen Zürich- und vor Hurden-Stadium geschüttet betrachtet.

e) Im Hurden-Stadium wurden diese Schotter vom Gletscher noch einmal überfahren. Moränenwälle und Wallreste belegen ein letztes Zusammenkommen von Zugersee- und Küssnachter-Arm des Reussgletschers.

f) Die Wallreste auf Seeboden bei Breitplangg, Rütlersplangg und Holderen werden als spätglaziale, lokale Rigigletscher-Moränen erkannt und den Stadien von Honau–Gisikon (= Hurden) und Vitznau–Goldau (= Weesen) zugeordnet.

– Nach Rückzug des Eises überprägen Denudation und erosive Tätigkeit der Bäche mit den entsprechenden Ablagerungen die glaziale Landschaft. Grosse Anschwemmungen, kleine und grössere Rutschungen und Schlipfe sowie Schwemmkegel entstehen.

– Schliesslich kommen in jüngerer Zeit die anthropogenen Relief- und Landschaftsveränderungen hinzu; so z. B. Holzschlag, Bachverbau, Seeaufschüttungen usw., die z. T. beträchtliche Reliefveränderungen bringen.

LITERATURVERZEICHNIS

ANNAHEIM, H., BÖGLI, A. und MOSER, S. (1958): *Die Phasengliederung der Eisrandlagen des würmzeitlichen Reussgletschers im zentralen schweizerischen Mittelland.* Geographica Helvetica 13/3, Zürich.

BURGA, C. A. (1980): *Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetationsgeschichte des Schams- und des San Bernardino-Passgebietes (Graubünden, Schweiz).* Dissertationes Botanicae 56, J. Cramer – Verlag, Vaduz.

BURGA, C. A. und FURRER, G. (1982): *Zur Erforschung des Quartärs in der Schweiz.* Geographica Helvetica, 37/2, 68–73.

FAEGRI, K. und IVERSEN, J. (1975): *Textbook of Pollen Analysis.* 3. Aufl., Kopenhagen.

FIRBAS, F. (1949/1952): *Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas.* Jena.

FRENZEL, B. (1972): *Vegetationsgeschichte der Alpen. Studien zur Entwicklung von Klima und Vegetation im Postglazial.* Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft, 85/1–4.

FURRER, G., GAMPER-SCHOLLENBERGER, B. und SUTER, J. (1980): *Zur Geschichte unserer Gletscher in der Nacheiszeit – Methoden und Ergebnisse.* Springer Verlag, Berlin – Heidelberg.

FURRER, G., BURGA, C. A., GAMPER, M., HOLZHAUSER, H. P. und MAISCH, M. (1987): *Zur Gletscher-, Vegetations- und Klimageschichte der Schweiz seit der Späteiszeit.* Geographica Helvetica, 42, 61–91.

HANTKE, R. (1958): *Die Gletscherstände des Reuss- und Linthgletschersystems zur ausgehenden Würmeiszeit.* Eclogae geologicae Helvetiae 58/1.

— (1968): *Erdgeschichtliche Gliederung des mittleren und jüngeren Eiszeitalters im zentralen Mittelland.* Ur- und frühgeschichtliche Archeologie der Schweiz, 1.

— (1970): *Aufbau und Zerfall des würmeiszeitlichen Eisstromnetzes in der zentralen und östlichen Schweiz.* Ber. NG Freiburg i. Br., 60.

— (1978): *Eiszeitalter 1.* Ott Verlag, Thun.

— (1980): *Eiszeitalter 2.* Ott Verlag, Thun.

— (1987): *Die Alpen im Eiszeitalter.* Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Luzern, 29.

HANTKE, R. et al. (1967): *Geologische Karte des Kantons Zürich und seiner Nachbargebiete, 1:50000.* Vierteljahresschrift der NG Zürich, 112/2.

HEITZ-WENIGER, A. K. (1976): *Zum Problem des mittelholozänen Ulmenabfalls im Gebiet des Zürichsees (Schweiz).* Bauhinia, 5/4, 215–229.

HUEBER, P. (1974): *Die Küssnachter-Schotter.* Diplomarbeit Sekundarlehrerdiplom Kt. Luzern.

JÄCKLI, H. (1956): *Talgeschichtliche Probleme im aargauischen Reusstal.* Geographica Helvetica, 11/1, Zürich.

— (1970): *Die Schweiz zur letzten Eiszeit.* Atlas der Schweiz, Blatt 6.

KAUFMANN, F. J. (1860): *Untersuchungen über die mittel- und ostschweizerische subalpine Molasse.* Neue Denkschrift allg. schw. Naturw., 17.

— (1872): *Rigi und Molassegebiet der Mittelschweiz.* Beitr. geol. Karte der Schweiz, 11.

KOPP, J. (1949): *Die urzeitlichen Schwankungen des Zugersees im Lichte seiner Strandlinien.* Zuger Njbl.

— (1954): *Die Lokalvergletscherung der Rigi.* Eclogae geologicae Helvetiae, 46/2.

— (1961): *Zur Diluvialgeschichte des Gebietes zwischen Zugersee und Knonaueramt.* Eclogae geologicae Helvetiae, 53/2.

— (1971): *Geologie.* In: *Rigi, Königin der Berge.* Rigibahngesellschaft Vitznau.

KÜTTEL, M. (1982): *Veränderungen in der spätglazialen Umwelt von Luzern.* In: GAMPER, M. (ed.): *Beiträge zur Quartärforschung in der Schweiz.* Physische Geographie Vol. 1, Geogr. Institut Univ. Zürich.

KÜTTEL, M. und LOTTER, A. (1987): *Vegetation und Landschaft der Zentralschweiz im Jungpleistozän.* Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Luzern, 29.

MARKGRAF, V. (1972): *Die Ausbreitungsgeschichte der Fichte (Picea abies H. Karst) in der Schweiz.* In: FRENZEL, B. (1972), 165–172.

OVERBECK, F. (1975): *Botanisch-geologische Moorkunde.* Neumünster.

RÜTIMEYER, L. (1877): *Der Rigi – Berg, Thal und See.* Luzern.

STRAKA, H. (1970): *Pollenanalyse und Vegetationsgeschichte.* 2. Aufl. Wittenberg – Lutherstadt.

— (1975): *Pollen- und Sporenkunde.* Fischer Stuttgart.

STÜRM, B. (1973): *Die Rigischüttung.* Diss. phil. II, Univ. Zürich.

WELTEN, M. (1972): *Das Spätglazial im nördlichen Voralpengebiet der Schweiz.* In: FRENZEL, B. (1972), 69–74.

— (1982): *Stand der palynologischen Quartärforschung am schweizerischen Nordalpenrand.* Geographica Helvetica, 37/2.

WYNISTORF, E. (1985, unpubl.): *Beiträge zur Geomorphologie des Rigi-NW-Hanges und des nordwestlichen Teiles des Rigi-NE-Hanges. Geomorphologie – Palynologie.* Diplomarbeit Univ. Zürich.

ZOLLER, H., SCHINDLER, C. und RÖTHLISBERGER, H. (1966): *Postglaziale Gletscherstände und Klimaschwankungen im Gotthardmassiv und Vorderrheingebiet.* Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft Basel, 77/2.

ZOLLER, H. (1987): *Zur Geschichte der Vegetation im Spätglazial und Holozän der Schweiz.* Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Luzern, 29, 123–149.

Ernst Wynistorf
Titlisstrasse 51 a
6020 Emmenbrücke