BAYERISCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN
MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE KLASSE

ABHANDLUNGEN · NEUE FOLGE, HEFT 134

WALTER SCHUMANN

Geochronologische Studien in Oberbayern

auf der Grundlage von Bändertonen

Mit 7 Figuren im Text,
12 Abbildungen auf 4 Kunstdrucktafeln,
7 Tabellen, 9 Offset- und 3 Lichtdrucktafeln

MÜNCHEN 1969

VERLAG DER BAYERISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN
IN KOMMISSION BEI DER C.H.BECK'SCHEN VERLAGSBUCHHANDLUNG MÜNCHEN

Druck: Gebr. Parcus KG, 8 München 13, Adalbertstraße 8
Printed in Germany

INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort 5

Einleitung 7

I. Beschreibung der Tonlager 9

A. Die Tonlager im Gebirge 9

a) Tonlager Sw, Schwarzachental 9
b) Tonlager To, Törwanger Becken 11

B. Die Tonlager im Alpenvorland - Rosenheimer Becken 11

a) Tonlager Ha, Ziegelei Hamberger 11
b) Tonlager In, Staustufe Rosenheim 11
c) Tonlager Ko, Tonwerk Kolbermoor 13
d) Tonlager Ti, Ziegelei Tiefenthaler 13

Zusammenfassung zu Kapitel I 13

II. Entnahme von Bänderton-Profilen 14

A. Methodologisches 14

a) Bisher geübte Methoden 14
b) Die in Bayern angewandten Methoden 15
aa) Die Kästen zur Entnahme 15
bb) Der Vorgang der Entnahme 17

B. Entnahme im Rosenheimer Becken 18

a) Tonlager In, Staustufe Rosenheim 18
b) Tonlager Ha, Ziegelei Hamberger 18

Zusammenfassung zu Kapitel II 20

III. Präparation der Bändertone zur Verdeutlichung des Streifenbildes 21

A. Methodologisches 21

a) Methode der Schnelltrocknung 21
b) Methode der langsamen Trocknung 22
c) Methode mittels Anfeuchten 23
d) Lackmethode 23

B. Spezielles bei Bändertonen von Rosenheim 24

Zusammenfassung zu Kapitel III 24

IV. Archivalischer Beleg 25

A. Methodologisches 25

a) Beschreibung 25
b) Materialproben 26
c) Photographien 26
d) Archivalische Zentralstellen 26

B. Spezielles bei Bändertonen von Rosenheim 27

Zusammenfassung zu Kapitel IV 27

V. Lithologischer Charakter und Entstehung der Tone im Rosenheimer Becken . . 28
A. Die Glazigenen Warwentone 28
a) Strukturhabitus 28
aa) Stratigraphie und Korngrößen 28
bb) Farbliches Aussehen 29
cc) Gehalt an Kalziumkarbonat 29
b) Entstehung 30
B. Die Fluviogenen Warwentone 32
a) Strukturhabitus 32
aa) Stratigraphie und Korngrößen 33
bb) Feinschichtung der Tonbänder 33
cc) Farbliches Aussehen 35
dd) Gehalt an Kalziumkarbonat 35
ee) Untersuchung auf Pollen 36
b) Entstehung 37
aa) Nachweis der fluviogenen Ablagerung 37
bb) Der Vorgang der Sedimentierung 40
cc) Nachweis einer jahresmäßigen Sedimentation 44
C. Die Fluviogenen Decktone 44
D. Diskussion anderer Anschauungen über die Entstehung der Rosenheimer Tone 46
E. Übergeordnete Klimarhythmen 48
Zusammenfassung zu Kapitel V 49
VI. Datierung der Tone im Rosenheimer Becken 51
A. Absolute Datierung 51
a) Stratigraphisch-absolute Datierung 51
aa) Methodologisches 51
bb) Datierung im Rosenheimer Becken 54
cc) Das Alter des Rosenheimer Sees 55
b) Historisch-absolute Datierung 59
aa) mit Hilfe pollenanalytischer Mooruntersuchungen 59
bb) mit Hilfe einer C^{14}-Bestimmung 60
B. Zur Frage der Fernkonnektion 60
C. Diskussion anderer Datierungsversuche im alpinen Raum 61
a) Datierung von G. de Geer 61
b) Datierung von Welten 63
c) Datierung von Reissinger 63
Zusammenfassung zu Kapitel VI 64
VII. Zum Ablauf des Jungpleistozäns im Rosenheimer Gebiet 65
Nachwort 67
Literaturverzeichnis 69
Anhang
Erläuterung zu den Tabellen 81
Erläuterung zu den Figuren 82
Erläuterung zu den Tafeln 83
7 Tabellen 85
14 Tafeln 99

VORWORT UND PROBLEMSTELLUNG

Mit Hilfe der von Gerard de Geer vor über einem halben Jahrhundert entwickelten warwengeochronologischen Untersuchungsmethoden konnte der Rückzug des Inlandeises über Nordeuropa in seinem genaueren zeitlichen Ablauf rekonstruiert werden. Tausende von Jahren erdgeschichtlicher Ereignisse wurden gleichsam historisch durchleuchtet.

Mittlerweile hat die geochronologische Forschung von Skandinavien aus alle Kontinente erfaßt und beachtliche geologische Ergebnisse erbringen können.

In Mitteleuropa dagegen hat die Warwenchronologie nie richtig Eingang gefunden. Aus dem norddeutschen Raum sind nur wenige, an einer Hand aufzuzählende Publikationen bekannt. Im alpinen Gebiet jedoch, dort, wo bei der Eiszeitforschung grundlegende Erkenntnisse mit weltweiter Wirkung erzielt worden sind, da fehlt eine warwengeochronologische Forschung vollends, obwohl schon Brückner 1922 vorgeschlagen hat, auch am Alpennordrand derartige Untersuchungen anzustellen.

Diese Lücke in der Quartärforschung zu schließen, war das weitere Ziel meiner Studien. Im einzelnen galt es zunächst zu untersuchen, ob eine Geochronologie auf der Grundlage von Bändertonen im Alpenraum überhaupt möglich ist und gegebenenfalls die dazu gangbaren Wege aufzuzeigen.

Die Anregung zu diesen geochronologischen Untersuchungen in Bayern geht auf Frau Dr. E. Ebers, Haunshofen, zurück. Die Arbeit selbst übertrug mir 1957 Prof. Dr. H. Louis, München.

Die Bayerische Akademie der Wissenschaften stellte in großzügiger Weise die finanziellen Mittel zur Verfügung. Von der Albrecht-Penck-Stiftung erhielt ich 1960 ein Reisestipendium, um die geochronologischen Arbeiten in Schweden kennenzulernen. Die Aufnahmen von Untergrundbohrungen aus dem Rosenheimer Becken überließ mir die Innwerk-AG, München - Töging.

Allen hier Genannten, wie aber auch weiteren Gönnern und zahlreichen Freunden bin ich Dank schuldig. Mein ganz besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Louis für die Vermittlung der finanziellen Unterstützung, für die Überlassung des Laboratoriums im Geographischen Institut der Universität München u. a. m. Nur durch die vielfache und vielfältige Hilfe von Herrn Prof. Dr. Louis waren meine Studien in dem vorgelegten Umfang möglich.

Manuskript abgeschlossen im Juni 1965.

Walter Schumann

ZUSAMMENFASSUNG

Von 1957 bis 1965 wurden vom Verfasser geochronologische Studien, vornehmlich im bayerischen Alpenvorland, durchgeführt. Ziel dieser Studien war, zu untersuchen, ob und gegebenenfalls wie eine Geochronologie auf der Grundlage von Bändertonen im alpinen Raum möglich ist.

Da die Tone im Alpenvorland wegen eines nur gering differenzierten Streifenbildes im Anstehenden geochronologisch nicht auswertbar sind, wurden Sedimentproben jeweils entnommen und zur Verdeutlichung des Streifenbildes speziell präpariert.

In der südlichen Umgebung von Rosenheim, im Stammbecken des einstigen Inngletschers, wurde eine geochronologische Datierung versucht. Im einzelnen wurden 900 Warwen ausgezählt. Auf der Grundlage dieser Warwen konnte das Alter der Seeablagerungen mit 7000 Jahren errechnet werden. Der Anschluß an die historische Zeitrechnung erfolgte über pollenanalytische Mooruntersuchungen und mit Hilfe einer C^{14}-Bestimmung. Danach hat der Inngletscher das Rosenheimer Becken vor 20000 Jahren verlassen. Die Haupteinfüllung des einstigen Rosenheimer Sees ist nicht glazigen, sondern fluviogen.

Die Entstehung der Warwen als saisonale Bildungen konnte durch die Verteilung des Kalkkarbonats in den Tonbändern nachgewiesen werden.

Untersuchungen der Warwensedimente von Rosenheim auf übergeordnete Klimarhythmen zeigte mehrfach gleichsinnige Variationen in der Sedimentation, was als Klimaschwankung gedeutet wird.

Eine Fernkonnektion zu Schweden wurde nicht versucht, da sie vom Grundsätzlichen her abgelehnt wird.

SUMMARY

From 1957 to 1965 geochronological studies were conducted by the author chiefly on the northern side of the Bavarian Alps with the objective of investigating into the possibilities of establishing a geochronology on the basis of banded clays in the Alpine area.

As the clays on the northern side of the Bavarian Alps cannot be evaluated geochronologically due to an only slightly differentiated striation in natural deposition, sedimentation samples were taken and specially prepared for the purpose of illustrating the striation.

In the southern surroundings of Rosenheim, the main basin of the former Inn Glacier, a geochronological dating was attempted. About 900 varves were measured. On the basis of these varves it was possible to determine the age of the lake depositions at 7000 years. The connection with historical chronology can be established through pollen-analytical tests with samples from fens and with the aid of a C^{14}-determination, according to which the Inn Glacier left the Rosenheim basin 20000 years ago. The greatest part of the deposition in the former Lake Rosenheim is to be considered fluviogenous, and not glacigenous.

The distribution of calcium carbonate in the clay bands was found to be the clue for proving that the varves were seasonal deposits.

The occurrence of similar variations in the thickness of varves over longer periods of time is to be attributed to climatic fluctuations.

No attempt was made at establishing a teleconnection with the Main Swedish Time Scale, such a procedure being rejected on principle by the author.

EINLEITUNG

Die vorliegende Publikation wurde unter dem Gesichtspunkt erstellt, nicht nur meine Untersuchungsergebnisse darzulegen, sondern mit Rücksicht auf die in Deutschland noch so wenig eingeführte Warwengeochronologie auch diesen gesamten Forschungszweig weiter zu unterbreiten.

In den nordischen Ländern werden deshalb diese oder jene dort längst bekannten Erläuterungen und Bemerkungen als nebensächlich erscheinen.

Der Aufbau der Publikation nimmt Rücksicht auf verschiedene Leserkreise. Allgemeingehaltene Hinweise sind durch die Druckart kenntlich gemacht. Zusammenfassungen am Ende der größeren Kapitel sollen den Überblick erleichtern. Im Anhang erfolgen spezielle Hinweise und Erklärungen zu den Tabellen, Figuren und Tafeln.

Inhaltlich ist die Publikation zweigeteilt. Der erste Teil umfaßt die Kapitel I bis IV und bietet das Grundlagenmaterial dar, das dann im zweiten Teil mit den Kapiteln V bis VII geochronologisch untersucht und ausgewertet wird.

Im Nachwort werden die Möglichkeiten und die Fortführung der geochronologischen Untersuchungen im Alpengebiet erörtert.

I. BESCHREIBUNG DER TONLAGER

Im nördlichen Alpenraum gibt es zahlreiche und teils auch sehr mächtige Bänderton-Vorkommen.[1]

Die folgenden Ausführungen beschränken sich nur auf jene Tonlager, bei denen wesentliche Ergebnisse im Zusammenhang mit der Problemstellung erzielt worden sind. Fig. 1 vermittelt einen Überblick über die Lage der untersuchten Vorkommen in Oberbayern.

A. DIE TONLAGER IM GEBIRGE

Die ersten geochronologischen Studien wurden im Gebirge angestellt, weil hier au Grund der beengten Sedimentationsräume verschiedenartigste Bändertonlagerungen und -strukturen zu erwarten waren. Diese sollten ein möglichst umfassendes Bild des gesamten Bänderton-Problems vermitteln.

a) Tonlager Sw, Schwarzachental

Südlich des Rauschberges bei Ruhpolding hat die Schwarzache mit ihren Nebenflüssen Bändertone an zahlreichen Stellen angeschnitten. Zwei dieser Tonlager wurden näher untersucht, eines unmittelbar oberhalb der Schwarzachenalpe, ein anderes in Nähe des Zusammenflusses von Hinterer Schwarzache und Weißgraben.

Die ersterwähnten Bändertone werden von einem kleinen namenlosen Rinnsal in einer Höhe von 812–806 m N.N. aufgeschlossen. Sie sind von Moräne überlagert, Gehängeschutt verhüllt das Liegende und die unteren Partien der Tone.

Die Bändertone sind – wie sich später herausstellte – stark gestört, offensichtlich am Hang abgeglitten und fallen leicht gegen S ein.

Das Tonlager beim Zusammenfluß von Hinterer Schwarzache und Weißgraben zeigt bei einer Hangneigung von 35–40° eine Mächtigkeit von 6 m (862–856 m N.N.). Das Bändertonprofil wird mehrfach durch zwischengeschaltete Kieslagen unterbrochen und ebenfalls nach unten zu durch Gehängeschutt verhüllt.

Die obersten Schichten sind ungestört, die tieferen Lagen entsprechend der Hangneigung leicht abgekippt.

Die Feldarbeiten im Schwarzachental wurden im Frühsommer 1957 ausgeführt.

---

[1] „Ton" sei im Zusammenhang mit der Geochronologie nicht mineralogisch, sondern als Gesteinsgemenge feinster Korngrößen verstanden. Unter „Bänderton" meine ich Tone, die uns visuell gebändert, gestreift erscheinen, unabhängig von der Art und der Entstehung solcher Bänderung.

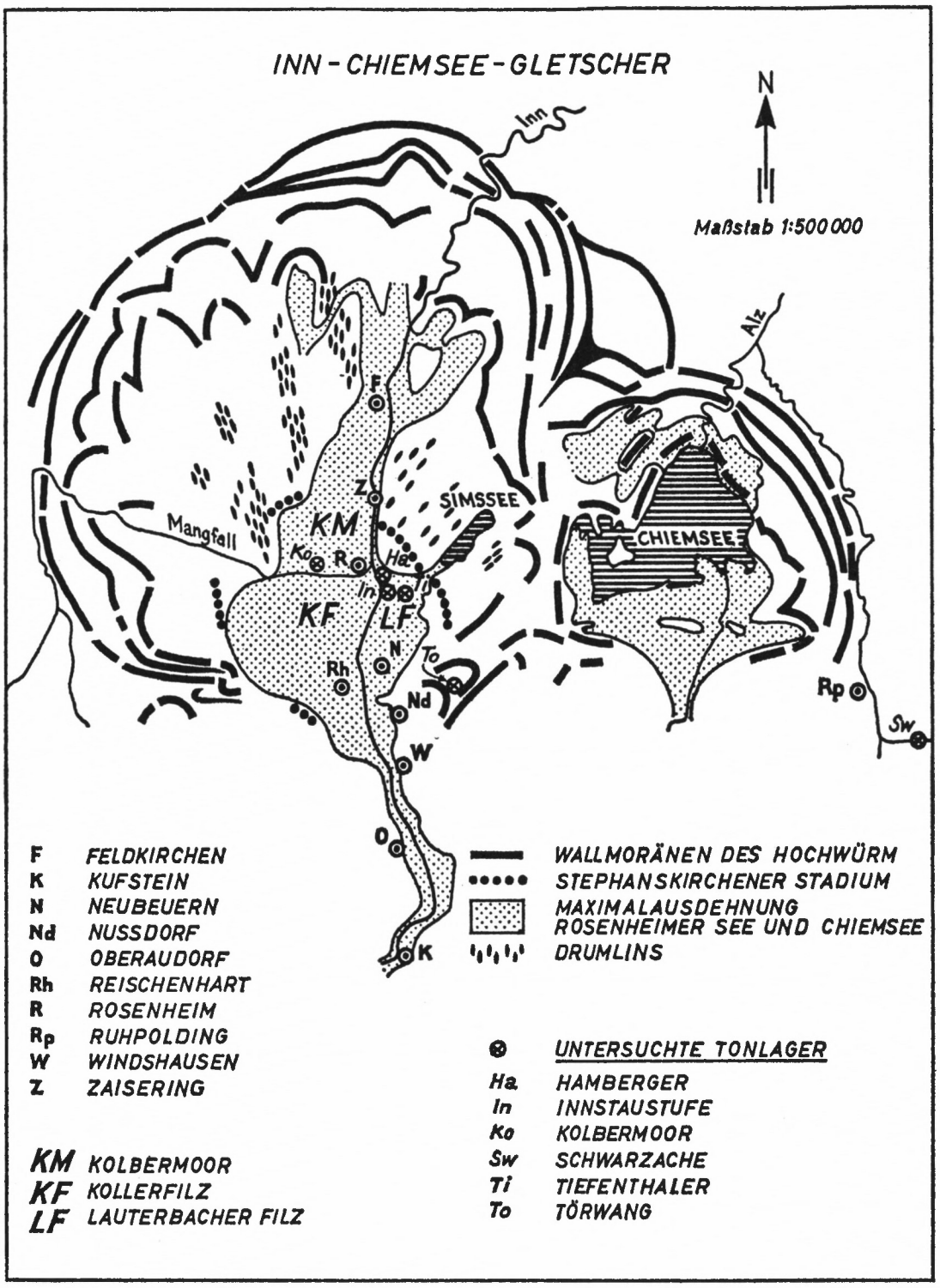

INN - CHIEMSEE - GLETSCHER
N
Maßstab 1:500000
Inn
Alz
Mangfall
SIMSSEE
CHIEMSEE
KM
KF
LF
F
Z
Ko
R
Ha
In
Ti
N
To
Rh
Nd
W
O
K
Rp
Sw
F FELDKIRCHEN
K KUFSTEIN
N NEUBEUERN
Nd NUSSDORF
O OBERAUDORF
Rh REISCHENHART
R ROSENHEIM
Rp RUHPOLDING
W WINDSHAUSEN
Z ZAISERING
KM KOLBERMOOR
KF KOLLERFILZ
LF LAUTERBACHER FILZ
WALLMORÄNEN DES HOCHWÜRM
STEPHANSKIRCHENER STADIUM
MAXIMALAUSDEHNUNG ROSENHEIMER SEE UND CHIEMSEE
DRUMLINS
UNTERSUCHTE TONLAGER
Ha HAMBERGER
In INNSTAUSTUFE
Ko KOLBERMOOR
Sw SCHWARZACHE
Ti TIEFENTHALER
To TÖRWANG

Fig. 1

b) Tonlager To, Törwanger Becken

Im Bereich des einstigen Törwanger Sees östlich Nußdorf/Inn sind durch Flußerosion Bändertonlager an zahlreichen Stellen angeschnitten.

Herr Oberlehrer Pröbstl, Nußdorf/Inn, hat in jahrelanger Arbeit weitere Bändertonlager freigelegt und auch Profile über mehrere Meter Mächtigkeit zu weiteren Studien entnommen. Herrn Pröbstl verdanke ich auch den Hinweis auf die sehr eindrucksvollen Tonlager.

Der Aufbau der See-Einfüllung erscheint sehr kompliziert, da Bändertone, Schotter, Moränen und Torfschichten mehrfach wechsellagern.

Meine Untersuchungen, 1960, beschränkten sich in diesem Gebiet auf die Art der Bodenentnahme und auf Versuche, das Streifenbild der Tone besser lesbar zu machen.

B. DIE TONLAGER IM ALPENVORLAND–ROSENHEIMER BECKEN

Während die Tonlager im Gebirge die Verschiedenartigkeiten in Lage und Struktur vermitteln sollten, wurde bei den Tonlagern des Alpenvorlandes versucht, mit den bisher gewonnenen Erfahrungen eine echte Bänderton-Geochronologie zu erstellen.

Hier im Vorland sind die Sedimentationsräume größer, in der Schichtenfolge weniger kompliziert und die Tonlager im allgemeinen auch mächtiger als im Gebirge.

Das Rosenheimer Becken schien für ein derartiges Vorhaben aus mannigfachen Gründen geradezu prädestiniert: Eingehende geologische Kartierungen (u. a. Troll, 1924/25) erfassen dieses Gebiet des einstigen Inngletschers; mehrere Ziegeleigruben erschließen umfangreiche Bändertonlager; zahlreiche Untergrundbohrungen sowie einige Baustellen gestatten sogar Einblick in die Gesamteinfüllung des einstigen Seebeckens.

Bei Besuchen der Tonlager im Rosenheimer Gebiet zeigte sich jedoch, daß die Zweigbecken für den Versuch einer geochronologischen Datierung weniger geeignet sind als der weite zentrale Teil um Rosenheim, das Stammbecken des einstigen Inngletschers.

Auf dieses Zentralbecken (vgl. Fig. 1) beschränken sich im wesentlichen die geochronologischen Untersuchungen im Alpenvorland.

a) Tonlager Ha, Ziegelei Hamberger

Südöstlich Rosenheim, unterhalb Ziegelberg, werden in einer Ziegeleigrube Bändertone von 16 m Mächtigkeit (469–453 m N.N.) aufgeschlossen (Taf. 1, Abb. 1 und Fig. 2). Eine dünne Verwitterungsschicht bildet die Überdeckung der Tone. Im Liegenden finden sich ebenfalls Bändertone, die bisher nicht durchtäuft worden sind.

Die Schichtung ist im Zusammenhang mit dem Abbau der Tone z. T. stark gestört.

Die Feldarbeiten wurden vorwiegend 1961 und 1962 ausgeführt.

b) Tonlager In, Staustufe Rosenheim

Beim Bau der Innstaustufe Rosenheim, Fluß-km 187,55, wurde ein 8 m mächtiges Bändertonlager (439–431 m N.N.) vorübergehend freigelegt, nachdem der Inn abgelenkt und der Flußschotter abgeräumt worden war (Taf. 1, Abb. 2 und Fig. 2).

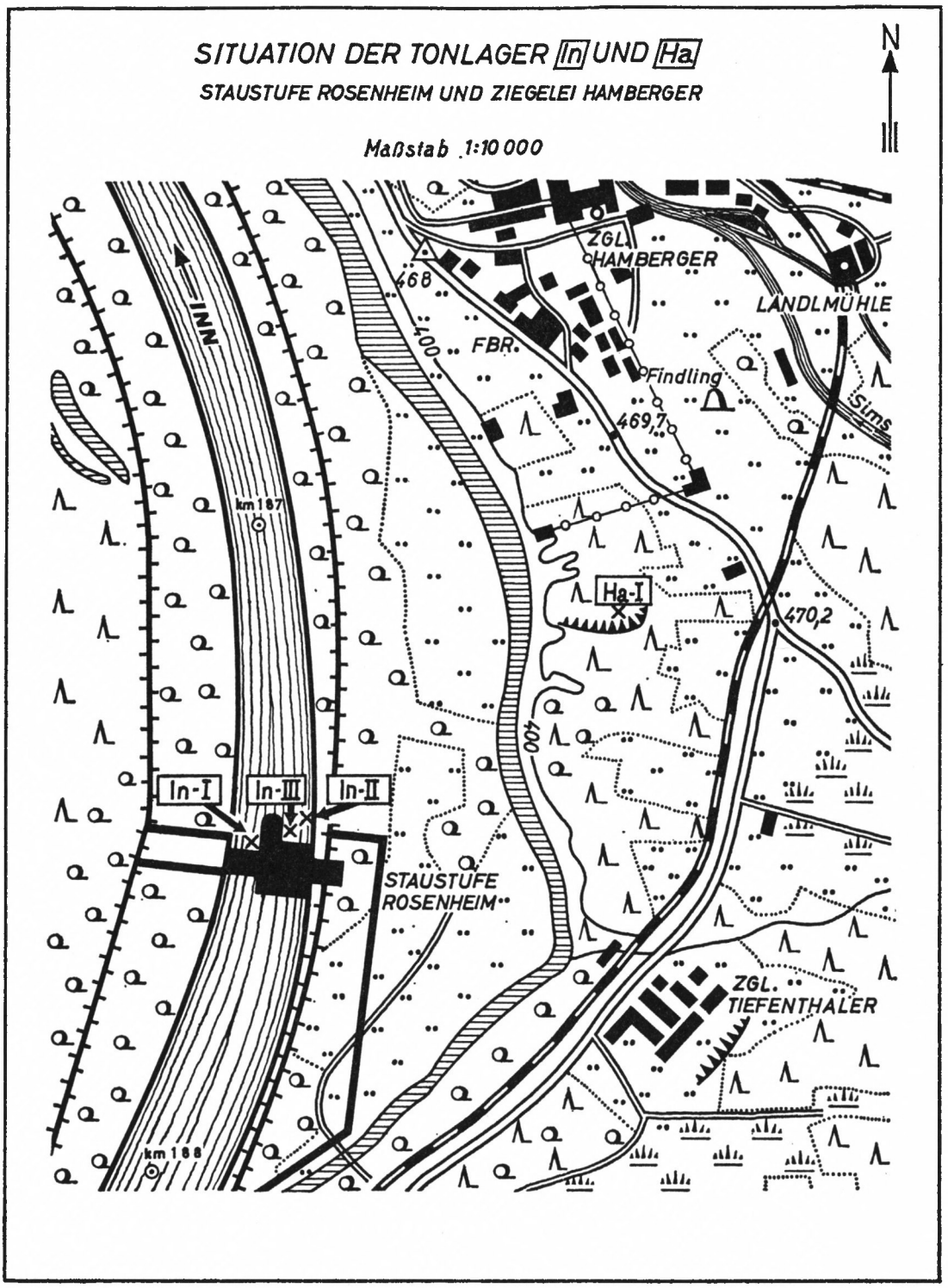

SITUATION DER TONLAGER In UND Ha
STAUSTUFE ROSENHEIM UND ZIEGELEI HAMBERGER
Maßstab 1:10 000
N
INN
km 187
km 188
ZGL. HAMBERGER
468
400
FBR.
Findling
469,7
LANDLMÜHLE
Sims
Ha-I
470,2
400
In-I
In-III
In-II
STAUSTUFE ROSENHEIM
ZGL. TIEFENTHALER

Fig. 2

Diese Tone werden von einer nur wenige dm mächtigen Grundmoräne unterlagert, die ihrerseits auf glaukonithaltigem Molassesandstein aufliegt.

Die Tonschichten sind bis auf die untersten Lagen in Nähe der Grundmoräne ungestört.

Die Feldarbeiten erfolgten hier 1958 und 1959.

Die Bändertone dieses Lagers wurden sehr eingehend untersucht und schließlich auch geochronologisch ausgezählt. Der Grund dafür lag in der guten Ausbildung der Tonbänder und dann in der Gelegenheit, die ältesten Bändertone des Rosenheimer Stammbeckens mit unmittelbarem Anschluß an die liegende Grundmoräne und die Molasse erfassen zu können.

c) Tonlager Ko, Tonwerk Kolbermoor

Nördlich des Tonwerkes Kolbermoor werden in einer Ziegeleigrube 10 m (468–458 m N.N.) Bändertone aufgeschlossen. Das Hangende bildet eine 1,8 m mächtige Torfschicht, das Liegende wird durch Grundwasser verhüllt.

Die Bändertone sind nicht gestört, die Gesamtmächtigkeit ist nicht bekannt (frdl. briefl. Mitteilung des Südbayer. Portlandzementwerks Rohrdorf v. 26. 2. 1965).

Die Feldarbeiten erfolgten 1958/59.

d) Tonlager Ti, Ziegelei Tiefenthaler

Zwischen Ziegelberg und der Bahnstation Thansau südöstlich Rosenheim liegt die Ziegelei Tiefenthaler. Hier stehen Bändertone, die von 1,50 m Torf überlagert sind, in einer Grube auf 7 m (462–455 m N.N.) an.

Bei einer Brunnengrabung bis auf eine Tiefe von 440 m N.N. wurden die liegenden Tone noch nicht durchtäuft (nach frdl. Mitt. von Herrn Tiefenthaler).

Die Lagerung der Tone ist im allgemeinen wenig gestört; dennoch scheint sich nach den bisherigen Erkenntnissen diese Grube für geochronologische Untersuchungen nicht zu eignen, da gelegentlich kreuzgeschichtete und auch homogene, bänderlose Tonlagen vorhanden sind.

Die Feldarbeiten wurden hier 1957 und 1958 durchgeführt.

ZUSAMMENFASSUNG ZU KAP. I

Im Gebirge und im Alpenvorland Oberbayerns wurden mehrere Bändertonlager untersucht. Bei den sehr verschieden gearteten Tonen des Gebirges konnten die Methoden für eine alpine Geochronologie näher bestimmt und erprobt werden. Im zentralen Teil des Rosenheimer Stammbeckens wurden zwei Tonlager geochronologisch ausgezählt.

II. ENTNAHME VON BÄNDERTON-PROFILEN

Um Bändertone geochronologisch auswerten zu können, muß man die Grenzen der Warwen,[1] d. h. der sich in regelmäßiger Periodizität wiederholenden Strukturen und Färbungen der Tonbänder, genauer erfassen. Man gewinnt dann die Stärke der einzelnen Warwen in einem Profil der Mächtigkeiten.

A. METHODOLOGISCHES

In Skandinavien und Finnland sind Methoden für eine solche Profilentnahme erprobt und von hier allgemein übernommen worden.

a) Bisher geübte Methoden

Normalerweise wird ein Warwenprofil unmittelbar vom Anstehenden durch Anmerken der Bandgrenzen auf Papierstreifen übertragen.

Zu diesem Zweck wird die zu untersuchende Tonwand senkrecht abgegraben und durch weiteren Abstich geglättet. Die Bänderung des Tones tritt dann deutlich hervor (vgl. Taf. 3, Abb. 2).

Nur gelegentlich, dort, wo Störungen, wenig übersichtliche oder ganz feine Tonbänder auftreten, wo also eine Bandabgrenzung an der Tonwand unsicher erscheint, werden Proben aus der Wand herausgestochen und dann im Laboratorium, ggf. unter Verwendung von Vergrößerungen, ausgemessen (vgl. u. a. Sauramo, 1924, 13; Antevs, 1925, 2; G. de Geer, 1940, 21).

In Dänemark (Andersen, 1929, 167) und in Teilen Norddeutschlands (Vierke, 1937, 12) scheint es viel häufiger notwendig, Bodenproben zu entnehmen als in anderen Ländern.

Die Entnahme erfolgt mittels Zinkkästen mit einer Länge von 50, einer Breite von 5 und einer Tiefe von 2 cm. Ein solcher Profilkasten wird senkrecht an die geglättete Wand angelegt, mit einem Messer dann der Umriß des Kastens in den Ton geschnitten und der Entnahmekasten schließlich in die vorgeritzten Fugen gedrückt. Damit ist, nach Trennung von der übrigen Wand, ein echtes Tonprofil im Kasten geborgen.

---

[1] G. de Geer, 1912 a, 253: "The Swedish word varv, subst. (old spelling: hvarf), means as well a circle as a periodical iteration of layers. An international term for the last sense being wanted it seems suitable to use the transcription varve, pl.-s, in Engl. and Fr., while in German it might be written Warw, pl.-e." (Die deutsche Pluralbildung muß natürlich -en lauten!)

v. Klebelsberg (1948, 314) meint, die deutsche Schreibweise wäre richtiger „Warven" (mit v anstatt w.)

b) Die in Bayern angewandten Methoden

Im alpinen Gebiet ist die Lesbarkeit des Streifenbildes warwiger Bändertone im Anstehenden außerordentlich gering (vgl. Taf. 2, Abb. 3 und Taf. 3, Abb. 3), so daß es nach meinen bisherigen Erfahrungen völlig ausgeschlossen ist, die Warwengrenzen auf Papierstreifen zu übertragen. Wohl zeigen einige Tonlager, wie z. B. i. Bodenseegebiet, differenziertere Schichtkontraste, aber im allgemeinen sind die Tone warwologisch nicht unmittelbar auszuwerten. Das bestätigen auch andere Autoren (u. a. Troll, 1924/25, 95; Ebers, 1932, 77).

Die schlechte Lesbarkeit der Bändertone dürfte ein wesentlicher Grund dafür sein, daß warwengeochronologische Untersuchungen im Alpengebiet bisher unterblieben sind.

In Laborversuchen wurde experimentiert, wie das Streifenbild der Tone belebt werden kann. Schließlich ist es mir gelungen, die alpinen Bändertone warwologisch lesbar und somit für geochronologische Auswertungen zugänglich zu machen (vgl. Kap. III).

Dies setzt wiederum die Entnahme von Bodenproben voraus. Ihr kommt im alpinen Gebiet somit eine ganz besondere Bedeutung zu, sie ist überhaupt Voraussetzung für eine Geochronologie im Alpenraum.

So sind auch alle Datierungen der vorliegenden Publikation aus entnommenen und labormäßig präparierten Tonen gewonnen.

Die bisher praktizierten Methoden für die Entnahme von Bodenproben wurden nicht kritiklos und alleinverbindlich übernommen, wie von G. de Geer (1936 a, 258 bzw. 1938 a, 100) und Vierke (1937 a, 12) – aus Gründen des Vergleichs – gefordert, sondern erst einmal auf ihre Brauchbarkeit im alpinen Raum hin überprüft. Dabei zeigte sich, daß die Profilkästen wie auch der Entnahmevorgang in Bayern anders sein müssen als in Skandinavien, um einen größtmöglichen Erfolg zu erzielen.

aa) Die Kästen zur Entnahme von Bodenproben

Die von mir für die vorliegenden Untersuchungen verwandten Entnahmekästen bestehen aus verzinktem Eisenblech, haben senkrechte Wände und die Ausmaße 50 × 10 × 5 cm. Im Kastenboden befindet sich in der Mitte ein kleines, eingestanztes Loch. Zu den Kästen wurden passende Deckel aus 0,5 mm starkem, verzinktem Eisenblech gefertigt (Taf. 1, Abb. 3).

Die in Bayern verwandten Entnahmekästen sind nach dem Rauminhalt 5mal so groß wie die bisher allgemein benutzten Kästen. Das hat seinen guten Grund.

Im alpinen Gebiet sind – wie schon erwähnt – die Bändertone im Anstehenden warwologisch nicht lesbar. Erst im Labor zeigt sich, nach entsprechender Präparation, ein mehr oder weniger deutliches Streifenbild. Bei der Entnahme der Bodenproben greift man sozusagen fast blindlings ins Sediment, in der Hoffnung, daß sich später gut lesbare Streifenbilder zeigen mögen.

Aus diesen Gründen wurden Kästen erprobt, die möglichst viel Material erfassen, denn die Aussagekraft einer umfangreicheren Probe ist natürlich größer als die eines kleineren Stückes.

Die Maße meiner Entnahmekästen sind wohl optimal, betrachtet von den verschiedensten Gesichtspunkten geochronologischer Studien in Bayern.

Die Länge des Entnahmekastens von 50 cm ist noch gut handlich und eignet sich auch für einen Transport im Handgepäck. Sie bedeutet aber ein Höchstmaß für den im Alpenraum praktizierten Vorgang der Bodenentnahme. Längere Kästen würden sich beim Einbringen ins Sedimentgestein verbiegen und somit die Lagerung der zu gewinnenden Ton-

materialien verändern. Kürzere Kästen sind aus Gründen der Arbeitsrentabilität nicht zu empfehlen, da sie zu wenig Tonbänder erfassen.

Die Breite der Entnahmekästen ist ebenso erprobt wie die Länge. Ein Profil von 10 cm Breite vermag, besonders bei gestörter Lagerung, bedeutend mehr auszusagen als etwa jenes aus Entnahmekästen von nur 5 cm. Gerade in Nähe der Grundmoräne, wo kiesige Einlagerungen das feinkörnige Sediment durchsetzen, haben sich die von mir verwandten breiteren Kästen ausgezeichnet bewährt. Gesteinstrümmer von 2–4 cm Durchmesser verändern die Bandstrukturen der Warwentone in einem Umkreis, der mit Entnahmekästen von 5 cm Breite nicht mehr zu erfassen ist, wohl aber mit jenen von doppeltem Ausmaß. Noch größere Einzelstücke, die auch bei 10 cm breiten Kästen die Schichtlagerung der Bändertone bis zum Unleserlichen stören, sind nicht sehr häufig und dann auch schon im Anstehenden, selbst bei den augenscheinlich so wenig differenzierten Tonen des Alpenvorlandes, zu erkennen und dementsprechend zu meiden.

Ähnliches wie für die Breite gilt auch für das Tiefenmaß der benutzten Entnahmekästen. Bei Tonen, die von Grobmaterial oder Sand durchsetzt sind, genügt eine Kastentiefe von nur 2 cm – wie in Schweden verwandt – nicht, weil das Profil beim Lösen von der übrigen Wand u. U. ausbricht.

Auch dort, wo die Bodenprobe an geneigten Hängen entnommen werden muß, hat sich die Kastentiefe von 5 cm besonders gut bewährt. Es gelingt damit, die reellen Warwendicken, gegebenenfalls an einer Kastenseite, sehr genau zu erfassen.

Die Stärke des Kastenbleches von ca. 1 mm ist für unsere Zwecke gut geeignet. Ein solches Eisenblech läßt sich ohne besondere Schwierigkeit in eine Tonwand einbringen, es zerschneidet das feinkörnige Gestein, ohne es zu stauchen. Bei Entnahme von Grobmaterial ist es aber andererseits elastisch genug, um einzelnen größeren Steinen durch kleine Verbiegungen der Kastenwände auszuweichen, ohne daß der Kasten etwa zerreißt oder völlig deformiert wird.

Die Stabilität dieser mit senkrechten Wänden versehenen Entnahmekästen ist ausgezeichnet.

Daneben wurden auch Kästen erprobt, deren Seitenwände konisch nach außen verlaufen. Solche Profilkästen könnten beim Leertransport ineinandergeschachtelt werden und würden weniger Platz beanspruchen als jene mit senkrechten Wänden. Diese Kästen haben sich bei der Bodenentnahme aber nicht bewährt, da die Tonbänder entweder gestaucht oder nicht genügend fest eingefangen werden.

Von besonderer Bedeutung für eine erfolgreiche Probeentnahme ist das in den Kastenboden eingestanzte Loch. Da die Materialien fugenlos in den Kasten hineingepreßt werden, braucht die Luft einen Abzug, sonst läßt sich der Kasten nicht vollständig und gleichartig füllen.

Neben verzinkten Entnahmekästen wurden auch solche aus reinem Eisenblech benutzt. Sie zeigen jedoch mehr Nachteile, als man annehmen sollte, so daß auf verzinkte Profilkästen nicht verzichtet werden kann. Der beim Eisenblech entstehende Rost dringt nämlich in den feinkörnigen Ton ein, überzieht ihn mit steinharten Krusten oder bildet auch tiefgreifende Knollen. Die Tone werden dadurch farblich stark verändert und sind geochronologisch nur noch bedingt brauchbar.

Im Unterschied zu den stabilen Kästen sind die Deckel aus 0,5 mm starkem, verzinktem Eisenblech gefertigt und auch nur längsseitig abgekantet. Sie können dadurch jedem, selbst auch einem verbogenen Entnahmekasten manuell leicht nachgeformt werden.

bb) Der Vorgang der Bodenentnahme

Bei der Entnahme der Bändertone mittels Kästen sind in Bayern neue Praktiken erprobt worden. Das hängt vor allem mit den größeren Profilkästen zusammen.

Im einzelnen ist der Vorgang folgender: Der Kasten wird, senkrecht zur Schichtung, mit der offenen Seite an die geglättete Wand angelegt und dann mit Hilfe eines Hartgummihammers (nicht Holz oder Metall!) eingeschlagen. Werden die Ecken über Kreuz eingetrieben, so behält der Kasten seine Form, und die Kastenseiten schneiden ein entsprechendes Tonstück aus dem Zusammenhalt heraus (Taf. 2, Abb. 1).

Die Schichtlagen werden bei feinkörnigem Material dabei überhaupt nicht gestört, gröbere Kiese jedoch dem Entnahmeprofil fest eingefügt oder seitlich weggedrückt.

Bei sehr harten Schichten oder bei verholzten Einlagen läßt sich ein Kasten nicht ohne weiteres in die Wand einschlagen. Hier muß das Profil entsprechend dem Kastenumriß mit Messer oder Meißel vorgeschnitten werden. Der Zusammenhalt solcher Schichten ist aber dann so groß, daß dem Entnahmekasten nur eine untergeordnete Rolle zukommt und Probleme wie bei weichen Tonen bei der Entnahme nicht auftreten.

Mit einer Maurerkelle oder einem sonst hierzu geeigneten Instrument wird der Kasten nach rückwärts von der übrigen Tonwand getrennt (Taf. 2, Abb. 2). Niemals sollte versucht werden, den eingeschlagenen Kasten aus der Wand zu brechen, denn zu leicht wird dabei der Schichtzusammenhang gestört. Der Kasten muß vielmehr immer allseits herausgeschnitten werden. Nur so wird ein wirklich gutes Bändertonprofil gewonnen.

Wird nun solch eine fest in den Kasten gepreßte Bodenprobe noch mit einem aufgesetzten Deckel geschützt, so kann sie selbst bei Schütteln und Rütteln sicher transportiert werden. Liegen die Materialien dagegen nur locker im Entnahmekasten, besteht die Gefahr, daß die Schichtung, besonders bei sandigen Einlagerungen, gestört oder gar vernichtet wird.

Um die Tone aber auch für eine spätere labormäßige Präparation (vgl. Kap. III) bergfrisch, d. h. natürlich feucht zu erhalten, müssen die gewonnenen Bodenproben in Plastikhüllen (sog. Frischhaltebeuteln) verpackt werden.

Dort, wo ein Bändertonprofil gewonnen werden soll, das in seiner Mächtigkeit über die Kastenlänge von 50 cm hinausgeht, sind entsprechend mehr Entnahmekästen zu verwenden. Dabei müssen sie so gesetzt werden, daß keine Lücken im Gesamtprofil entstehen. Es genügt nicht, die Kästen zusammenhängend untereinanderzufügen, sie müssen sich vielmehr jeweils mit einigen Zentimetern überlappen (Taf. 2, Abb. 3, Taf. 3, Abb. 1 und Fig. 3). Dünne Tonbänder werden sonst bei den Schnittflächen an den Kastenenden zerstört und übersehen.

Bei trockenen oder nur wenig feuchten Tonen ist es ohne weiteres möglich, erst mehrere Kästen zu setzen (Taf. 3, Abb. 1) und dann nacheinander aus der Wand herauszuschneiden. Das bedeutet arbeitstechnisch eine wesentliche Erleichterung.

Bei stark durchfeuchteten Tonen dagegen müssen die Profilkästen möglichst bald herausgenommen werden, da sich die Materialien stark setzen, sobald sie durch Schnitte vom übrigen Zusammenhalt getrennt sind. Das führt zu einer ungleichartigen Veränderung der Bandstärken und dadurch zu unrichtigen Meßwerten. Auch können sich bei feuchten Bändertonen an den Schnittstellen quellartig austretende Rinnsale bilden, die in wenigen Stunden einen Profilkasten aus der Wand herausspülen, besonders wenn feinsandige Schichtlagen vorhanden sind. Es ist daher ratsam, den erstgesetzten Profilkasten aus der Wand zu nehmen, sobald der folgende eingebracht und eine Überlappung garantiert ist.

Die hier aufgezeigte Methodik der Entnahme von Bändertonen wurde bei den im Gebirge gelegenen Tonlagern Sw (Schwarzachental) und To (Törwanger Becken) und

bei den im Vorland befindlichen Tonlagern Ti (Tiefenthaler) und Ko (Kolbermoor) erprobt.

Bei der geochronologischen Auswertung der Bändertone des Lagers In (Staustufe Rosenheim) zeigte sich, daß es von besonderem Vorteil sein kann, wenn Parallelprofile mit geringer Distanz entnommen werden. Störungen und ganz lokale Anomalien lassen sich dann besser erkennen und geochronologisch berücksichtigen. Leider gelangte ich zu der Erkenntnis erst, als der Inn die Baugrube wieder überspülte. Parallelprofile fehlen infolgedessen.

B. ENTNAHME IM ROSENHEIMER BECKEN

Im Rosenheimer Stammbecken wurden in der Baugrube bei der Errichtung der Staustufe Rosenheim und in der Ziegeleigrube Hamberger Bändertone zur geochronologischen Auswertung entnommen.

a) Tonlager In, Staustufe Rosenheim

Die Entnahme erfolgte hier an drei Stellen, bei In-I, In-II und In-III (vgl. Fig. 2).

Profil In-I setzt sich zusammen aus den beiden Teilstücken Kasten In 1 und In 2 und erfaßt eine Gesamtlänge von 0,75 m.

Bei Profil In-II wurden 7 Kästen (In 3 bis In 9) verwandt, die Gesamtlänge im bergfeuchten Zustand beträgt 2,95 m. Von einem niedergestürzten Block wurde außerdem Kasten 10 entnommen, der nachträglich durch Konnektion dem Profil In-II eingegliedert werden konnte.

Profil In-III umfaßt 8 Kästen (In 11 bis In 18) und eine Länge von 3,10 m. Im untersten Profilkasten (In 11) wurden Teile der Grundmoräne eingefangen. 10 cm unter Profil In-III steht Molasse an.

Die Höhenlage der verschiedenen Tonbänder wurde nach Bohrprofilen der Innwerk-A.G. errechnet. Die Lage der Kastenprofile zueinander ergibt sich aus Fig. 3. Demnach bildet Profil In-I die Fortsetzung des Profils In-III nach oben, Profil In-II erfaßt die höchstgelegenen Bändertone des Tonlagers In (Staustufe Rosenheim).

Bedauerlicherweise besteht eine Lücke von etwa 1,40 m zwischen Profil In-II und den chronologisch sich fortsetzenden Profilen In-I + In-III. Wegen baulicher Veränderungen konnten hier nicht rechtzeitig Bodenproben entnommen werden.

b) Tonlager Ha, Ziegeleigrube Hamberger

In der Ziegeleigrube Hamberger war die Lagerung der Bändertone zur Zeit meiner Untersuchungen sehr stark gestört. Durch den Abbau der Tone sind ganze Schichtpakete abgeglitten, gefaltet und auch überschoben worden. Zahlreiche entnommene Proben waren deshalb für eine geochronologische Auswertung unbrauchbar. Drei Kastenprofile (Ha 6, 8 und 9) konnten dennoch in Konnektion gebracht werden. Das damit eingefangene Gesamtprofil Ha-I ist 0,75 m lang.

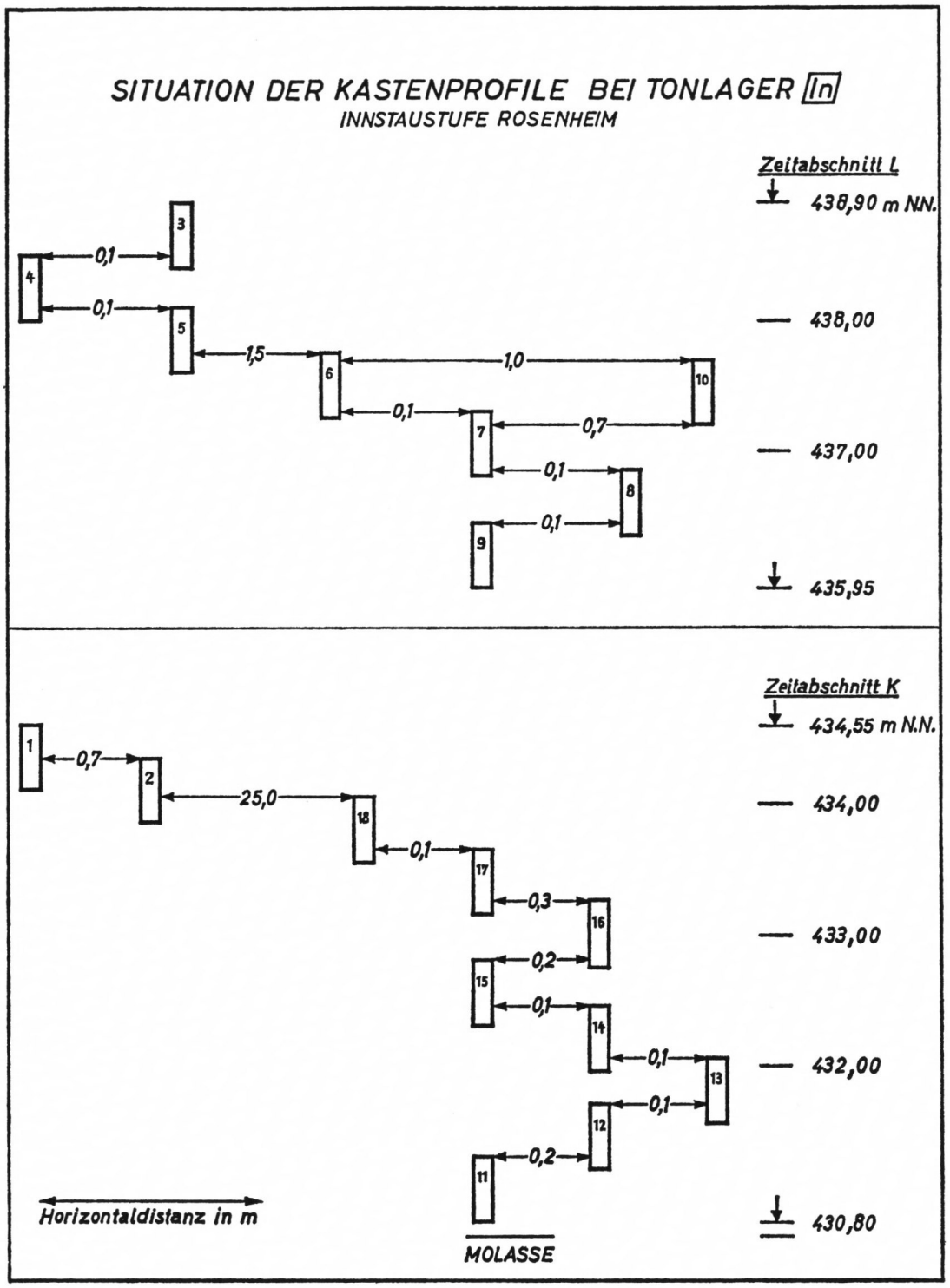

SITUATION DER KASTENPROFILE BEI TONLAGER In
INNSTAUSTUFE ROSENHEIM
Zeitabschnitt L
438,90 m N.N.
438,00
437,00
435,95
0,1
0,1
1,5
1,0
0,1
0,7
0,1
0,1
3
4
5
6
7
8
9
10
Zeitabschnitt K
434,55 m N.N.
434,00
433,00
432,00
430,80
0,7
25,0
0,1
0,3
0,2
0,1
0,1
0,1
0,2
1
2
18
17
16
15
14
13
12
11
Horizontaldistanz in m
MOLASSE

Fig. 3

Die drei hier bearbeiteten Kastenprofile liegen am untersten Hangteil der Ziegeleigrube, unmittelbar über der Sohle, innerhalb einer Distanz von 1,2 m (vgl. Taf. 1, Abb. 1).

In dieser Ziegeleigrube läßt sich ein umfangreiches Bändertonprofil gewinnen, das für die Kenntnis der Sedimentation in dem sterbenden See von Rosenheim von besonderem Wert sein dürfte.

ZUSAMMENFASSUNG ZU KAP. II

In Bayern ist es wegen der schlechten Lesbarkeit des Streifenbildes nicht möglich, die Bändertone im Anstehenden geochronologisch aufzumessen.

Deshalb müssen Gesteinsproben zur weiteren labormäßigen Präparation entnommen werden. Profilkästen mit senkrechten Wänden und den Ausmaßen 50 × 10 × 5 cm haben sich hierbei am besten bewährt.

Die gewonnenen Bodenproben sind vor Austrocknung zu schützen.

Wenn bei einem längeren Profil mehrere Kästen verwandt werden, sind sie so zu setzen, daß eine Überlappung garantiert ist.

Von dem Tonlager In (Staustufe Rosenheim) wurden 18 Kästen, vom Tonlager Ha (Ziegeleigrube Hamberger) 3 auswertbare Kästen entnommen.

III. PRÄPARATION DER BÄNDERTONE ZUR VERDEUTLICHUNG DES STREIFENBILDES

Wie schon erwähnt, sind die alpinen Bändertone – im Unterschied zu Schweden – im Anstehenden warwologisch nur schlecht oder überhaupt nicht auswertbar. Deshalb habe ich Versuche angestellt, das Streifenbild zu beleben.

Ein flaches Ausbrechen der Bändertone quer zur Schichtung (z. B. mit einem Messer) betont zwar die Struktur, wie aus Abb. 3, Taf. 3 zu ersehen ist, eine fehlerfreie Bandabgrenzung ist aber nicht möglich.

Eine spezielle Präparation der entnommenen Proben zur Verdeutlichung des Streifenbildes ist bei den alpinen Bändertonen für eine geochronologische Auswertung unerläßlich. In Laboratoriumsversuchen wurden verschiedene Methoden erprobt.

A. METHODOLOGISCHES

Im folgenden werden nur jene Versuche dargestellt, die auf irgendeine Weise geholfen haben, das Problem des Warwenlesens zu lösen.

a) Methode der Schnelltrocknung

Im Alpenvorland sind die Bändertone oftmals sehr feucht, ja z. T. tropfnaß. Ihre Bänderung ist dann außerordentlich schwach, meist nur angedeutet. Weniger durchfeuchtete Tone zeigen dagegen ein besseres Streifenbild.

Es war daher naheliegend, daß die ersten Versuche, die Bänderung zu beleben, in einer Trocknung der Bodenproben lagen.

Tonstücke wurden zu diesem Zweck unter verschiedenen Temperatur- und Zeitbedingungen im Trockenofen aufgeheizt. Gewisse Erfolge zeigten sich, wenn die Tone in dünne Streifen geschnitten und unter nicht zu hohen Temperaturen getrocknet wurden. Die Kanten eines solchen Tonstückes müssen dabei quer zur Schichtung abgebrochen werden (ohne muschligen Bruch!), damit die Hitze möglichst tief in den Ton einzudringen vermag.

Bei geschnittenen Stücken ist die Oberfläche wegen der sehr feinen Korngrößen immer leicht verschmiert und daher wie von einem dünnen Schutzfilm überzogen. Die Hitze kann deshalb nicht so richtig in den Ton eindringen, die Trocknung erfolgt zonenartig von außen und führt bei sehr großer Hitze zu Spannungen im Gestein und daher zu einer schalenförmigen Abgliederung einzelner Teile, die u. U. explosionsartig verlaufen kann.

Das unmittelbare Ergebnis dieser Versuche war für eine geochronologische Auswertung nicht zufriedenstellend. Im ganz trockenen Zustand (Taf. 4, Abb. 1b) zeigen nämlich die al-

pinen Bändertone fast ebensowenig Unterschiede in der Bandfärbung wie im stark durchfeuchteten. Außerdem gelingt diese Art der schnellen Trocknung nur mit dünnen Bodenproben, große Stücke zerreißen und zersplittern.

Die Methode der Schnelltrocknung wies jedoch den Weg, wie das Streifenbild der Bändertone gut lesbar hervorgebracht werden kann. Bei der Trocknung sehr feuchter Tone im Ofen ließ sich nämlich durch das Fenster des Trockenschrankes erkennen, daß sich eine Farbdifferenzierung bei den alpinen Bändertonen mit abnehmender Feuchtigkeit verstärkt, bei weiterer Trocknung aber wieder verliert. Es muß also versucht werden, den nur vorübergehenden Zustand des gut lesbaren Streifenbildes geochronologisch auszuwerten.

b) Methode der langsamen Trocknung

Mit dieser Methode einer sehr langsamen Trocknung ist es möglich, das Streifenbild eines ganzen Entnahmekastens gut lesbar zu machen.

Das Prinzip beruht dabei auf folgenden Überlegungen: Die Trocknung bei Bändertonen ist in den einzelnen Schichten verschieden und von der Größe des Kornes und vom Porenvolumen abhängig. Grobkörnige Schichten trocknen viel schneller aus als feinkörnige.

Bei ganz langsamer Trocknung einer Bodenprobe gleicht sich, nach dem Kapillarsystem, die Feuchtigkeit über alle Schichten immer wieder einigermaßen aus, doch auch nur um so viel, daß die feinkörnigen Schichten gegenüber den gröberen in der Trocknung etwas nachhinken. Und das verleiht dem Ganzen die farbunterschiedliche Bänderstruktur. Grobkörnigere Schichten erscheinen im allgemeinen hell, feinkörnigere dagegen dunkel.

Die langsame, kontrollierte Trocknung geschieht mit Hilfe luftundurchlässiger, durchsichtiger Kunststoffhüllen (sog. Frischhaltebeutel), in die die Bodenproben unmittelbar nach Entnahme verpackt werden.

Im Laboratorium werden die Tonproben immer wieder über mehrere Stunden aus den Frischhaltebeuteln genommen, an der Luft zum Trocknen ausgesetzt, dann aber wieder für mehrere Tage fest in den Kunststoffbeuteln verschlossen. Dieser Vorgang wiederholt sich so lange, bis die Tone nur noch ganz wenig feucht sind und so ein farbenunterschiedliches Streifenbild zeigen.

Damit die Proben bei der Trocknung nicht zerreißen (die Volumenminderung beträgt bei den Tonen des Rosenheimer Beckens 3–4%), werden die Tonstücke wiederholt in der Längsrichtung leicht zusammengeschoben. Dadurch ist auch ein gleichmäßiger Austausch der Feuchtigkeit über die ganze Probe gewährleistet.

Bei langsamer Trocknung bildet sich auf der Bodenprobe allmählich eine dünne Kalkkruste. Diese Kalkschicht muß mehrmals während des Trockenvorganges mit Hilfe eines Skalpells abgeschabt werden, weil eine gleichmäßige Austrocknung bis zum leicht bergfeuchten Zustand sonst nicht gewährleistet ist. Schließlich zeigt sich – nach einigen Wochen – unter der Kalkkruste das Streifenbild des Bändertones mit kräftigen Farbkontrasten (Taf. 4, Abb. 1a und Abb. 2).

Die derart gewonnenen Streifenbilder lassen sich in Frischhaltebeuteln über viele Monate mit annähernd gleicher Qualität erhalten. Tonproben, die von mir vor über 4 Jahren entnommen wurden, zeigen heute noch eine gut lesbare Bänderung.

c) Methode mittels Anfeuchtens

Wenn die Austrocknung der Tone auch sehr verlangsamt werden kann, auf die Dauer läßt sich die Feuchtigkeit, ohne temperaturgesteuerte Feuchtekammern, nicht halten.

Staubtrockene Bändertone aus dem nordalpinen Bereich zeigen aber – wie schon erwähnt – gar kein oder nur ein sehr undeutliches Streifenbild. Sie wären für eine Warwenchronologie unbrauchbar, wenn es nicht gelänge, sie wieder lesbar zu machen. Zahlreiche Versuche wurden deshalb angestellt.

So wurden Tonstücke unter verschiedenen Bedingungen im Laboratorium berieselt. Das Ergebnis ist negativ. Während nämlich der innere Teil einer solchen Probe noch völlig trocken liegt, wird die Oberfläche derart stark durchfeuchtet, daß sich die schluffigen Bestandteile von der trockenen Unterlage abheben und abgleiten. Die Struktur ist dann zerstört. Noch mehr lösen sich die Bändertone auf, wenn sie in Wasser getaucht werden. Auf diese Erfahrung hat auch Sauer (1937) bei sedimentpetrographischen Untersuchungen im Isartal hingewiesen.

Bei einer sehr vorsichtigen Anfeuchtung dagegen werden die geschichteten Tonproben nicht zerstört. Das Streifenbild kann tatsächlich für kurze Zeit neu belebt werden. Mit einem Pinsel oder einem weichen durchtränkten Papierstreifen wird die Tonoberfläche betupft, jedoch immer nur so, daß es nicht zu einer Wasserstauung kommt.

Wenn für den ersten Augenblick auch die Durchfeuchtung des Tons zu stark ist, um eine Schichtung zu zeigen, so wird das Wasser jedoch sehr schnell weitergeleitet, die Oberfläche dadurch trockener und schließlich die warwige Struktur sichtbar (Taf. 4, Abb. 1c).

Nachteilig ist bei dieser Methode allerdings die schnelle Vergänglichkeit des lesbaren Streifenbildes. Es ist daher kaum möglich, die Bänderung eines ganzen Entnahmekastens durch Anfeuchten gleicherart zu beleben. Profilstücke von 10–15 cm Länge lassen sich jedoch gut bearbeiten.

d) Lackmethode

Bei den Versuchen, das Streifenbild der Tone durch Anfeuchtung zu verdeutlichen, wurden neben verschiedenen Flüssigkeiten auch Lacke erprobt. Diese Lacke reagieren auf das verschiedene Porenvolumen der einzelnen Schichten außerordentlich stark und bringen dadurch die Bänderung kontrastreich hervor (Taf. 4, Abb. 1d).

Wesentliche Voraussetzung für die Lackmethode sind staubtrockene Proben. Bei einer auch nur leichten Feuchtigkeit nimmt der Ton den Lack schlecht an, die Oberfläche wird fleckig und das Streifenbild undeutlich und verzerrt. Wird dagegen eine trockene Probe mit einem Lack – helle Kunstharzlacke haben sich am besten bewährt – gleichmäßig und mittelstark überstrichen, so tritt sofort die Schichtstruktur hervor.

Allerdings kommt es dabei zu einer Farbumkehr gegenüber den natürlichen Tönungen. Die feinkörnigen, in der Natur dunkel getönten Schichten, werden unter dem Lack ganz hell, die ursprünglich hellen, d. h. grobkörnigeren Schichten dagegen dunkel.

Die Farbumkehr hängt m. E. mit dem verschiedenen Porenvolumen der einzelnen Schichten zusammen. Die grobkörnigeren, porenreichen Sedimente nehmen mehr Lack auf als die feineren Schichten. Die größere Anhäufung des Lackes ergibt aber einen dunkleren Farbton als bei nur dünner Beschichtung. So wird der Helligkeitswert des Lackes zum Maßstab für die verschiedenen Korngrößen.

Nach wenigen Stunden ist der Lack erhärtet, und die Bändertone sind damit auch gleichzeitig konserviert. Solch ein Lackfilm kann beschriftet, mit einem feuchten Tuch gereinigt werden und schützt die Probe durch seine elastische Festigkeit weitgehend vor Bruch.

Bei unscharf begrenzten Schichten, wo sich die Korngröße allmählich verändert, ist die Aussagekraft des Lackfilmes nicht immer eindeutig. Ebenso versagt die Lackmethode bei den – in Bayern allerdings seltenen – groben Korngrößen des Sandes und kiesiger Einlagerungen, weil das Porenvolumen solcher Schichten sehr groß ist. Der Lack dringt dort tief in die Poren ein und läßt die Oberfläche, fast undifferenziert, ganz dunkel erscheinen.

B. SPEZIELLES BEI BÄNDERTONEN VON ROSENHEIM

Die ausgewerteten Bändertonprofile des Rosenheimer Beckens wurden nach der Methode der langsamen Trocknung, jener der Anfeuchtung und der Lackmethode bearbeitet.

Zu diesem Zweck wurde jedes Profil eines Entnahmekastens der Länge nach etwa 4 : 1 geteilt. Das größere Profilstück verblieb im Entnahmekasten und wurde langsam getrocknet. Das kleine Stück mit den Ausmaßen 50 × 5 × 2 cm wurde an der Luft schnell getrocknet, dann an zwei im rechten Winkel zueinander stehenden Seiten mit dem Skalpell glatt geschabt und eine Seite davon mit Lack überstrichen.

Somit konnten die drei oben erwähnten Methoden (Langsamtrocknung, Anfeuchtung und Lackmethode) an der gleichen Probe angewandt werden. Das erleichtert die Abgrenzung der einzelnen Bänder; denn jede Methode hat andere Vorteile, die sich bei einem Vergleich summieren.

Tafel 6 zeigt in photographischen Abbildungen die Gesamtheit der geochronologisch ausgewerteten Bändertonprofile des Rosenheimer Stammbeckens im leicht feuchten Zustand, präpariert nach der Methode der langsamen Trocknung. Im Bild sind die Warwengrenzen nicht so klar und selbstverständlich wie bei den Proben zu erkennen, wo durch Änderung der Beleuchtung und des Blickwinkels vieles besser auszumachen ist (vgl. bes. die Detailaufnahme Taf. 4, Abb. 2).

ZUSAMMENFASSUNG ZU KAP. III

Wegen der schlechten Lesbarkeit muß das Streifenbild der alpinen Bändertone durch spezielle Präparation verdeutlicht werden.

Die Bandstruktur kommt bei ganz leicht feuchten Proben am besten zum Ausdruck. Das wird erreicht durch eine langsame Trocknung der sehr feuchten Tone oder durch Anfeuchten staubtrockener Proben.

Durch Überstreichen trockener Tone mit einem hellen Kunstharzlack wird bei feinen Korngrößen ein kontrastreiches, allerdings farbumgekehrtes Streifenbild gewonnen.

Bei den ausgewerteten Tonen des Rosenheimer Stammbeckens wurde die Methode der langsamen Trocknung und die der Anfeuchtung jeweils durch die Lackmethode ergänzt und kontrolliert.

IV. ARCHIVALISCHER BELEG

Die Geochronologie ist zahlreichen subjektiven Einflüssen ausgesetzt, die man erkennen und bekennen muß. Man sollte weniger „popularisieren, verharmlosen und verniedlichen", meint Milojčić (1958/59, 45), wohl nicht ganz zu Unrecht.

Wie ist es denn – um nur ein Beispiel zu nennen – sonst möglich, daß Andersen bei dänischen Bändertonen 129 Jahre zählt, wo G. de Geer 2500 Jahre errechnet (Hansen, 1940, 423)? Leider haben wir in diesem Fall, ebensowenig wie in so manchem anderen, nicht die Möglichkeit einer Kontrolle, denn weder der eine noch der andere hat die entsprechenden Unterlagen publiziert.

Es ist deshalb auch verständlich, wenn Firbas (1949, 69) der Warwenchronologie etwas skeptisch gegenübertritt: „Es ist freilich für den Fernerstehenden nicht leicht, sich ein eigenes Urteil über die Zuverlässigkeit der geochronologischen Zeitrechnung zu bilden."

Meist werden nur vereinzelte Diagramme, einige Zahlentabellen über die Bandmächtigkeiten und vielleicht noch besonders gut ausgebildete Warwen publiziert. Das erweckt jedoch den Eindruck, als ob die Bandgrenzen stets eindeutig wären. Das ist aber durchaus nicht immer der Fall.

In Bayern ist die Abgrenzung der Bänder wohl besonders schwierig, aber auch in anderen Ländern ist die Lesbarkeit des Streifenbildes verschieden, die Ausdeutung gelegentlich unsicher und daher nicht fehlerfrei.

Aus diesem Grunde scheint es mir unumgänglich, die Meßmethoden, eine genaue Lokalbeschreibung wie aber auch vor allem das gesamte Untersuchungsmaterial darzubieten, damit sich jeder Außenstehende vom Wert der Aussagen überzeugen kann.

Darüber hinaus ist das Grundlagenmaterial für Vergleichszwecke unentbehrlich. Erst durch wiederholte Kontroll- und Parallelmessungen ist es möglich, Fehler allmählich auszumerzen und somit eine allgemeingültige und anerkannte Zeitskala aufzustellen.

Gerade dort, wo durch den Einsatz moderner Abraummaschinen die Ziegeleigruben schnell ausgeräumt werden oder wo Bändertonlager nur vorübergehend aufgeschlossen sind (wie bei der Innstaustufe Rosenheim) und sich bald wieder einer Kontrolle entziehen, da muß das Grundlagenmaterial in irgendeiner Form archivalisch gesammelt werden.

Das sei hier als dringende Forderung erhoben.

A. METHODOLOGISCHES

Die Möglichkeiten des archivalischen Belegs können sehr verschieden sein.

a) Beschreibung

Bei der Situation der Profilentnahmestellen kommt der Beschreibung eine erhöhte Bedeutung zu, besonders bei den alpinen Tonlagern. Während nämlich in Fennoskandien

die Bändertone meist in großen einheitlichen Stauseen gebildet wurden, haben wir es in Bayern mit einer Vielzahl verhältnismäßig kleiner und kleinster Becken zu tun.

In den Randzonen solcher Tonlager besteht immer die Möglichkeit, daß ganz lokal wirkende Einflüsse, wie Deltaschüttungen, Solifluktion u. ä. den allgemeinen Sedimentationsrhythmus beeinträchtigen.

Um solche rein örtliche Varianten bei Parallelmessungen zu erkennen und damit auszuschließen, ist eine genaue Beschreibung der Profilentnahmestellen auf der Grundlage großmaßstäblicher Karten und Skizzen unbedingt notwendig.

b) Materialproben

Man sollte versuchen, möglichst ganze Warwenprofile aufzubewahren, wenn es auch raumtechnisch nicht immer leicht durchzuführen sein wird. Einzelproben haben für Vergleichszwecke nur eine untergeordnete Bedeutung.

Dabei ist es nicht erforderlich, alle Parallelprofile zu sammeln. Es genügen Standardprofile, die den Rhythmus der Bandschichtung in typischer Weise wiedergeben. Die Sammlung echter Bändertonprofile bietet den Vorteil, daß auch in späterer Zeit noch sedimentpetrographische, chemische oder pollenanalytische Untersuchungen möglich sind.

c) Photographien

Eine Photoaufnahme der Bändertonlager wie auch der einzelnen Profile wird für Vergleichszwecke von hohem Wert sein. Besonderheiten, wie Feinstruktur, Störungen u. dgl., lassen sich ohne umständliche Beschreibungen klar und einsichtig verdeutlichen.

Die Gesamtheit der Bändertonprofile sollte neben den üblichen Darstellungen in Diagrammen und Tabellen auch im Lichtbild gleichermaßen publiziert werden.

Wohl sind Photoaufnahmen in zahlreichen Publikationen auch vorhanden, aber meist nur von jenen Bändertonen, die typisch und eindeutig in der Warwenstruktur sind. Aber gerade dort, wo die Abgrenzung der Bänder unsicher ist, wo also das Subjektive einsetzt, gewinnen die Photoaufnahmen ein besonderes Interesse, doch da fehlen sie im allgemeinen.

Gewiß wird es aus verschiedenen Gründen nicht immer möglich sein, alle Lichtbilder zu veröffentlichen. Es genügt dann ein Hinweis, in welchem Institut die photographischen Aufnahmen hinterlegt sind und eingesehen werden können. Jeder Außenstehende hätte dann die Möglichkeit, zu kontrollieren und zu vergleichen.

Nur bei Schostakowitsch (1931 b, 333) und Bettenstedt (1934, 284) habe ich einen derartigen Hinweis gefunden, daß das umfangreiche statistische Material nicht veröffentlicht werden konnte und im Institut ... vollständig zur Verfügung stände, wodurch die Möglichkeit der Nachprüfung gegeben sei.

d) Archivalische Zentralstellen

Um das Grundlagenmaterial der Warwenchronologien, die Bändertone oder photographische Aufnahmen, für Vergleichszwecke allgemein verfügbar zu halten, sollten alle diesbezüglichen Unterlagen in einigen Zentralarchiven gesammelt werden.

Es ist wenig sinnvoll, die Materialien in privater Hand zu belassen; sie sind dem weiter Forschenden dann meist nicht zugänglich. Einige wenige Hochschulinstitute sollten vielmehr das Material als Zentralstellen archivmäßig verwalten.

G. de Geer (1927 b, 450) strebte an, das Geochronologische Institut in Stockholm als Sammelstelle für die ganze Welt auszubauen. Meines Erachtens sollten sich die geochronologischen Zentralstellen jedoch nur auf ein jeweils gleichartiges Sedimentationsgebiet beschränken.

B. SPEZIELLES BEI BÄNDERTONEN VON ROSENHEIM

Von den in Bayern warwengeochronologisch ausgewerteten Bändertonen der Tonlager In (Innstaustufe Rosenheim) und Ha (Ziegeleigrube Hamberger) steht das gesamte Grundlagenmaterial für Vergleichszwecke zur Verfügung.

Die entnommenen Bändertonprofile sind sowohl im leicht feuchten Zustand wie auch trocken und lackiert im Geographischen Institut der Universität München hinterlegt. Photoaufnahmen der ausgewerteten Profile sind auf Taf. 6 dieser Studie beigegeben.

Die Beschreibung wie auch die Lage der Aufschlüsse ist aus Kap. I, Fig. 1 und Fig. 2 zu entnehmen.

ZUSAMMENFASSUNG ZU KAP. IV

Für Vergleichs- und Kontrollzwecke ist es notwendig, die Grundlagenmaterialien der Warwengeochronologien zugänglich zu machen. Eine alleinige Beschreibung der Bändertonprofile genügt nicht. Photographische Aufnahmen sind meist unentbehrlich.

Soweit möglich, sollten die echten Bändertonprofile gesammelt werden.

Archivalische Zentralstellen sollten das gesamte Material der Warwengeochronologien verfügbar halten.

V. LITHOLOGISCHER CHARAKTER UND ENTSTEHUNG DER TONE IM ROSENHEIMER BECKEN

Im Rosenheimer Stammbecken müssen wir drei übereinandergelagerte Bändertonpakete von grundverschiedener Fazies unterscheiden:

1. an der Basis, unmittelbar über der Grundmoräne, die *Limno-glazigenen Warwentone*,[1] mit einigen Metern Mächtigkeit,
2. im mittleren Bereich der See-Einfüllung die *Limno-fluviogenen Warwentone*, mit einer Mächtigkeit von einigen Dekametern,
3. im Hangenden, in Nähe des einstigen Seespiegels, die *Limno-fluviogenen Decktone* von rd. 10 m Mächtigkeit.

Die terminologischen Begriffe für die Bändertone sind von der verschiedenen Entstehung her geprägt.

A. DIE GLAZIGENEN WARWENTONE

Bei der Errichtung der Innstaustufe Rosenheim (Tonlager In) konnte ich in der Baugrube die ältesten Tone des zentralen Rosenheimer Beckens studieren. Die entnommenen Teilprofile sind in den Kästen In 11 bis In 15 erfaßt (vgl. Taf. 6 und Fig. 3).

a) Strukturhabitus

Im großen und ganzen ist die Fazies gleichartig wie in Schweden.

aa) Stratigraphie und Korngrößen

Die untersten Tone des Rosenheimer Beckens sind durch Einlagerung von verschiedenen, einzeln oder gruppiert auftretenden Grobmaterialien in ihrer Bänderung stark gestört. Dennoch sind sie im leicht feuchten Zustand als typisch zweiphasig zu erkennen, mit einer hellen Sommerlage und einer überdeckenden dunklen Winterschicht.

Die hellen Bänder bestehen zuunterst jeweils aus grobkörnigerem, vielfach feinsandigem Material und gehen nach oben in schluffige und tonige Fraktionen über. In den dunklen Winterschichten finden sich immer die feinsten Partikel.

Die dunklen Lagen werden jeweils nach oben zu (und nur nach oben!), durch eine hellere Färbung und einen Wechsel in der Korngröße, gegen die nächste Schicht scharf

[1] Im Alpengebiet gibt es nur limnische Bändertone, in Schweden außerdem auch marine Ablagerungen.

begrenzt. Derart erscheint bei den untersten Staubeckentonen von Rosenheim ein Bänderton gut klassierter Sedimente mit typisch diatakter Warwenstruktur.

Die Mächtigkeit der Warwen schwankt zwischen wenigen Millimetern und einigen Zentimetern (vgl. Tab. 1). Die hellen sommerlichen Lagen sind stets viel dicker als die dunklen überdeckenden Schichten. Irgendeine Beziehung zwischen der Dicke der hellen Lagen und jener der dunklen konnte nicht festgestellt werden. Die tonigen dunklen Schichten sind immer nur sehr dünn ausgebildet, meist im Bereich von mm-Bruchteilen und nur selten in der Größenordnung eines Millimeters.

bb) Farbliches Aussehen

Der farbliche Gesamteindruck der voralpinen Bändertone wird – wie schon betont – vom Grad der Feuchtigkeit stark beeinflußt. Dabei ist die Farbgebung der grobkörnigeren Sommerbänder für das Gesamterscheinungsbild ausschlaggebend, da sie die jeweils nur sehr dünnen feinkörnigen Winterlagen übertönen.

Im feuchten Zustand sind die Glazigenen Warwentone meist blaugrau oder braungrau, seltener grünlichgrau, ausgetrocknet erscheinen sie hellgrau oder leicht bräunlich.

cc) Gehalt an Kalziumkarbonat

Der Karbonatgehalt der Warwen gibt manche Hinweise auf die Struktur und die Entstehung der Bändertone.

In Schweden sind zahlreiche $CaCO_3$-Untersuchungen schon vor der Jahrhundertwende angestellt worden (G. de Geer, 1940, 139 gibt hierzu einen guten Überblick). Von Bedeutung für einen Vergleich mit meinen Studien sind dabei die Analysen von A. G. Högbom (1889) und Arrhenius (1947) in der Uppsala-Region.

Nach jenen Untersuchungen ist der Karbonatgehalt in den warwigen Tonen jahreszeitlich gebunden und saisonal sehr verschieden. Taf. 7 a (nach Arrhenius, 1947, umgezeichnet) zeigt die strenge Repetition der $CaCO_3$-Verteilung innerhalb der einzelnen Warwen.

Das bedeutendste Ergebnis scheint mir dabei der Unterschied zwischen der sommerlichen Sedimentationsphase und der dunklen Winterablagerung zu sein. Die Winterschichten zeigen jedesmal ein absolutes Minimum an $CaCO_3$, in der hellen Sommerschicht findet sich das Jahresmaximum.

Die Glazigenen Tone des Rosenheimer Beckens wurden in 22 Analysen (nach der Scheibler-Methode) auf ihren Karbonatgehalt hin überprüft, und zwar das dritte und vierte Warw über der Grundmoräne (nach der Rosenheimer Zeitskala die Jahre K-204 und K-203) mit Anschluß an die beiden Nachbarwarwen (K-205 und K-202).

Diese Warwen wurden gewählt, weil sie zu den ältesten Bildungen des Rosenheimer Beckens gehören und weil sie nur wenig gestört sind.

Soweit die Materialmengen ausreichten, wurden jeweils zwei Proben vom gleichen Stück analysiert. Das Ergebnis findet sich in Tab. 6[1] und auf Taf. 7 b.

Die Verteilung des $CaCO_3$-Gehaltes innerhalb der Warwen zeigt gute Übereinstimmung mit den in Schweden untersuchten Tonen. Die dunklen Winterschichten haben einen geringeren Kalkgehalt als die grobkörnigeren Sommerlagen.

---

[1] Der geringe Gehalt an Kalziumkarbonat bei den Sedimenten des Rosenheimer Beckens verbietet es uns, streng genommen, von *Seekreide* zu sprechen (vgl. dazu Lundquist, 1927, 55; Naumann, 1930, 65; Wasmund, 1930, 109; H. J. Schneider, 1953, 247).

b) Entstehung der Glazigenen Warwentone

Durch die Bezeichnung des basalen Seeschlicks im Rosenheimer Becken als *Glazigenen Warwenton* soll zum Ausdruck gebracht werden, daß ich diesen Ton für glazigen, d. h. unter dem Einfluß des Eises, und für warwig, d. h. saisonal entstanden, halte. Die Front des einstigen Gletschers liegt dabei im Rosenheimer Becken, das im übrigen Teil von einem kalten Eisstausee eingenommen wird.

Die glazigene Entstehung der Bändertone kann in mehrfacher Hinsicht begründet werden. Schon die gleiche Strukturausbildung der hier untersuchten Ablagerungen mit den schwedischen Warwen läßt auf eine gleichartige Entstehung schließen. Die ähnliche Verteilung des Kalkkarbonats in den Tonbändern könnte dieses noch erhärten.

Aber auch aus den bayerischen Tonen selbst sind Hinweise für eine glazigene Entstehung herauszulesen. Die untersten Bändertone liegen unmittelbar über der Grundmoräne. Sie sind beim Rückzug des Inngletschers vor dem Eisrand abgelagert worden, als die Eisfront noch im See lag. Kasten In 11 (Staustufe Rosenheim) zeigt ein Beispiel, wo sowohl Grundmoräne als auch überdeckende Tonbänder eingefangen sind.

Auch die bläulichgraue Färbung der basalen Bändertone ist typisch für glazigene Entstehung. Solche Sedimente finden sich im allgemeinen nur in Nähe der Grundmoräne und werden bei limnischer Sedimentation sehr bald von andersfarbigen Tonen überdeckt. (Groschopf, 1936, berichtet bei den Staubeckentonen des Plöner Sees von gleichartigen Verhältnissen.)

Ein besonderer Hinweis auf die Nähe des Eisrandes sind die grobklastischen Einlagerungen bei den untersten Beckentonen. Dieses Material erreicht Durchmesser bis zu mehreren Zentimetern, ist völlig unsortiert, zum großen Teil scharfkantig frisch und splittrig.

Solche Korngrößen können nicht mehr frei schwimmend transportiert werden. Nur Eis, in Form von Eisbergen oder Schollen, und Wasser unter außerordentlichem Druck vermögen derart grobklastisches Material zu transportieren. Eisberge oder Eisschollen, die nicht unbedingt auf Gletschernähe schließen lassen, spielen bei der Ablagerung solcher Materialien im Rosenheimer Stammbecken sicher nur eine untergeordnete Rolle; ihre Sedimentation ist im allgemeinen nicht flächenhaft und auch meist ohne System in der Materialverteilung. Im Rosenheimer Becken aber sind die Grobkiese über weite Teile des basalen Sedimentbereichs mit großer Regelmäßigkeit durch Untergrundbohrungen nachgewiesen (vgl. Taf. 5). Von 31 bis zur Grundmoräne geführten Teufen im Bereich der Innstaustufe Rosenheim erfolgt bei 19 Bohrungen ausdrücklich ein Hinweis auf das Grobmaterial unmittelbar über der *eigentlichen* Grundmoräne. Fälschlicherweise wird in den Bohrmeisterberichten der von grobklastischen Einlagerungen durchsetzte Sedimentationsbereich als *Obere Grundmoräne* bezeichnet. Dieser Irrtum ist verständlich, weil bei Spülbohrungen die Besonderheiten glazigener Sedimentation nur schwer zu unterscheiden sind. Immerhin werden auch in den Bohrmeisterberichten bei der sog. *Oberen Moräne* mehrmals *Schlickeinlagerungen* und *Übergänge* von der unteren Moräne zu den feinkörnigen Seetonüberdeckungen erwähnt.

Von den tatsächlichen Verhältnissen der Lagerung und Struktur der untersten Beckensedimente konnte ich mich beim Bau der Innstaustufe Rosenheim unmittelbar überzeugen. Danach sind die in den Bohrmeisterberichten als *Obere Moräne* bezeichneten Sedimente tatsächlich glazigene und gebänderte Staubeckentone, die allerdings von Moränenmaterial durchsetzt und in der Lagerung daher vielfach gestört sind.

Weitere Hinweise für eine glazigene Entstehung der basalen Bändertone lassen sich auch aus der Korngrößenverteilung innerhalb der Warwen herauslesen. Der zyklische

Wechsel von Grob- und Feinmaterial weist auf eine proximale Lage zum Einschüttungsort hin. Da die Tonentnahmestelle In aber mitten im Rosenheimer Stammbecken liegt und das Südende des einstigen Sees über 20 km (bei Kiefersfelden - Kufstein) entfernt ist, kann nur ein im See ruhender Gletscher die proximale Sedimentation besorgt haben; denn über 20 km Distanz hinweg bilden sich diatakte Warwen nicht mehr mit einem so deutlichen Kornunterschied aus, wie er uns bei den glazigenen Tonen entgegentritt (vgl. Sauramo, 1925 a).

Aus all diesen hier erwähnten Gründen dürfte kein Zweifel darüber bestehen, daß die untersten Bändertone des Rosenheimer Beckens tatsächlich glazigen sind. Über die Bildung der warwigen Struktur und den Nachweis einer jahreszyklischen Sedimentation liegen für glazigene Bändertone umfangreiche Studien vor, die auch im großen und ganzen für den bayerischen Raum Gültigkeit haben dürften.

„Die sandigen Lagen sind Sommerlagen, bei reichlicher Zufuhr von Sedimentmaterial durch die sommerlichen Schmelzwässer entstanden, die dunklen Lagen sind Winterlagen, die in der Frostzeit entstehen, wenn bei geringer Wassermenge die Zufuhr von Sediment erlahmt, nur feinste Tontrübe erfaßt und gelegentlich ganz aufhört" (v. Bubnoff, 1948, 7).

In Wirklichkeit ist der Sedimentationsvorgang komplizierter. Antevs (1929 b, 54) hat die Entstehung der Warwen sehr genau studiert. Danach wird der „Glazigene Warwenton" vor der sich zurückziehenden Eisfront aus einem Material gebildet, das direkt vom schmelzenden Eis herrührt. Wegen der sommerlichen Seetemperatur (nur wenig unterhalb des Dichtemaximums) schwimmt das kalte und leichtere Schmelzwasser auf, die Flußtrübe gelangt somit an die Oberfläche und kann durch Strömungen und Wellen weit und schnell verteilt werden. Die gröberen Körner dagegen sinken bald zu Boden und werden während der Schmelzsaison abgelagert. Auch ein Teil des schluffigen Materials geht während der gleichen Zeit nieder. Der Hauptteil der feinsten Partikel setzt sich aber erst während des Winters, wie es die Korngrößenverteilung in einem Warw augenscheinlich macht.

Die Temperatur des Seewassers hat, wie Fraser (1929) experimentell nachweisen konnte, einen wesentlichen Einfluß auf die Bildung diatakter Warwen. Bei niederen Temperaturen zwischen 0 und 4° C, wie bei Eisseen, ist nämlich die Fallgeschwindigkeit kleiner Teilchen relativ gleich jener größerer Fraktionen. Dadurch gibt es keine Kornvermischung, sondern eine graduelle Veränderung nach dem Hangenden, eine gute schichtweise Sonderung nach Korngrößengruppen.

Die Entstehung des feinkörnigen dunklen Warwenteils ist aber dennoch nicht ganz plausibel, denn im kalten Wasser setzt sich der feine Ton mit einer extrem kleinen Rate, so langsam, daß seine völlige Sedimentation vor dem Frühjahr kaum möglich ist. Sauramo (1924, 104) meint deshalb, daß ein Teil der feinsten Partikel vielleicht erst im nächsten Sommer sedimentiert werde. Fraser (1929) dagegen sieht in einer Ausflockung der Tonteilchen während des Winters die Möglichkeit einer vollständigen Ablagerung selbst feinster Partikel.

Die verschiedene Färbung der grobkörnigeren Sommerschichten und der feinen Winterlagen erklärt Arrhenius (1947, 70) mit einem verschiedenen Anteil organischer Beimengungen. Bei der kräftigen Zufuhr minerogener Materialien in der warmen Jahreszeit ist der Prozentsatz der dunklen organischen Stoffe gering, und die Sommerlagen erscheinen deshalb hell. Im Winter dagegen ist das organische Material nicht so stark mit mineralischen Sedimenten „verdünnt", der organische Anteil nimmt relativ zu, und die Schichten wirken dadurch dunkler.

Für die saisonal verschiedene Karbonatverteilung innerhalb der glazigenen Warwen gibt es m. E. noch keine überzeugende Begründung.

Bei den Rosenheimer Glazigentonen lassen sich viele Parallelen zu den schwedischen Warwentonen erkennen, so in der Struktur, der Färbung und der Verteilung des Kalkkarbonats.

Die Zeiteinheit für den zyklischen Wechsel sedimentärklimatischer Bedingungen kann im Rosenheimer Becken nur das Jahr sein. Der Tag scheidet schon allein wegen der Seetiefe von 50 m für einen solchen Rhythmus völlig aus.

Einen wesentlichen Hinweis für die jahresmäßige Sedimentation der Glazigenen Bändertone gibt uns die meist kräftig ausgeprägte diatakte Struktur der Warwen. Sie ist nicht

nur auf die saisonal verschieden starke Sedimentschüttung im Ablationsbereich des Gletschers allein zurückzuführen (wie allgemein angenommen wird), sondern verlangt auch eine Berücksichtigung der Gletscheroszillation entsprechend den Jahreszeiten. Im Frühjahr steht die Eisfront, nach dem winterlichen Vorstoß, am weitesten vorn und beginnt mit grobklastischer Ablagerung. Bei der sommerlichen Schmelze des Gletschers dürfte der Sedimentausstoß und damit die Korngröße noch erheblicher sein als im Frühjahr. Aber immer liegen die gröbsten Fraktionen unmittelbar vor der Eisfront, die nun seit dem Frühjahr um einiges zurückverlegt worden ist. Mit der weiteren Regression gelangt also, entsprechend dem längeren Transportweg, auf die Ablagerungen des Frühjahrs immer feineres Material. Daher finden wir in der sommerlichen Sedimentationsphase abnehmende Korngrößen nach dem Hangenden. Beim winterlichen Vorstoß ist die Sedimentation nur sehr gering (vgl. Sauramo, 1918). Feinste Tontrübe überdeckt deshalb die sommerlichen Warwenteile mit allmählichem Übergang. Die nun vorgerückte Eisfront wird im nächsten Frühjahr die feinkörnige Winterschicht schon allein wegen der proximalen Lage mit kontrastreichem Material überdecken. Unter Berücksichtigung der Gletscheroszillation ist die scharfe Warwengrenze nach oben gut verständlich, ohne daß wir eine Unterbrechung der Sedimentation während der Wintermonate unbedingt annehmen müssen.

Die Gesamtmächtigkeit der glazigenen Bändertone läßt sich im Bereich der Staustufe Rosenheim abschätzen. Nach den Untergrundbohrungen liegt das grobklastische Material bis höchstens 2 m über der Moräne. Die blaugraue Färbung der basalen Tone umfaßt etwa gleiche Werte. Wir gehen somit nicht fehl, wenn wir die proximale Sedimentation mit etwa 2 m Mächtigkeit annehmen. Das distal-glazigene Sedimentpaket ist dagegen nur annähernd zu erfassen. Nach Untersuchungen über die warwigen Fluviogentone zu schließen, dürfte die Gesamtmächtigkeit der glazigenen Bändertone im zentralen Teil des Rosenheimer Stammbeckens etwa bei 4–5 m liegen.

Dieser geringe Wert glazigener Sedimentierung mag uns zunächst überraschen. Aber die Eisrezession aus dem voralpinen Stammbecken müssen wir als sehr rasch annehmen. Damit gewinnen die fluviogenen Bändertone bei der Zuschüttung des Rosenheimer Sees eine viel größere Bedeutung als die glazigenen Sedimente.

B. DIE FLUVIOGENEN WARWENTONE

Über den warwigen Glazigentonen finden sich im Rosenheimer Becken Feinsedimente, die eine andere Fazies aufweisen. Nach der Entstehung bezeichne ich sie als *Fluviogene Warwentone.*

Mit den Kästen In 3 bis In 10 und Ha 6, 8 und 9 wurden Teile dieser Seebeckenfüllung zur weiteren Auswertung entnommen (vgl. Taf. 6 und Fig. 3).

Die Fluviogenen Warwentone wurden besonders eingehend untersucht. Sie haben den größten Anteil an der Zufüllung des einstigen Seebeckens und bieten uns auch sonst Neues über den Ablauf der alpinen Spätwürmzeit.

a) Strukturhabitus

In mancher Hinsicht erinnern die Rosenheimer Fluviogenen Warwen an die distalen und teilweise auch an die symmikten Tone von Skandinavien. In Wirklichkeit zeigen sie

aber wesentliche Unterschiede gegenüber den durch die Eisschmelze entstandenen Feinsedimenten.

aa) Stratigraphie und Korngrößen

Die Fluviogenen Bändertone von Rosenheim sind genauso zweiphasig wie die Glazigenen Tone, helle und dunkle Lagen wechseln periodisch. Während aber bei den basalen, glazigenen Sedimenten immer ein allmählicher Übergang von der sommerlichen zur winterlichen Sedimentationsphase durch Farb- und Korngrößenwechsel zu erkennen ist, fehlt dieser Übergang bei den Fluviogenen Warwen vollends. Die dunkle Winterschicht tritt unvermittelt entgegen und ist nicht nur, wie üblich nach oben, sondern ebenso nach unten, also beidseitig scharf begrenzt.[1]

Außerdem sind die Korngrößen – wie bei den distalen Warwen – zwischen Sommer- und Winterlagen meist nur wenig differenziert. Sie liegen vorwiegend im Bereich des groben und feinen Tones. Makroskopisch sind Unterschiede kaum wahrnehmbar.

Die gröbsten Fraktionen innerhalb eines Doppelbandes liegen nicht unbedingt oberhalb der dunklen Winterschicht, wie bei den glazigenen Tonen, sondern irgendwo in der hellen Sommerlage. Eine Gesetzmäßigkeit für deren Verteilung ist nicht zu erkennen.

Eigenartigerweise finden sich aber unterhalb der dunklen Winterschicht gröbere Körner, in Schichtlage oder auch nur vereinzelt, die sich deutlich gegenüber der Nachbarschaft abheben. Die Zahl der Körner ist so gering, daß man ihre Anwesenheit vielfach erst beim Zergliedern der Bändertone oder bei Trocknungsrissen erkennt. Solche Risse bilden sich bei den Fluviogentonen vorwiegend unterhalb der dunklen Winterschicht, bei den glazigenen Warwen aber meist oberhalb der Winterlage, also immer in Anlehnung an grobe Fraktionen.

Die helle Sommerphase ist stets mächtiger ausgebildet als die zugehörige Winterschicht. Irgendeine gesetzmäßige Beziehung zwischen der Dicke der hellen Lagen und jener der dunklen, wie z. B. von Sauramo (1918) und Vierke (1937) nachgewiesen, existiert bei den Rosenheimer Tonen nicht. Die Winterschichten sind immer außerordentlich dünn, höchstens im mm-Bereich und unabhängig von der Stärke der Sommerlagen (vgl. Taf. 6).

Die Mächtigkeiten der Fluviogenen Warwen sind, wie bei den Glazigenen Bändertonen von Rosenheim, sehr unterschiedlich und schwanken zwischen einem Millimeter und mehreren Zentimetern (vgl. Tab. 1). Die mittlere Stärke der Fluviogenen Warwen im Rosenheimer Becken kann man, nach den bisherigen Auszählungen, mit knapp 1 cm annehmen. Wie jedoch Untersuchungen über die Häufigkeitsverteilung bestimmter Warwendicken zeigen (vgl. Kap. V E), unterliegt auch der „Mittelwert" je nach Zeitintervall beachtlichen Schwankungen.

bb) Feinschichtung der Tonbänder

In der Literatur wird immer wieder auf eine untergeordnete Zonierung der an sich schon warwigen Streifenbilder hingewiesen. Solche Feinschichten innerhalb eines Warws

[1] Der fehlende Übergang von der Sommerschicht zur überdeckenden Winterlage wird nur scheinbar auch von Hausen (1913, 127) aus Lettland erwähnt: „Die Sommerschichten in den Bändern ... zeigen nach oben eine scharfe Grenze, nach unten aber einen allmählichen Übergang in die fettere braune Winterschicht." Dieser Hinweis beruht aber einwandfrei auf einem Übersetzungsfehler (die überdies in der betreffenden Arbeit mehrfach vorhanden sind). Das läßt schon das Zitat erkennen und vor allem die graphische Zeichnung bei Hausen, S. 128.

werden nach dem Vorbild von Andersen und Hansen (1929) als „Tageswarwen" bezeichnet. Die Diskussion über eine mögliche Unterteilung von Jahreswarwen in sog. Tageswarwen wurde sehr lebhaft geführt und ist bis heute nicht entschieden.

Schon Hausen berichtet 1913 (137) von Bändertonen aus den russischen Ostseeländern, deren „grobe Bänder" von ein bis mehrere Zentimeter Dicke „eine sehr feine Bänderung von ca. 1 mm" aufweisen.

Andersen und Hansen (1929) finden bei dänischen Warwentonen ebenfalls untergeordnete Schichten und erkennen bei ihnen abgeschwächt einen zyklischen Wechsel von Ton- und Feinsandlagen wie bei den Jahreswarwen. Weil Andersen und Hansen annahmen, daß ein jedes untergeordnete Tonband eine Tagessedimentation umfaßt, nannten sie es „Døgnvarv" = Tageswarw.

Bis zu hundert solcher Tageswarwen wurden in Dänemark innerhalb einer Jahresablagerung gezählt (Hansen, 1933 und 1940). Beschoren (1935, 400), Vierke (1937, 8) und Schwarzbach (1938, 144) berichten von gleichen Erscheinungen aus dem norddeutschen Raum.

In Dänemark werden die Warwen geradezu danach unterschieden, ob sie in den Sommerlagen eine Tageswarwenstruktur aufweisen, d. h. gegliedert sind oder nicht. Jene Bändertone, bei denen nur die Jahresperiode deutlich ausgeprägt ist, nennt Andersen (1929, 166) den *allochthonen* Warwentypus, die gegliederten Bänder *autochthon*. ødum (1929) spricht die unterteilten Warwen als *Lokalwarwen*, die ungegliederten als *Regionalwarwen* an.

Um zu prüfen, ob das Problem der Tageswarwen auch für das alpine Gebiet besteht, wurden bei 66 Warwen spezielle Untersuchungen angestellt (54 Warwen aus den Entnahmekästen In 3 und In 4, nach der Zeitzählung die Jahre L 232 bis L 285, und dann 12 Warwen aus Kasten In 10, nach der Zeitzählung die Jahre L 127 bis L 138).

Auch in Bayern sind die Sommerlagen der Jahreswarwen zonenhaft gegliedert (vgl. Tab. 4). Das sieht man am besten bei ganz leicht feuchten Proben, bei trockenen nur, wenn diese mit einem hellen Kunstharzlack überstrichen werden. Bei staubtrockenen oder tropfnassen Tonen dagegen ist eine Feinschichtung kaum auszumachen.

Schon allein nach dem Äußeren ist zu erkennen, daß es bei den Fluviogenen Bändertonen von Rosenheim keine Tageswarwenstruktur gibt. Die untergeordneten Schichten der sommerlichen Tonbänder zeigen nichts Warwiges, keinerlei Rhythmus in Farbe und Struktur.

Diese untergeordneten Schichten sollen von mir ganz allgemein als *Feinschichten*, ohne jeden Zeitbezug, bezeichnet werden. Sie entsprechen damit den sog. Laminae nach Korn (1938, 140).

Die Anzahl der Feinschichten innerhalb des sommerlichen Warwenteils ist bei den 66 näher untersuchten Tonbändern sehr verschieden (vgl. Tab. 4). Sie liegt vorwiegend zwischen zwei und neun. In einem Fall wurden sogar 17 solcher Laminae gezählt. Es wurde aber keine einzige Sommerlage entdeckt, die ungeschichtet gewesen wäre. Dabei sind nur jene Mikroschichten berücksichtigt, die mit normalen mechanischen Mitteln voneinander zu trennen sind, d. h. also bis zu einer Schichtstärke von etwa 0,1–0,2 mm. Eine Beziehung von Feinschichten-Anzahl zur Gesamtmächtigkeit des jeweiligen Sommerbandes ist nicht vorhanden.

Die Stärke der einzelnen Mikroschichten bei den sommerlichen Warwenteilen schwankt zwischen Millimeterbruchteilen und wenigen Millimetern.

Im Gegensatz zu der vielfach gegliederten Sommerlage der Fluviogenen Tone ist der winterliche Warwenteil zu 80% einschichtig ausgebildet. Nur vereinzelt wird das Winterband 2- oder gar 3fach gegliedert. Die zwischengeschalteten Schichten sind dann gegenüber ihrer Nachbarschaft nicht – wie bei den einschichtigen Winterlagen üblich – immer beiderseits scharf begrenzt, sondern haben Übergänge oder nicht planparallele Verzahnungen.

Von norddeutschen Bändertonen berichtet Beschoren (1935, 404), daß Tageswarwenstruktur in der Winterschicht nicht beobachtet worden sei, während Schwarzbach (1938, 144) auch bei den Winterlagen ausdrücklich Tageswarwen erwähnt.

cc) Farbliches Aussehen

Wie schon mehrfach erwähnt, wird der farbliche Gesamteindruck der Alpenvorland-Bändertone weitgehend vom Grad der Feuchtigkeit bestimmt. Im leicht feuchten Zustand ist die Farbgebung besonders lebhaft. Die Sommerlagen der Fluviogenen Tone erscheinen dann grau-bräunlich, gelegentlich mit einem Stich ins Grünliche und einzelne Partien auch gelblich und blaßrosa.

Die winterlichen Lagen sind normalerweise, d. h. bei einschichtiger Ausbildung, immer dunkelbraun.

Dunkelgraue Streifen, leicht mit den echten Winterlagen zu verwechseln, gehören tatsächlich der sommerlichen Sedimentationsphase an, wie mit Hilfe von $CaCO_3$-Untersuchungen nachgewiesen werden konnte (vgl. Kap. V, B, a, dd).

Eine Beziehung von Färbung und Korngröße ist, außer bei den Winterlagen, nicht festzustellen.

Im staubtrockenen Zustand wirken die Fluviogenen Warwentone des Rosenheimer Beckens, wie die meisten Seesedimente, insgesamt hellgrau.

dd) Gehalt an Kalziumkarbonat

Neun nacheinanderfolgende Warwen (nach der Zeitzählung die Jahre L 239 bis L 247) aus dem Entnahmekasten In 4 wurden mit 263 Analysen auf ihren Kalkgehalt hin untersucht.

Die Zergliederung der Warwen erfolgte nicht wie in Schweden durchweg gleichabständig, sondern möglichst in Anlehnung an Schichtgrenzen. Dies läßt bessere Ergebnisse erwarten, wie in zahlreichen Versuchen erprobt werden konnte. Mit Hilfe eines Skalpells ist es verhältnismäßig leicht möglich, selbst ganz dünne Schichten schabend abzugliedern.

Soweit die Materialmengen ausreichten, wurden jeweils drei Proben analysiert.

Das Ergebnis der Analysen ist in Tab. 7 und auf Taf. 8 festgehalten. Der Kalkgehalt der Fluviogenen Warwen liegt im Mittel bei ungefähr 18% und schwankt zwischen 10 und 25%.

Die Verteilung des $CaCO_3$ innerhalb der neun untersuchten Warwen ist gleichartig, obwohl die Tonbänder in ihrer Stärke wie im stratigraphischen Gefüge sehr unterschiedlich sind. Im einzelnen lassen sich folgende charakteristische Züge in der Karbonatverteilung erkennen (vgl. Taf. 8):

1. Der Kalkgehalt innerhalb eines einzelnen Warws ist sehr unterschiedlich.
2. Die Verteilung des Karbonats zeigt in allen Warwen eine strenge und gleichartige Repetition.
3. Die dunklen Winterlagen haben einen höheren Kalkgehalt als das jeweils zugehörige Sommerband.
4. Die Winterschichten besitzen gegenüber der Nachbarschaft ein beachtliches $CaCO_3$-Maximum.
5. Die Schichten beiderseits der Winterlage haben ausgeprägte Minima.
6. In den hellen Sommerlagen sind zwei kräftige $CaCO_3$-Maxima ausgebildet, die von untergeordneten Maxima begleitet werden können.

Die Verteilung des Kalkgehaltes bei den Fluviogenen Warwen ist völlig anders als bei den Glazigenen Tonen von Rosenheim oder Schweden. Die Fluviogenen Bändertone haben ihren höchsten Kalkgehalt in der dunklen Winterschicht, die Glazigenen Tone dagegen in der hellen Sommerlage. Diese Verschiedenartigkeit in der $CaCO_3$-Verteilung weist deutlich auf eine verschiedene Entstehung der beiden Warwenarten hin.

Ein nur geringer Kalkgehalt ist wohl im gesamten Rosenheimer Becken vorhanden. Das zeigt die bedeutende Ziegelindustrie, die hier bis in die Römerzeit zurückgreift. Vergleichbare Analysenwerte zu meinen Untersuchungen fehlen. Lediglich Bayberger (1882, 46) nennt einen Wert von 14,5% Kalkanteil beim Seeschlick von Rosenheim.

ee) Untersuchung auf Pollen

Da die Pollenverteilung in den Bändertonen Bayerns noch unbekannt ist, wurde dieses Problem in die warwenchronologischen Studien einbezogen. Pollen können unter Berücksichtigung der verschiedenen Blühzeiten der Pflanzen (vgl. Wasmund, 1931, 607) einen unmittelbaren Nachweis saisonaler Sedimentation (in ähnlicher Weise wie bei der Blaubänderung des Gletschereises; Vareschi, 1935) ermöglichen. Welten (1944) hat dies im Berner Oberland erstmals bei warwigen Tonen untersucht.

Drei Warwen aus dem untersten Bereich des Rosenheimer Beckens (L 242 – L 244) wurden, wie bei den $CaCO_3$-Untersuchungen, entsprechend ihrer Feinschichtung zergliedert und dann nach den Methoden von Erdmann (1954) und Troels-Smith (1935) auf Pollen analysiert.[1] Von jeder der 27 Proben wurden mehrere ungefärbte und gefärbte Präparate gefertigt.

Das Ergebnis der Untersuchungen ist negativ. Ich habe keine Pollen gefunden. Ob die Tone allerdings tatsächlich pollenleer sind, ist noch nicht endgültig entschieden, denn die Schwierigkeiten bei pollenanalytischen Untersuchungen in Tonen sind sehr groß. Schon die Ansichten über die Erhaltung der Pollen in kalkigen Sedimenten gehen extrem auseinander.

So äußert Gross (1958, 158) die Vermutung, daß Pollen in trockenen kalkigen Tonen zerstört würden, Gams (1927 b, 162) dagegen meint, Seekreiden seien auch getrocknet zur pollenanalytischen Untersuchung brauchbar. Auch K. Bertsch (1942, 23) betont: „Nur die Kalk- und Tonablagerungen vertragen ohne größeren Nachteil die völlige Austrocknung." H. J. Schneider (1953) wiederum behauptet, daß Laubholzpollen eher zerstört würden als Nadelholzpollen, so daß bei älteren Sedimenten der Nadelholzpollenanteil dadurch ungerechtfertigt zunähme. Deshalb seien vor allem die Seekreiden „leer" von Pollen. v. Sarnthein hat 1940 (461) ähnliche Beobachtungen gemacht wie Schneider, 1948 (58) aber auch in Seekreiden reichlich Pollen gefunden.

Bei dem durchflossenen Rosenheimer See werden pollenanalytische Untersuchungen auch Rücksicht nehmen müssen auf Verschwemmung, Windtrift und die damit verbundene Verfälschung der Pollenzahl in den einzelnen Seebereichen sowie auf die verschiedene Schwimm- und Sinkfähigkeit der Pollen (vgl. Wasmund, 1931). Und selbst wenn Pollen gefunden werden, ist mit Sekundäreinlagerungen (vgl. Iversen, 1936) zu rechnen, da der Inn sowohl eiszeitliche als auch interglaziale Ablagerungen in den Alpentälern ausgeräumt hat. v. Sarnthein (1937) konnte auch zahlreiche Sekundärpollen im Tiroler Inntal nachweisen.

---

[1] Für die Einführung in das Studium der Pollenanalyse sowie für die Durchsicht einiger Präparate bin ich Herrn Dr. Schmeidl, Bayer. Landesanstalt für Landkultur und Moorwirtschaft, Moorforschungsstelle Bernau, zu Dank verpflichtet.

Die Schichtbeständigkeit der Pollen dürfte bei den feinzonierten Fluviogenen Warwen von Rosenheim gesichert sein.

b) Entstehung der Fluviogenen Warwentone

Über den Glazigenen Warwen liegen, wie wir gesehen haben, Bändertone mit ganz anderer Fazies und damit anderer Entstehung.

Die Gletscher haben sich mittlerweile so weit in die Alpen zurückgezogen, daß der Rosenheimer See jetzt nicht mehr von Eiswasser erfüllt, sondern je nach Jahreszeit verschiedenartig temperiert ist. Die Mittler für das anfallende Sedimentmaterial sind nicht mehr das Eis und die subaquatisch austretenden Gletscherwasser, sondern die oberflächlichen Flüsse. Deshalb bezeichne ich diese Tonmaterialien im Gegensatz zu den Glazigenen Sedimenten als *Fluviogen*, d. h. in Abhängigkeit vom Fluß entstanden.

Gletschereis spielt für den Anfall von Sedimenten nur noch indirekt eine Rolle. Die Flüsse besorgen durch Erosion und auch mit Hilfe der sommerlichen Regen das Material, das sie dem See zuführen, etwa in der Art, wie sie es heute im Alpenvorland tun.

Dieser Hinweis auf *nicht-glazigene* Bändertone bei der Auflandung des Rosenheimer Sees dürfte im allgemeinen überraschen, denn im deutschen Schrifttum wird allzusehr übersehen, daß Warwentone durchaus nicht immer in Abhängigkeit zu einer unmittelbaren Vereisung stehen müssen. Dabei existieren wertvolle Untersuchungen über nicht-glazigene Bändertone und Warwen aus geologischer und auch historischer Zeit.

Einige dieser Studien sollen erwähnt werden, damit sie auch bei uns eine entsprechende Würdigung erfahren: Lidén (1911) nennt *Postglazialton*, der durch Hochwasser der Flüsse in Ångermanland entstanden ist; Götzinger (1911) hat rezente Warwen bei den Lunzer Seen festgestellt, G. de Geer (1912 b) jahresgeschichtete Tone im Ragundabecken, die *postglazial* und jünger sind; Schlunck (1916, 264) erkennt in der Lübecker Gegend geschichtetes Material aus einer fluviatilen Periode. Nipkow (1920 und 1928) bearbeitet sehr eingehend rezente Warwen im Zürichsee und Baldeggersee, Ståhlberg (1923) solche im Vättersee/Schweden; Antevs (1925) erwähnt aus Canada *Postglazialton*, der dem *Glazialton* folgt und eine Fortsetzung der Jahreszählung erlaubt. Coit (1925) bearbeitet rezente Warwen im Genfer See, Gams (1927 a) in den Lunzer Seen. Kindle (1927) kann die Entstehung von Warwen in Abhängigkeit einer verschiedenen Temperaturschichtung des Wassers nachweisen, Fraser (1929) bringt experimentell Warwenschichtung zustande, Perfiliev (1929) schildert Jahresschichtung im Sacki See/Krim, die unabhängig von einer Vereisung entstanden ist; J. M. Schneider (1930) betont „Differenzen zwischen Eismeerwarwen und Seewarwen"; Nilsson (1931) bearbeitet Warwen im äquatorialen Ostafrika, die auf Grund verschiedener Regenzeiten entstanden sind; Schostakowitsch (1931 b, 289) erwähnt rezente jahresgeschichtete Sedimente; Reissinger (1932) untersucht rezente Warwen mittels Schlammkästen im Starnberger See/Obb.; G. de Geer (1934 a) spricht ausdrücklich von *non-glacigen* Warwen; Korn (1935 und 1938) behandelt fossile Warwen aus dem Thüringer Becken, die von Flüssen geschüttet sind; Gams (1937, 619) bringt eine Zusammenstellung über Auszählungen *interglazialer* Jahresschichten weiterer, hier nicht genannter Autoren; Welten (1944) bearbeitet organogen gebildete Warwensedimente im Berner Oberland; v. Bubnoff (1948, 7) berichtet über Warwen, die im Schwarzen Meer durch Einschwemmung entstanden sind; Sauramo (1958) erkennt im Ostseebereich auf Grund einer verschiedenen Fazies Warwen, die nicht durch Gletscherschlamm gestaltet sein können.

aa) Nachweis der fluviogenen Ablagerung

Der Nachweis, daß eine fluviogene Bildung bei den oberen Rosenheimer Bändertonen vorliegt, kann in mehrfacher Hinsicht erbracht werden:

1. mit Hilfe der Deltaausbildung im südlichsten Teil des einstigen Rosenheimer Sees,

2. durch Vergleich der Bändertonentwicklung bei den einzelnen Profilen,
3. aus dem lithologischen Charakter der Warwentone selbst.

Durch zahlreiche Tiefbohrungen der Innwerk-AG entlang des Innflusses haben wir über die Ablagerungen im einstigen Rosenheimer See wertvolle Hinweise erhalten. So liegen u. a. auch 10 Bohrungen aus dem fjordartig in die Alpen eindringenden südlichsten Teil des Rosenheimer Beckens vor (vgl. dazu Fig. 1 und Taf. 5): 7 Profile aus der Gegend von Oberaudorf, 2 Profile bei Windshausen und 1 Profil nahe Neubeuern.

Keine der Bohrungen erreicht, trotz 45 m Tiefe, den festen Fels, die fjordartige Seeverengung ist stark übertieft. Bei allen Bohrprofilen kommt die strukturelle Art der Ablagerungen gut zum Ausdruck. Wir haben es hier mit einem Flußdelta zu tun, das sich rasch gegen den See vorschob.

So finden wir bei den Bohrungen von Oberaudorf unter gering mächtigen Flußalluvionen Klein-, Mittel- und auch Grobkies, der stark sandig und fest ist. Alle Bohrberichte nennen diese Zusammensetzung und variieren nur nach der einen oder anderen Komponenten. Schlickige Einlagerungen fehlen fast ganz. Nur 3mal bei 7 Bohrungen wurde Seeton von 0,1 bis 0,2 m Stärke angetroffen. 7 km nördlich von Oberaudorf, bei Windshausen, zeigen die Bohrprofile das distale Ende des Flußdeltas. Feinsandlagen wechseln mit stark sandigem Seeschlick. 8 km weiter unterstrom liegt eine Bohrung bei Neubeuern vor. Wir befinden uns hier am Übergang vom alpinen Fjord zum zentralen Stammbecken des Rosenheimer Sees. Seeton ist in der ganzen Tiefe vorhanden, wenn auch noch mehr oder weniger stark mit feinkörnigem Sand vermischt. In den folgenden Bohrungen stromab findet sich im Stammbecken unter den alluvialen Flußkiesen des Inns durchweg gleichartiger schluffiger Seeschlick.

Beim Vergleich all der genannten Bohrungen ergibt sich eindeutig, daß die Zufüllung des alpinen Fjords von Kufstein bis Windshausen nicht durch Eisablagerungen geschah, sondern durch Deltabildung erfolgte. Außerhalb dieses Deltas, besonders im Rosenheimer Zentralbecken, sind die basalen, glazigenen Ablagerungen gar bald von fluviogenem Material überdeckt worden. Die Gletschermilch wird mehr und mehr von Flußtrübe abgelöst.

Einen weiteren Hinweis für die fluviogene Ablagerung im Rosenheimer Stammbecken erhalten wir aus der Bändertonentwicklung bei den untersuchten Tonlagern. Sauramo (1918) hat nämlich bei seinen geochronologischen Studien in Südfinnland diesem Problem der Bändertonentwicklung eine besondere Aufmerksamkeit zugewandt und bestimmte Profiltypen erkannt. In Fig. 4 habe ich versucht, diese Profiltypen schematisch darzustellen.

Sauramo unterscheidet vier Typen der Bändertonentwicklung: 1. Bei Gletscherstillstand sind die Warwen gleichmäßig dick und wirken im ganzen dunkel, da die Winterschicht überwiegt (Fig. 4 a). 2. bei mittlerem, gleichmäßigem Rückzug des Eises werden die Tonbänder nach oben dünner und auch allmählich dunkler, weil die Sommerlagen abnehmen und die Winterschicht dadurch kräftiger wirkt (Fig. 4 b); 3. bei schnellem Rückzug des Eises sind die Warwen im unteren Profilteil dick und werden nach oben rasch dünner. Wegen der mächtigen Sommerablagerungen wirken sie hell (Fig. 4 c); 4. beim Vorstoß des Eises werden die Warwen im oberen Profilteil dicker und heller (Fig. 4 d).

Inwieweit die Erkenntnisse Sauramos allgemein gültig sind, läßt sich mangels vergleichender Untersuchungen nur schwer beurteilen. Nach eigenen Studien in Schweden scheinen sich jedoch die Hinweise Sauramos zu bestätigen, und auch in Oberbayern finde ich gewisse Parallelen. Bei den Glazigenen Bändertonen von Rosenheim läßt sich die Profilentwicklung wegen der gestörten Lagerung meiner Proben nicht eindeutig erkennen,

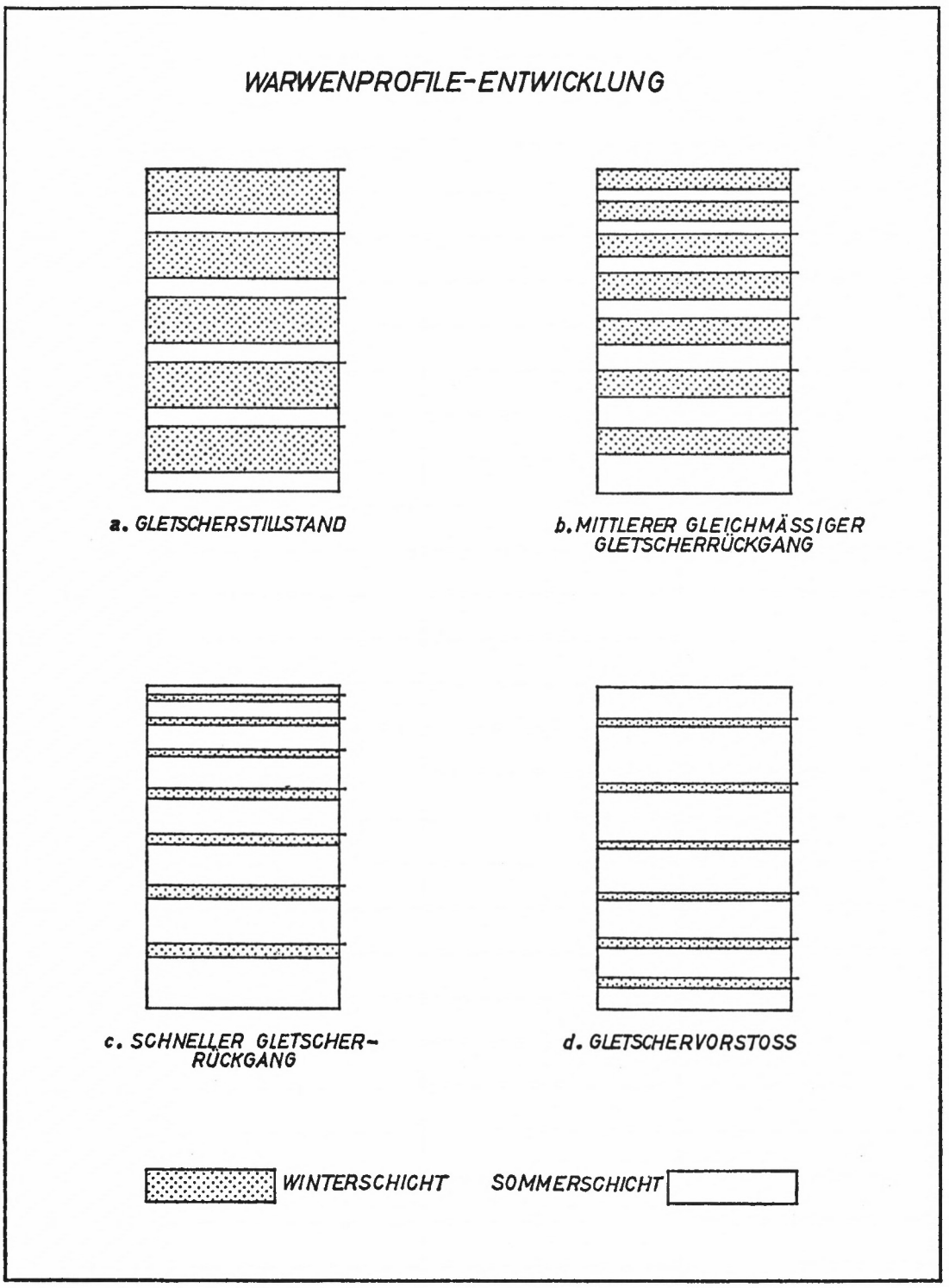

WARWENPROFILE-ENTWICKLUNG
a. GLETSCHERSTILLSTAND
b. MITTLERER GLEICHMÄSSIGER GLETSCHERRÜCKGANG
c. SCHNELLER GLETSCHER-RÜCKGANG
d. GLETSCHERVORSTOSS
WINTERSCHICHT
SOMMERSCHICHT

Fig. 4

die ausgeprägt dünnen Winterlagen weisen jedoch – nach Sauramo – auf einen schnellen Rückzug des Eises hin. Und tatsächlich sprechen auch weitere Argumente für ein starkes Abschmelzen des Inngletschers.

In der Profilentwicklung der Fluviogenen Tone dagegen findet sich keine Beziehung zu den von Sauramo erkannten Typen. Die Mächtigkeitsschwankungen der Fluviogenen Warwen unterliegen anderen Gesetzmäßigkeiten als die der Glazigenen Tone. Das dürfte auch ein gewisser Hinweis dafür sein, daß die Fluviogenen Tone tatsächlich unabhängig vom Eis entstanden sind. (Im Kap. V, E wird auf die Schwankung der Warwenmächtigkeit näher eingegangen.)

Schließlich lassen sich auch aus den Fluviogenen Warwen selbst, aus ihrem lithologischen Charakter, Anhaltspunkte gewinnen, die eine flußgebundene Entstehung bestätigen, wie z. B. die geringen Korngrößenunterschiede zwischen Sommer- und Winterlagen und die Verteilung des Kalkgehalts innerhalb der Warwen. Beides wird nur verständlich bei Sedimentation in einem temperierten See, also ohne direkten Einfluß von Gletschereis.

Überhaupt ist der Vorgang der Sedimentierung im Rosenheimer Becken nur über den jahreszeitlich verschiedenen Zustand eines temperierten Sees zu erklären.

bb) Der Vorgang der Sedimentierung

Die Bildung der Fluviogenen Bändertone ist komplizierter als jene der Glazigenen Tone und sehr komplexer Natur. Limno-allochthone Vorgänge werden von limno-autochthonen ergänzt und stehen in enger Wechselbeziehung miteinander. Im einzelnen müssen wir bei der Sedimentierung Fluviogener Warwen unterscheiden:

1. mechanische Sedimentation,
2. chemische Sedimentation,
3. biogene Sedimentation.

Im folgenden soll versucht werden, die Verschiedenartigkeit des Materialabsatzes besonders in saisonaler Hinsicht darzustellen.

Mechanische Sedimentation

Den Hauptanteil an der mechanischen Sedimentation im Rosenheimer Becken hat die Einschwemmung durch den Innfluß.

Das Material, das in den See gelangt, ist unsortiert. Entsprechend der Sinkgeschwindigkeit fallen die Grobkomponenten des Sediments nacheinander aus. Das kältere Zuflußwasser, das bei dem temperierten See auf Grund der verschiedenen Dichte in die Tiefe taucht und dadurch in der Fließgeschwindigkeit gehemmt wird, bedingt eine weitere Saigerung des Transportmaterials (Götzinger, 1911; Johnston, 1922).

Daher finden sich die grobklastischen Bestandteile als Delta im Bereich der fjordartigen Seeverengung zwischen Kufstein und Windshausen, wie zahlreiche Tiefbohrungen bestätigen.

Seewärts nehmen die Korngrößen schnell ab, und die feinsten Fraktionen liegen in der Weite des Rosenheimer Stammbeckens, so auch bei den untersuchten Tonentnahmestellen In (Stauwehr Rosenheim) und Ha (Ziegeleigrube Hamberger).

Das Rosenheimer Zentralbecken ist vom Einschüttungsort so weit entfernt, daß die Korngrößendifferenzen, selbst zwischen der sommerlichen und winterlichen Sedimentationsphase, sehr gering und die Bändertone typisch distal geprägt sind (vgl. Antevs, 1925; Arrhenius, 1947). Die Korngrößen haben deshalb an der Farbgebung der Rosenheimer Warwen auch fast keinen Anteil.

Nur bei außerordentlichem Hochwasser werden durch die stärkere Transportkraft und die dadurch bedingte größere Reichweite der Flußströmungen auch gröbere Körner weiter ab vom Delta in den See transportiert.

Die Fein- und Feinstsedimente unterliegen anderen Absatzbedingungen als die grobklastischen Materialien. Partikel von 0,03–0,1 mm Durchmesser setzen sich mit einer Geschwindigkeit, die vom spezifischen Gewicht, vom Grad der Rundung und von bestimmten Wasserverhältnissen abhängt (Wells, 1923).

Die Feinstsedimente, einschließlich der in Suspension befindlichen Kalkkarbonate, haben eine äußerst geringe Absatzrate, die durch Ausflockung vergrößert werden kann. Eine solche Ausflockung wird u. a. durch Erhöhung der Partikelzahl pro Volumeneinheit erreicht (Fraser, 1929). Das ist bei jedem Hochwasser der Fall, im besonderen aber, im alpinen Raum, bei der Schneeschmelze im Frühjahr und beim Regenmaximum im Sommer.

Diese beiden Gipfel intensiver Sedimentation äußern sich im distalen Bereich nicht mehr durch Korngrößenunterschiede, wohl aber durch erhöhten Kalkabsatz. Die beiden überragenden $CaCO_3$-Maxima innerhalb der hellen Warwenteile (vgl. Taf. 8) halte ich für korrespondierend zu den zwei saisonal bedingten Hochwassern des bayerischen Alpenvorlandes (vgl. Schumann, 1955). Sie stehen in deutlicher Abhängigkeit zu den Wasserstandsschwankungen des einstigen Rosenheimer Sees und seiner Zuflüsse.

Mit der Verminderung der Materialeinschwemmung während der zweiten Jahreshälfte nimmt auch der $CaCO_3$-Anteil im hellen Sommerband der Warwen ab, bis unmittelbar vor der Winterphase ein Kalkminimum erreicht ist.

Sedimentationsuntersuchungen mittels Senkkästen von Heim (1900) im Vierwaldstätter See, von Götzinger (1912 und 1913/14) in den Lunzer Seen wie von Wasmund (1930) im Züricher See und Bodensee haben den Nachweis erbracht, daß die Hauptsedimentierung terrigenen Materials tatsächlich auch im Frühjahr und im Sommer erfolgt.

Für die kleineren Partikel, unter 0,5 mm Durchmesser, hat dazu die Wassertemperatur einen bedeutenden Einfluß auf die Fallgeschwindigkeit (Fraser, 1929). Mit zunehmender Temperatur verringert sich nämlich die Viskosität. Bei 10° C beträgt sie nur noch 73%, bei 20° C 56% ihres Wertes von 0° C (Wasmund, 1930, 128). Mit steigender Temperatur ist die Fallgeschwindigkeit kleiner Teilchen somit relativ höher als diejenige größerer Partikel. Deshalb ist die Sonderung nach Korngrößen im warmen Wasser auch nicht so sauber wie in kaltem (Fraser, 1929; Brinkmann, 1932).

Fraser (1929) versuchte experimentell eine Warwenschichtung nachzuahmen. Das Ergebnis war, daß bei 0° wirklich diatakte Warwen, bei 20° C aber symmikte Tonlagen entstanden. Diese Erkenntnis Frasers kann sicherlich auch die wesentlich weniger klare Warwenstruktur der Rosenheimer Fluviogenen Tone gegenüber den Glazigenen Warwen Schwedens erklären.

Bei tiefen Seen wird die Sedimentation durch die sommerlichen Temperaturverhältnisse weiter kompliziert. (Das dürfte auch für die meiste Zeit des Rosenheimer Stammbeckens gelten!) Während nämlich einerseits die erhöhte Temperatur eine größere Fallgeschwindigkeit für kleine Partikel bedingt, behindert vor allem die Temperaturschichtung einen Materialabsatz. Die Zeit der Sedimentlieferung ist durchaus nicht immer auch die Zeit der Sedimentation.

Wie Kindle (1927) nachweisen konnte, bleiben feinste Teilchen in der Sprungschicht hängen und fallen erst bei Homothermie des Sees zu Boden. Diese Tatsache ist von Kindle labormäßig erprobt wie auch bei zahlreichen Seen in der Nähe Ottawas beobachtet worden. Ebenso konnte Groschopf am Plöner See (1936, 75) eine deutliche Anreicherung kleinster Bestandteile (Pollen) in der thermischen Sprungschicht feststellen.

Die Wasserschichtung behindert demnach im Sommer den Absatz von sehr feinen Sedimenten bei jenen Seen, die auf Grund ihrer größeren Tiefe keine gleichmäßige Temperatur besitzen, weil nur das Epilimnion vertikale Ausgleichsströmungen gestattet, im Meta- und Hypolimnion aber ein und dasselbe Wasserteilchen über die Sommerstagnation seinen Ort in vertikaler Richtung dauernd beibehält (Minder, 1926).

In der zweiten Jahreshälfte sinkt die Thermokline immer tiefer, bis im Spätherbst schließlich Homothermie und damit Vollzirkulation herrscht, die auch im Winter durch eine nur wenig kräftig ausgeprägte inverse Temperaturschichtung kaum behindert wird.

Jetzt vollzieht sich in Verbindung mit chemischen und biogenen Faktoren der Niederschlag feinster Fraktionen. Nur so ist das überragende $CaCO_3$-Maximum der dunklen Winterlagen bei den Fluviogenen Warwen zu erklären. Die Temperaturschichtung des Sees hat die Sedimentierung von Kalkkarbonaten z. T. bis zum Winter hin verzögert, um dann bei Homothermie einen verstärkten Absatz zu ermöglichen. Dazu bewirkt die winterliche Eisdecke die Ausschaltung vieler dynamischer Faktoren, was den Niederschlag suspendierter Bestandteile wiederum begünstigt (Reissinger, 1930 a, 55).

Der Vorgang der winterlichen Sedimentierung muß während der Zeit des homothermen Zustands spontan einsetzen und genauso plötzlich wieder aufhören. Dann ist die beiderseitig scharfe Begrenzung des dunklen Warwenteiles verständlich.

Von einer besonderen Art temperaturgebundener Kalksedimentierung berichtet Wasmund (1930, 125): „Rein physikalische Kalkfällung kommt im Sommer im Pelagial durch einfache Erwärmung gesättigter oder übersättigter Kalkwässer vor – (die Alpenrandseen sind hierfür geeignet) –, wobei dann die von der Oberfläche absinkenden Kalkkriställchen die darunter liegenden übersättigten Schichten durch Impfung zu entkalken vermögen. Hoher Kalkgehalt der geologischen Umgebung und kein zu hoher Kohlensäuregehalt des über dem Seeboden stehenden Wassers sind Bedingungen für endgültige Sedimentation."

Anscheinend stützt sich Wasmund bei dieser Aussage auf Nipkow (1920, 115), der meint, daß bei Erwärmung der obersten Wasserschichten ein Teil der Kohlensäure aus dem Wasser ausgetrieben und der als Bikarbonat in Lösung gehaltene Kalk als einfaches Karbonat ausgefällt wird.

Die temperierten Seen unterscheiden sich also in der mechanischen Sedimentierung ganz beträchtlich von den Eisseen. Bei den letzteren ist der sedimentäre Niederschlag durch keine Temperaturschichtung beeinflußt und der Warwenaufbau deshalb in erster Linie vom Sedimentanfall abhängig.

Chemische Sedimentation

Die chemische Sedimentation wirkt durch elektrolytische Ausfällung koagulierter Teilchen.

Selbst im Süßwasser spielt die Elektrolyse eine erhebliche Rolle. So besitzen Kalziumlösungen noch in starker Verdünnung eine ausflockende Wirkung (Brinkmann, 1932). Die Höhe des Salzgehaltes beeinflußt die Ausbildung der Bändertone. Nach Experimenten von Fraser (1929) liegt die maximale Salinität für diatakte Warwen bei 1/50, also bei jener von normalem Seewasser. Stark kalkhaltige Tone sind nach Antevs (1925) stets symmikt.

Diese Erkenntnisse über die Ausflockung feinster Partikel gelten auch für die Fluviogenen Tone des Rosenheimer Beckens mit ihrer schlechten Lesbarkeit des Streifenbildes; unter dem Einfluß der Elektrolyse gehen große und kleine Teilchen zusammen nieder und bilden eine unsortierte Masse mit einer mehr oder weniger symmikten Bändertonstruktur (vgl. Sauramo, 1923).

Über die Jahreszeit einer besonders wirksamen elektrolytischen Fällung gehen die Meinungen auseinander; Wasmund (1930) nennt den Sommer, Antevs (1925) den Winter. Ich glaube jedoch, daß die Ursachen der Ausflockung saisonal verschieden sind. Im Sommer wird die Verdunstung eine verstärkte Salinität bedingen und damit die Neigung zu chemischen Niederschlägen erhöhen (Brinkmann, 1932). Gegen den Winter zu können andere Faktoren eine chemische Sedimentation auslösen, so z. B. durch allmähliche Anreicherung verschiedener Karbonate.

Einen interessanten Hinweis für eine winterliche Ausflockung gibt R. Eriksson (nach Fraser, 1929), indem er vermerkt, daß durch Teilauflösung der Siliziumsäure der sauren Gesteine das Wasser mit dem Fortschreiten der Saison schwach sauer wird und dadurch eine Ausfällung kolloidaler Partikel bewirkt.

Es zeigt sich jedenfalls, daß die chemische Sedimentation bei der Ausbildung von Warwen, auch der Fluviogenen Tone von Rosenheim, eine beachtliche Rolle spielt.

Biogene Sedimentation

Die biogene Sedimentation wird auf dreierlei Weise wirksam: einmal durch Ausfällung suspendierter Materialien, dann durch die Bindung und den Absatz der im Wasser gelösten Stoffe und schließlich durch Sedimentierung von organogenen Resten.

Größten Anteil an einer biogenen Sedimentation hat das Phytoplanktonleben. Durch Assimilation der Wasserpflanzen wird die freie Kohlensäure in den obersten Wasserschichten verbraucht und damit der Zerfall von Bikarbonat eingeleitet. Die hierbei freiwerdende Kohlensäure wird wiederum assimiliert, und der Kalk fällt kristallisch aus. Nur ein kleiner Teil dieses Kalkes wird im Meta- oder Hypolimnion wieder aufgelöst (Nipkow, 1920; Minder, 1923 und 1926).

Die biogene Entkalkung spielt in Eisseen nur eine untergeordnete Rolle, denn die Phytoplanktonentwicklung ist von der sommerlichen Wassertemperatur stark abhängig. 16° C des Sommermaximums sind dabei ein wichtiger Wendepunkt. Darüber gibt es eine bessere Entwicklung als darunter (Naumann, 1921/22).

Wie Minder (1923 und 1926) beim Zürichsee nachweisen konnte, existieren zwei Maxima in der Entwicklung der Phytoplanktonvegetation, ein spontan einsetzendes Maximum im Frühjahr und ein zweites im Herbst. Das gilt nicht nur für das Gebiet des Zürichsees, sondern ist nach Minder (1923, 22) typisch für den gesamten alpinen Kalkbereich. Im Winter herrscht ein Plankton-Minimum (Ruttner, 1940, 12).

Die beiden Plankton-Maxima bedingen eine erhöhte Kalkfällung, die mit den von mir nachgewiesenen beiden Gipfeln der sommerlichen $CaCO_3$-Verteilung innerhalb der Warwen wiederum korrespondiert. Die biogene Ausfällung verstärkt damit die schon durch die erhöhte Einschwemmung bedingten $CaCO_3$-Maxima in der sommerlichen Sedimentationsphase der Rosenheimer Warwen.

Sicherlich trägt auch der Absatz von Kalkschalenresten zur warwigen Sedimentbildung bei. Ob resistente Schalen von Organismen in den Rosenheimer Bändertonen zu erkennen sind, wurde von mir nicht näher untersucht. Es ist aber vielleicht denkbar, daß die mehrfach erwähnten einzelnen oder auch in Schichtlage befindlichen groben Körner unmittelbar unterhalb der dunklen Winterschicht bei den Rosenheimer Fluviogenen Warwen diagenetisch minerogenisierte Reste solcher Kalkschalen sind.

Über die Tätigkeit kalkabscheidender Bakterien gehen die Meinungen auseinander. Molisch (1925), Archangelski (1927), Nadson (1928), Naumann (1930) und Wolanski (1933) vermuten oder bezeugen eine solche Tätigkeit. Wasmund (1930, 113) dagegen hält eine Kalzitfällung durch Bakterien im Süßwasser für nicht bewiesen.

Mit der biogenen Sedimentation hängt die verschiedene Farbgebung der Sommerschichten und Winterlagen eines jeden Warws aufs engste zusammen. Im Sommer sind wegen der großen Einschwemmung von minerogenen Bestandteilen die Ablagerungen hell, der Prozentanteil an organischen Stoffen ist gering. Darüber hinaus wird bei den Fluviogenen Warwen ein Teil der organischen Stoffe im Bereich des Epilimnions auf Grund der höheren Temperatur und der starken Winddurchmischung und des damit verbundenen reichen Sauerstoffes rasch oxydiert (Kindle, 1927).

Die intensive Oxydation mag auch ein Grund dafür sein, daß die dunklen Winterlagen der Fluviogenen Warwen auffallend dünn sind gegenüber den Glazigenen Tonen. Anscheinend wird nur sehr wenig organisches Material aus der Sommerzeit im Winter abgelagert.

Bei der Wintersedimentation ist der Prozentanteil der organischen Stoffe größer als im Sommer, weil mineralische Einschwemmung und Oxydation nur gering sind. Auch ist halb zersetztes Phytoplankton, nach Korn (1938), in den Winterablagerungen vorhanden. Die winterlichen Lagen der Warwen erscheinen deshalb dunkel.

Der im Sediment enthaltene Kalk hat keinen Einfluß auf die Färbung der Schichten.

cc) Nachweis einer jahresmäßigen Sedimentation

Aus dem lithologischen Charakter und aus der Art der Entstehung der Fluviogenen Warwen ergeben sich eindeutige Hinweise für eine jahresmäßige Sedimentation.

Die Fluviogenen Bändertone von Rosenheim haben einen gleichartigen und miteinander korrespondierenden Rhythmus in Stratigraphie, Farbgebung und Verteilung des Kalkgehaltes. Die Zeiteinheit für die periodische Repetition kann nur das Jahr sein, denn nur die Jahreszeiten bringen einen für die Sedimentation bedeutsamen Rhythmus im hydrographischen Aufbau und in der vegetativen Beschickung des Süßwassers hervor (Wasmund, 1930).

Der Tag als Zeiteinheit für eine warwige Sedimentation scheidet bei den untersuchten Bändertonen völlig aus. Eine Unterbrechung der Sedimentation während der Nächte und damit tagesmäßiger Absatz ist bei temperierten Seen von großer Tiefe – wie beim einstigen Rosenheimer See – unmöglich. Eine tägliche Variation von Nachschub genügt nur dann für eine warwenmäßige Sedimentation, wenn das Wasser seicht ist und die Materialien grob sind, so daß sie sich rasch absetzen (Sayles, 1924). Tageswarwen deuten immer auf eine schnelle Sedimentation hin.

Die Verteilung des $CaCO_3$-Gehaltes innerhalb der Warwen bestätigt wohl am eindringlichsten die zeitliche Einheit des Jahres, nicht nur durch die gleichartige Repetition, sondern auch durch den indirekten Hinweis auf die den Jahreszeiten entsprechenden biologischen Varianten, besonders des Phytoplanktons (Lundquist, 1927).

C. DIE FLUVIOGENEN DECKTONE

Die obersten, d. h. in Nähe des einstigen Wasserspiegels liegenden Tone des Rosenheimer Beckens haben sowohl im feuchten wie auch im trockenen Zustand keine warwige Struktur, wie bei den Tonlagern Ha (Ziegeleigrube Hamberger), Ko (Tonwerk Kolbermoor) und Ti (Ziegeleigrube Tiefenthaler) zu erkennen ist. Wohl erscheinen sie auf Grund von Farb-

unterschieden z. T. gebändert, es fehlt ihnen aber die typisch warwige Repetition. Stellenweise sind die Tone regelrecht homogen.

Nach der Entstehung bezeichne ich diese Ablagerungen als *Fluviogene Decktone*. Der Fluß ist wiederum Mittler für das Sedimentmaterial, die Tone sind aber *nicht-warwig* und stellen eine hutartige Überdeckung bei den Ablagerungen im Rosenheimer Becken dar. Die Bildung dieser Decktone erfolgte in einem temperierten und seichten Gewässer.

Wegen der geringen Tiefe wird der See im Sommer stark erwärmt. Die Viskosität des Wassers nimmt – wie schon erwähnt – mit steigender Temperatur ab und beträgt bei 20° C nur noch etwa die Hälfte jener von 0° C (Wasmund, 1930). Eine raschere Sedimentation ist im Gefolge. Mit erhöhter Temperatur wird aber auch eine Differenzierung nach Korngrößen bei der Sedimentation stark behindert, weil die Fallgeschwindigkeit kleiner Teilchen relativ höher ist als die größerer Partikel (Fraser, 1929).

Ein flaches Gewässer erfährt außerdem eine starke Durchmischung der Wasserschichten durch Wind und Fließströmungen. Dadurch werden die abgesetzten Teilchen umgelagert, so daß jede saisonale Stratifikation verschwindet. Im Tonlager Ti (Ziegeleigrube Tiefenthaler) fand ich in etwa 6 m unter Tonoberfläche Kreuzschichtung, was auf eine tiefe Wirksamkeit der Strömungen hinweist.

Der Nährstoffreichtum flacher Gewässer erlaubt eine lebhafte Bodenfauna, die auch eine Repetitionsschichtung verhindern oder zerstören kann. Daß die organischen Substanzen in solch einem See chemisch besonders intensiv aufbereitet werden, ist anzunehmen. Die mehr ins Bräunliche und Rötliche schlagenden Farben der Decktone deuten jedenfalls auf verstärkte Oxydation hin. Vielleicht fehlt deshalb die organogene dunkle Winterschicht.

Die Erscheinungen der nicht-warwigen Struktur der obersten Seeablagerungen wird von zahlreichen Autoren bestätigt. Sie gilt nicht nur für fluviogene, sondern auch für glazigene Bändertone (Beschoren, 1935), wenn auch mit anderer Begründung. So betont Hausen schon 1913 bei seinen Studien in den russischen Ostseeländern, daß „Bänderton für seine Sedimentation tiefes Wasser fordert". Schmidle (1914) und Hummel (1923) erwähnen fehlende Jahresschichten in den obersten Ablagerungen in der Bodenseegegend. Lenz (1921) vermißt eine saisonale Schichtung in den holsteinischen Seen, Reissinger (1930 a) beim Niedersonthofener See im Allgäu.

Wo nun die Mindesttiefe eines Sees für die Ausbildung warwiger Strukturen liegt, dürfte örtlich verschieden sein. Im Tonlager Ti (Ziegeleigrube Tiefenthaler) war bei einem Aufschluß von 7 m unter Tonoberfläche eine warwige Struktur selbst nach Präparation nicht zu erkennen.

Wenn wir nach Troll (1924/25) den höchsten Wasserspiegel des Rosenheimer Sees mit 478 m N.N. annehmen, so liegt die untere Mindestgrenze der Decktone in der Ziegeleigrube Ti bei 455 m N.N., d. h. bei 23 m Seetiefe.

In der benachbarten Ziegeleigrube Ha (Hamberger) fand ich bei 456 m N.N., d. h. bei 22 m Seetiefe, warwige Bändertone. Es scheint aber, als ob auch hier die warwige Struktur bei etwa 457 m N.N., oder 21 m Seetiefe, ausbleibt, wie eine Probenentnahme zeigte. Allerdings war die Lagerung der Tone zum Zeitpunkt meines Besuches durch Hangrutschungen teilweise gestört. Auch in der Ziegeleigrube Ko (Tonwerk Kolbermoor) war bis zur Grubensohle bei 458 m N.N. (= 20 m Seetiefe) eine typisch warwige Ausbildung der Bändertone nicht zu erkennen.

Die Mindesttiefe für die Ausbildung warwiger Strukturen liegt demnach im Rosenheimer Zentralbecken bei etwa 22 m, die Gesamtmächtigkeit der Decktone bei ca. 15 m.

Beschoren (1935) gibt für die Bildung warwiger Eisseetone in Norddeutschland eine Mindesttiefte von 7 m an. Ramsay (1928) meint nach Untersuchungen in Südkarelien, daß die Bändertone mi-

warwiger Struktur im allgemeinen nicht höher als 15–20 m unter dem einstigen Wasserspiegel auf treten, da erst hier die nötige Ruhe für eine gleichartige Sedimentierung vorhanden sei. Sauramo (1928, 34) spricht von 18–25 m als der zur Bildung von Bänderton erforderlichen Mindesttiefe, Bettenstaedt (1934, 289) von 5–6 m bei den mitteldeutschen Tonlagern.

Ob sich bei den Fluviogenen Decktonen des Rosenheimer Beckens ein jahresmäßiger Rhythmus der Sedimentierung trotz fehlender Strukturen irgendwie erfassen läßt, bedarf weiterer Untersuchungen. Es wäre denkbar, daß Analysen auf den Karbonatgehalt oder vielleicht auch die Pollenverteilung in den Ablagerungen eine saisonbedingte Sedimentation erkennen ließen. Vorerst ist eine unmittelbare geochronologische Auswertung nicht möglich.

Eine eingehende Untersuchung der Fluviogenen Decktone ist bestimmt lohnenswert. So habe ich u. a. in der Grube Hamberger an der Untergrenze der Decktone, bei etwa 457 m N.N., eine ca. 1 cm mächtige tiefbraune, tonige Schicht in homogener Umgebung gefunden, die in der ganzen strukturellen Art recht sonderbar ist und einer speziellen Deutung bedarf.

D. DISKUSSION ANDERER ANSCHAUUNGEN ÜBER DIE ENTSTEHUNG DER ROSENHEIMER TONE

Über die Zuschüttung des Rosenheimer Beckens existieren bereits mehrere Untersuchungen. Da meine Studien aber neue Gesichtspunkte erbracht haben, ist es notwendig, die bisherigen Ergebnisse zu diskutieren. Dabei sollen nur jene Autoren berücksichtigt werden, die wirklich eigenständige Ansichten vertreten. Somit sind zu nennen Troll, Firbas, Penck und Ebers.

Am eingehendsten hat sich Troll mit dem Rosenheimer Gebiet im Rahmen der Monographie des Inn-Chiemsee-Gletschers befaßt. Seine Untersuchungsergebnisse über die Auflandung des Rosenheimer Sees sind niedergelegt bei Gams und Nordhagen (1923, 75–82), in den Publikationen über das Inn-Chiemsee-Vorland (Troll, 1924) und den Inn-Chiemsee-Gletscher (Troll, 1924/25) wie auch in einem an Bertsch (K. Bertsch, 1931, 113) gerichteten Brief.

Troll meint nach diesen Ausführungen, daß die Ablagerungen im Rosenheimer Becken in einem Eissee ausschließlich von kalbenden Gletschern erfolgten.

Troll (1923 bei Gams und Nordhagen, S. 79, und Troll 1924/25, S. 95): „Die . . . Seetone sind frei von organischen Resten . . . Sie stellen Gletschertrübe dar, feinstes Auswaschungsmaterial der Grundmoräne, das vom kalbenden Gletscher durch das ganze Seebecken ausgebreitet wurde und in feinsten Tonen zum Absatz kam. Das etwas gröbere Material wurde früher abgesetzt . . ." Weiter heißt es bei Troll (1924/25, 97): „. . . denn man hat sich vor Augen zu halten, daß im Rosenheimer See die Auffüllung vom kalbenden Gletscher allein bewerkstelligt wurde und daß später die Flüsse nur erodierend wirkten."

Troll (1924, 21): „Es sind die Absätze eines gewaltigen Eissees . . ." (die Tone des Rosenheimer Beckens).

Troll in einem Brief an K. Bertsch (Bertsch 1931, 113): „. . . anderesteils konnte ich aber . . . den Nachweis erbringen, daß die Füllung mit Ton erfolgt war, bevor die Gletscherzunge den See verlassen hatte . . . Tatsächlich stellt die ganze Seetonfüllung Gletschertrübe dar . . ."

Troll gründet seine These der rein glazigenen Auflandung des Rosenheimer Sees auf einige Findlinge in der Nähe von Ziegelberg (SE Rosenheim) SE der Ziegelei Hamburger (vgl. Fig. 2).

Troll (bei Gams und Nordhagen, 1923, 79, und Troll 1924/25, 95): „Bis auf 8–10 m war zuletzt der See ausgefüllt, und dies genügte noch, um grobe Findlingsblöcke auf Eisschollen durch den See zu driften. Denn nicht anders können die mächtigen zentralalpinen Blöcke erklärt werden, die bei Ziegelberg fein gewaschen und allseits von feinstem Ton umgeben in den obersten Lagen der Seetone beim Abbau zutage gefördert wurden (der größte mit etwa 25 cbm)."

Firbas widerspricht Troll und kann überzeugende Gründe darlegen, daß die Findlinge keineswegs der jüngsten See-Epoche entstammen, sondern zu den ersten und ältesten Ablagerungen im Rosenheimer Zentralbecken gehören.

Firbas (1935, 16): „Die betreffenden Blöcke befinden sich in einer vor etwa 30 Jahren aufgelassenen Tongrube, der größte (von etwa 20–25 m³) ragt ungefähr 2,5 m aus dem Untergrund heraus. Ursprünglich war er fast ganz vom Ton bedeckt und wurde erst freigelegt, als die die Grube erfüllenden Tonschichten von etwa 2–2½ m Mächtigkeit abgetragen wurden. Bei einer Grabung etwa 8 m nordwestlich von dem Block konnte ich unter 15 cm jüngerem Schutt 10 cm steinfreien Ton, dann aber steinreiche, tonige Grundmoräne von ähnlichem Aussehen wie in den nächsten Aufschlüssen feststellen. Die Blöcke stecken also mit ihren unteren Enden nicht im Ton, sondern in der Grundmoräne."

Auch heute noch kann man den größten der erwähnten Findlinge (in Fig. 2 eingetragen) in seiner Umgebung studieren. Er ist tatsächlich, wie Firbas meint, mit seinem unteren Ende in die Grundmoräne eingebettet, die hier am einstigen Seeufer hoch aufragt. Als Untergrund finden sich in der Umgebung nirgends feinkörnige Tone, sondern nur steindurchsetzte Ablagerungen, wie ich mich selbst überzeugen konnte und wie mir der Besitzer der Ziegeleigrube, Herr Hamberger, freundlicherweise auch bestätigte.

Bei meinen Studien habe ich dem Problem der Findlinge besondere Aufmerksamkeit zugewandt. Doch in den Ziegeleigruben des Rosenheimer Zentralbeckens wie auch beim Bau der Staustufe Rosenheim habe ich keinen einzigen erratischen Block im Bereich der feinen Tonsedimente entdeckt. Diese Leere bestätigen auch die zahlreichen Tiefbohrungen der Innwerk-A.G. entlang des Innflusses von Oberaudorf bis Feldkirchen (vgl. Taf. 5 und Fig. 1). Bei 103 niedergebrachten Bohrungen sind 20 Findlinge einzeln erwähnt und eingemessen, und 15mal werden „mehrere Findlinge" (ohne genaue Stückzahl) genannt. Die Größe dieser Blöcke liegt bei 0,1 bis 0,2 m Durchmesser. Aber alle diese 50 Findlinge liegen innerhalb der alluvialen Innschotter, nicht ein einziger im Bereich der feinkörnigen Sedimente.

Somit kann ich meine These über die Bildung der Fluviogenen Warwentone im Rosenheimer Becken mit Hilfe der Erratica geradezu bekräftigen. Die einstige Meinung Trolls über die Zuschüttung des Rosenheimer Beckens ist nicht zu halten.

Neben Troll hat sich auch A. Penck mit dem Rosenheimer See befaßt. Penck kommt zu dem Ergebnis, daß der Rosenheimer See den Gletscherrückzug längere Zeit überdauert habe.

Penck 1925 (363): „. . . . und wenn wir auch dessen (Rosenheimer See) Rauminhalt nicht kennen, so ist doch klar, daß er den Gletscherrückzug längere Zeit überdauert hat."

Meine Untersuchungen bestätigen die Ansichten von Penck.[1]

Schließlich gibt E. Ebers (1932, 77) einige Hinweise auf die Entstehung der Rosenheimer Tone. Ebers glaubt die Sedimente wie Troll durch den unmittelbaren Einfluß des abschmelzenden Eises entstanden und stützt sich dabei auf Untersuchungen in der Tongrube von Kolbermoor.

[1] Wagner (1940, 117/18) interpretiert die Ausführungen Pencks über den Rosenheimer See nicht richtig, wenn er von Gerölleinlagerungen und Schottern spricht, die den See mit 130 m Mächtigkeit angeblich füllten.

Ebers (1932, 77): „Die Tone (von Kolbermoor) gelten als fossilleer, und nur dann und wann findet sich in ihnen ein gekritzter erratischer Block, der allerdings oft erhebliche Dimensionen besitzen kann. Solches, aus der Grundmoräne stammende Material verdankt seine Anwesenheit Eisbergen, welche es auf den ehemaligen Eisrandsee hinausdrifteten."

Bedauerlicherweise werden keine Einzelheiten mitgeteilt. Mitten im Zentralbecken können nach meinen Erfahrungen keine größeren Findlinge zwischen den feinen Bändertonen erscheinen. Die Direktion des Tonwerks Kolbermoor konnte auf meine Anfrage hin die Ansicht von Ebers auch nicht bestätigen. Niemals sind größere Blöcke gefunden worden. Ebensowenig sind in den Ziegeleigruben Hamberger und Tiefenthaler jemals Erratica festgestellt worden.

Die Interpretation E. Ebers' für eisentstandene Tone scheint auf einem Irrtum zu beruhen.

E. ÜBERGEORDNETE KLIMARHYTHMEN

Wir wissen, daß verschiedene Naturerscheinungen den astronomischen Perioden folgen Auch bei den Warwensedimenten sind übergeordnete Klimarhythmen erkannt worden Zahlreiche Autoren berichten von periodischen Schwankungen wechselnder Sedimentation

Köppen (1928 a) bemerkt Perioden in Warwen Nordamerikas von 2, 3, 4, 5, 6, 7 und 8 Jahren, wobei jene von 2, 3, 4 und 5 Jahren besonders häufig auftreten. Brocks (1928) beschreibt eine 51jährige Periode. Antevs (1929 b) glaubt neben mehrhundertjährigen Schwankungen auch 55- bis 70jährige Perioden gefunden zu haben und bringt sie in Beziehung zum Zyklus Brückners. Perfiliev (1929) hat bei den Ablagerungen des Onega-Sees und des Sacki Sees/Krim u. a. 11jährige Schwankungszeiträume festgestellt, Schostakowitsch (1931 a, 1931 b und 1936) Perioden von 2,65, 2,80, 2,83, 5,70, 5,81, 5,85, 10,38, 10,67 und 11,03 Jahren. Schostakowitsch meint (1931 a, 310), daß damit die Mächtigkeiten der jährlichen Seeablagerungen denselben periodischen Schwankungen unterliegen, die er früher schon für klimatische und andere geophysikalische sowie biologische Naturerscheinungen gefunden habe. Caldenius (1932) erkennt in Warwentonen Patagoniens eine 10,4- und eine 51jährige Periode. Abbot (1933 und 1934) erwähnt Klimaperioden bei amerikanischen Bändertonen, Różycki (1934) 35- bis 47jährige Schwankungen aus dem Warschauer Gebiet. Korn (1935 und 1938) studiert Klimaperioden bei älteren Sedimenten und führt auch weitere Literatur an (1938, 123 f.), wo in verschiedenen geologischen Formationen Schwankungen entsprechend dem 11jährigen Zyklus gefunden worden sind. Schließlich hat Vierke (1937, 31) 2- bis 3jährige, 5- bis 6jährige und 11jährige Klimaperioden aus den ostpommerschen Bändertonen herausgelesen.

Bei den meisten Autoren wird jedoch kaum ein Hinweis gegeben oder gar ein Beweis geführt, wie die Verfasser zur Annahme solcher Klimaperioden gelangen. Als Fernerstehender hat man somit nicht die Möglichkeit einer Kontrolle oder Kritik. Nach den publizierten Warwendiagrammen scheinen die genannten Perioden durchaus nicht immer objektiv und zwingend. Brooks (1928) dagegen äußert sich eingehend über die Methode seiner Untersuchungen. Brooks nimmt, da die Warwen bei glazigener Bildung nach oben zu dünner werden und deshalb einen unmittelbaren Vergleich der Dicken ausschließen, die Differenzen in der Mächtigkeit von einem Jahr zum nächsten. Dadurch wird die absolute Schichtdicke eliminiert. Derart kommt B. zu dem Ergebnis, daß wirkliche Klimaschwankungen mit den bekannten astronomischen Perioden in den Bändertonen tatsächlich nicht vorhanden sind, besonders fehle die 11jährige Periode. Folglich, so schließt Brooks, seien die Warwen nicht ausschließlich solar bedingt, sondern auch von vielen terrigenen Einflüssen abhängig.

Um zu prüfen, ob irgendwelche Schwankungen oder gar gleichsinnige Änderungen in den Warwendicken des Rosenheimer Beckens vorhanden sind, wurden von mir entsprechende Untersuchungen angestellt. Bewußt habe ich dabei auf arithmetische Mittelbildung verzichtet, weil dann einzelne Makrowarwen die benachbarten Tonbänder zu stark überlagern. Mit Hilfe einer Häufigkeitsverteilung bestimmter Warwenmächtigkeiten glaube ich das Problem besser erfassen zu können (vgl. dazu Tab. 5 und Taf. 9).

Bei meinen Untersuchungen teile ich die Warwen von jeweils 30 Jahren nach Mächtigkeitsgruppen von 1–4, 5–8, 9–16, 17–32 und 33–64 mm auf. Dann wird sich zeigen, ob in der einen oder anderen Zeit mehr die dicken oder dünnen Warwen vorherrschen. Das Zeitintervall für eine Häufigkeitsverteilung darf nicht zu klein sein, wenn sich eine Scharung bestimmter Gruppen ergeben soll. 30 Jahre habe ich nach der Empfehlung der internationalen Klimakommission bei der Aufstellung neuer Klimatographien gewählt (A. Wagner 1940, 4). Meine Untersuchungsreihen werden aber nicht mit 30jährigen Abschnitten aneinandergereiht, sondern jeweils mit 10 Jahren überlappt. Dadurch reduziere ich die Zeitintervalle der Häufigkeitsverteilung bis auf 10 Jahre und löse mich von einer etwa vorhandenen 30jährigen Klimaperiode.

Bei den oben erwähnten Mächtigkeitsgruppen von 1–4, 5–8 mm usw. versuchte ich, die Subjektivität einzuschränken, wenn es schon nicht möglich ist, sie auszuschalten. Nach Vorstellungen über die Wasserstandsschwankungen der Flüsse, wo sich viele Vorgänge nicht linear, sondern mit Potenzen verändern, habe ich für die Mächtigkeitsgruppen die Gleichung $y = 2^x$ zugrunde gelegt. Mit Rücksicht auf die Meßgenauigkeit bei geringen Warwendicken wurden die beiden kleinsten Gruppen von 1–2 und 3–4 mm zusammengefaßt.

Taf. 9 zeigt, daß auch die Rosenheimer Tone bestimmten Mächtigkeitsschwankungen unterliegen. Beim Abschnitt K finden wir in der ältesten Zeit über 100 Jahre stärkere Warwen, dann 150 Jahre lang eine große Häufung dünner Tonbänder und im folgenden wieder Zunahme der mächtigeren Warwen. Beim Abschnitt L haben wir über 60 Jahre sehr dünne Warwen, davor und danach sind die Jahresablagerungen erheblich stärker. Auch beim Abschnitt R sieht man die Schwankungen der Warwenmächtigkeiten. Nach 100 Jahren wiederholt sich hier die große Häufung dünner Warwen.

Sicherlich finden sich in den Schwankungen der Warwenmächtigkeiten Anhaltspunkte für Veränderungen des Wasserstandes der Seen und Flüsse und somit des Klimas. Welche Klimaelemente allerdings in den Perioden stecken, ist noch ungewiß und örtlich auch sehr verschieden. Besonders bei den glazigenen Warwen ist der Vorgang der Dickenschwankungen u. U. nicht unmittelbar Zeugnis für Klimaänderungen, da die Sedimentierung auch von der Eismächtigkeit des sich zurückziehenden Gletschers beeinflußt wird (Sauramo, 1918 und 1938, Troll 1925 a). Gewiß können uns die Warwen bei weiteren Studien neben der Vegetationsentwicklung viele Hinweise für das spätwürmzeitliche Klima geben.

Eine besondere Nutzanwendung der warwologischen Klimaperioden wird vielleicht bei der geochronologischen Parallelisierung der eigenständigen Gletscherbecken des Alpenvorlandes möglich, indem gleichsinnige Klimaschwankungen auch auf eine gleichartige Sedimentation hinweisen und dadurch die diagrammatische Warwenkonnektion erleichtern.

ZUSAMMENFASSUNG ZU KAP. V

Nach der gesteinskundlichen Beschaffenheit wie auch nach der Entstehung lassen sich im Rosenheimer Becken drei Arten von Bändertonen unterscheiden.

An der Basis, unmittelbar über der Grundmoräne, liegen warwige Staubeckentone von geringer Mächtigkeit, die als Ergebnis der Eisschmelze in einem Eissee entstanden sind. Sie werden von mir *Glazigene Warwentone* genannt. In der Struktur wie auch in der $CaCO_3$-Verteilung gleichen sie den schwedischen Bändertonen. Sie sind von bläulicher Farbe.

Über den Glazigenen Tonen liegen warwige Bändertone, die in einem temperierten See abgelagert worden sind. Da die Materialzuführung hier mittels der Flüsse geschah, werden diese Tone von mir als *Fluviogene Warwentone* bezeichnet. Sie haben den größten Anteil an der Zufüllung des einstigen Sees von Rosenheim. Die Struktur und die $CaCO_3$-Verteilung dieser Tone zeigen wesentliche Unterschiede zu den glazigenen Sedimenten. Die Färbung der Tone ist vorwiegend grau.

Ganz oben, in Nähe des einstigen Wasserspiegels, liegen mit einigen Metern Mächtigkeit nicht-warwige flußentstandene Bändertone, von mir *Fluviogene Decktone* genannt. Die Farbgebung schwankt zwischen grau, bräunlich und vereinzelt auch rötlich.

Die Entstehung der Glazigenen wie auch der Fluviogenen Warwen als saisonale Bildungen konnte, vorwiegend mit Hilfe der $CaCO_3$-Verteilung, nachgewiesen werden.

Bei den warwigen Sedimenten gibt es eine Zonierung untergeordneter Schichten. Diese Feinschichten sind an keinen zeitlichen Zyklus gebunden und mit den sog. Tageswaren nicht identisch.

Untersuchungen auf Pollen bei den untersten Tonen verliefen negativ.

Die Anschauungen anderer Autoren über die Entstehung der Rosenheimer Tone werden ausführlich diskutiert.

Schließlich wurden die Warwensedimente von Rosenheim auch auf übergeordnete Klimarhythmen untersucht. Es zeigt sich, daß die Sedimentation im Laufe von Jahrzehnten variiert, was als Hinweis auf Klimaschwankungen gedeutet wird.

VI. DATIERUNG DER TONE IM ROSENHEIMER BECKEN

Eine Altersbestimmung von sedimentären Schichten ist auf dreierlei Art möglich: relativ, stratigraphisch-absolut und historisch-absolut.

Bei einer relativen Datierung geschieht die Altersangabe nur nach der Zeitenfolge, nach dem, was älter und was jünger ist. Bei einer absoluten Datierung ist auch das Zeitmaß bekannt.

Im Rahmen der Warwengeochronologie läßt sich das Alter eines Schichtpaketes bestimmen und auch in Jahren angeben. Eine solche Datierung ist absolut. Wenn jedoch die Altersbeziehung zur historischen Zeitzählung fehlt, bezeichne ich die Datierung als *stratigraphisch-absolut*, dort, wo auch ein Anschluß zur historischen Zeit hergestellt werden kann, spreche ich von einer *historisch-absoluten* Datierung.

A. ABSOLUTE DATIERUNG

In den meisten Ländern ist es bisher nicht gelungen, datierte Warwentone an die historische Zeit anzuschließen. Die stratigraphisch-absolute Zeitzählung steht hier im Vordergrund.

a) Stratigraphisch-absolute Datierung

Die stratigraphisch-absolute Datierung ist in Schweden entwickelt worden.

aa) Methodologisches

Durch Auszählen der Warwen in einem Bändertonprofil kann das Alter eines Sedimentpaketes genau bestimmt werden. Da es aber kaum möglich ist, an einer einzigen Stelle die Gesamtheit der Warwen eines Sedimentationsbeckens zu finden, müssen mehrere Aufschlüsse durch Parallelisierung ihrer Ablagerungen verknüpft, *konnektiert* werden.

Erst dann können die Warwen eines ganzen Seebeckens fortlaufend geochronologisch ausgezählt und datiert werden. In Bayern kommt der Konnektion eine besondere Bedeutung zu, da auf Grund der schlechten Lesbarkeit der Bändertone Profilstücke von nur jeweils 50 cm in einem Entnahmekasten zur Verfügung stehen.

Die Verknüpfung von Profilteilen geschieht in der Geologie üblicherweise auf stratigraphischem Wege. Bestimmte Horizonte werden dabei durch ihre typische Farbe, Plastizität, Kornschichtung, Kornbeschaffenheit usw. in anderen Profilen als gleichartig und gleichaltrig erkannt.

Für die Konnektion weit entfernter Profile versagt die stratigraphische Methode bei feinkörnigen Bändertonen (wie bei den Fluviogenen Warwen von Rosenheim), da die Sedimentschichten zuwenig differenziert sind. Außerdem ist es immer schwierig, sich typische Eigenheiten in Übersicht zu merken und dann in anderen Profilen wieder zu erkennen.

Hier setzt die von G. de Geer entwickelte diagrammatische Methode ein. Sie ist ein wesentlicher Meilenstein bei der geochronologischen Datierung; ja, man kann sagen, erst mit Hilfe dieser Methode ist es möglich geworden, eine Warwengeochronologie in Schweden zu errichten.

Der Grundgedanke der diagrammatischen Methode ist folgender: Obwohl die Mächtigkeiten der Tonbänder von Jahr zu Jahr verschieden sind und besonders bei glazigenen Ablagerungen mit der zunehmenden Entfernung vom Eisrand nach oben immer dünner werden, ist die Tendenz der Mächtigkeitsschwankungen benachbarter Warwen gleichartig. Die relative Dicke der einzelnen Tonbänder bleibt zu ihrer Nachbarschaft in jedem Profil konstant.

Aus dieser Erkenntnis hat de Geer auf der Grundlage der absoluten Warwenmächtigkeiten ein Diagramm der Mächtigkeitsschwankungen, oder – wie wir auch sagen können – der relativen Mächtigkeiten entwickelt. Gross (1963) bezeichnet eine solche graphische Darstellung als Warwogramm.

Aus Fig. 5 ist zu ersehen, wie das Warwogramm von de Geer entwickelt wurde. Die Zeit wird auf der Ordinate gleichabständig aufgetragen, die Mächtigkeit des entsprechenden Warws auf der Abszisse. Durch Verbindung der Abszissenendpunkte ergibt sich dann ein sägezähneartiges Diagramm.

Bei der diagrammatischen Konnektion werden die Warwogramme schließlich so lange gegeneinander verschoben, bis sie sich mit dem überlappenden Teil im Zackenverlauf decken (vgl. Fig. 5 e). Dann ist die Gleichaltrigkeit dieser Ablagerungen gewährleistet.

Ursprünglich wurden die Diagramme in der Vertikalen dargestellt, heutzutage fast nur noch in der Horizontalen. Lange senkrechte Graphiken sind schwer zu übersehen und auch für das Buchwesen unpraktisch. So wurden die Diagramme um 90° gedreht, wie in Fig. 5 f angedeutet. Die ursprüngliche Ordinate dient jetzt als Basis, und die Zackenlinie verläuft nicht mehr aufwärts, sondern von rechts nach links. Damit liegen die ältesten Ablagerungen im Diagramm rechts und die jüngsten links. Bei de Geer und den meisten europäischen Autoren ist diese Darstellung üblich geworden, so daß Hansen (1940) mit Recht von einer „europäischen Methode der Diagrammdarstellung" sprechen kann. In Nordamerika dagegen sind die Diagramme auf Anregung von Antevs (1925 und 1944) von links nach rechtsgerichtet. Das entspricht viel besser unseren sonst üblichen Darstellungen über den Zeitenablauf. In jedem Kalender ist in unserem Kulturkreis das Jüngste rechts.

Bedauerlicherweise existieren somit geochronologische Diagrammdarstellungen mit entgegengesetzter Zeitzählung. Am Aussagewert der Warwogramme ändert das zwar nichts, aber die Darstellungen müssen für eine diagrammatische Konnektion gegebenenfalls umgezeichnet werden.

Ich schließe mich der Meinung Antevs' an. Es gibt übrigens auch schon in Europa vereinzelte Warwogramme, die von links nach rechts zählen, so von Beschoren (1935) und von Różycki (1934). Für die Zukunft wäre es wünschenswert, wenn auch die Nordländer die „amerikanische Diagrammdarstellung" verwenden wollten.

Bei der diagrammatischen Konnektion gilt nach de Geer (nach Beschoren, 1934) eine Parallelisierung dann als gelungen, wenn mindestens 10 aufeinanderfolgende Warwen gleichsinnige Mächtigkeitsschwankungen erkennen lassen. Antevs (1925) schlägt vor, mindestens 20 Warwen in Deckung zu bringen. v. Klebelsberg (1948, 318) wiederum meint, daß die Konnektion dann als gesichert gelte, wenn mindestens 10 einander folgende „Ausschläge" der Kurve gleichgerichtet seien.

Eine Entscheidung darüber, wieviel Warwen eine gleiche Tendenz der Mächtigkeitsschwankungen haben müssen, ist nicht für alle Sedimentationsgebiete gleichermaßen zu

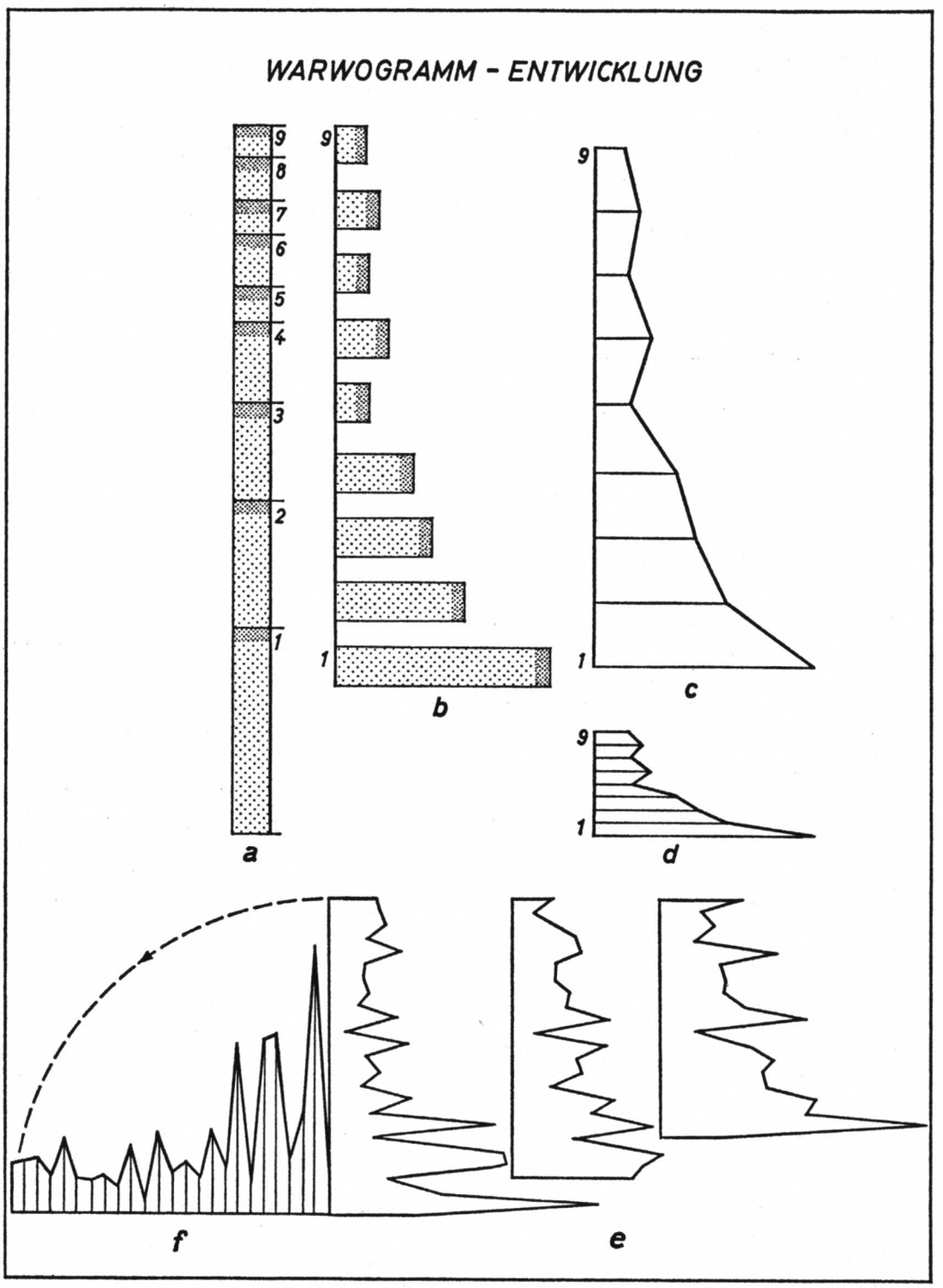


Fig. 5

bestimmen und überhaupt nicht festzulegen. Im allgemeinen wird sich die Sicherheit einer gelungenen Konnektion mit der Zahl der in Deckung gebrachten Warwogrammzacken erhöhen. Bei sehr dünnen Warwen dagegen können einzelne Ausschläge wegen der beschränkten Meß- und Darstellungsgenauigkeit wohl verschieden, die Konnektionen aber durchaus gelungen sein. Auch dann, wenn Aufmessungen von anderer Hand vorgenommen werden, sind subjektive Fehler in der Warwenabgrenzung nicht zu vermeiden, weil diese keineswegs immer zwingend ist. "Measuring is very simple in theory, in reality it requires long training and much passions" (Antevs, 1944, 124).

Aus diesen Gründen läßt sich die Anzahl der in Deckung zu bringenden Diagrammzacken nicht unbedingt festlegen. Man sollte vielmehr versuchen, die Richtigkeit der diagrammatischen Konnektion auch durch stratigraphische Beweise überzeugend zu bestätigen, wie schon Sauramo (1924) und Andersen (1929) vorgeschlagen haben.

bb) Datierung im Rosenheimer Becken

Im Rosenheimer Stammbecken stehen drei selbständige, nicht miteinander konnektierbare Bändertonprofile (In-I + In-III, In-II und Ha-I) zur geochronologischen Auswertung zur Verfügung.

Nach der labormäßigen Präparation zur Verdeutlichung der Bänderstruktur konnten die Warwengrenzen festgelegt werden. Ein Streifen durchsichtige, mattierte Folie wurde zu diesem Zweck längs über den Entnahmekasten gelegt und dann die Warwenmächtigkeit mit Begrenzungsstrichen auf diesen Folienstreifen festgehalten. So kann die Dicke eines jeden Warws einfach ausgemessen werden.

Die Folien haben sich sehr gut bewährt. Sie sind reißfester als Papierstreifen, unempfindlich gegen Feuchtigkeit, gestatten ein sehr genaues Abgrenzen der Warwen auf Grund der Durchsichtigkeit und lassen sich auch mit verschiedenen Schreibwerkzeugen sauber und dauerhaft beschriften. Klarsicht-Folien sind dagegen für unsere Zwecke nicht geeignet, weil sie sich nur mit Tusche oder Fettstiften beschriften lassen.

Die Abgrenzung der Warwen erfolgte nach Farbunterschieden bei der Winterschicht, immer mit Vorsicht und Kritik. Dort, wo mir die Grenzen zweifelhaft erschienen, wird dies in den Tabellen und Diagrammen vermerkt. Die warwenchronologische Verknüpfung der Kastenprofile geschah diagrammatisch und stratigraphisch und ist zweifelsfrei gesichert.

Das Ergebnis der Ausmessungen ist in Tab. 1, 2, 3, in den Warwogrammen auf Taf. 10, 11, 12 und in den Abbildungen auf Taf. 6 niedergelegt.

Der Ausgangspunkt für die Jahreszählung, d. h. das jeweilige Nulljahr, wurde nach stratigraphischen Gesichtspunkten gewählt. Im Profil In-I + In-III (= Zeitabschnitt K) liegt das Jahr Null an der Grenze zwischen zwei Faziesausbildungen. Unterhalb Warw Null sind die Tone immer wieder von Grobmaterialien durchsetzt, oberhalb dagegen findet sich eine Schichtenserie mit feinkörnigen Sedimenten. Im Profil In-II (= Zeitabschnitt L) wurde das dritte Warw von unten als Nulljahr festgelegt. Es ist markant und leitet eine Serie gut lesbarer Warwen ein. Ebenso wurde im Profil Ha-I (= Zeitabschnitt R) ein Jahresband als Nullwarw gewählt, das sich deutlich gegenüber der Nachbarschaft abhebt.

Somit haben wir im Rosenheimer Becken drei selbständige, übereinanderliegende Warwenprofile mit eigener Zeitzählung. Ich bezeichne sie als *Abschnitte* einer die ganzen Bänderton-Ablagerungen umfassenden *Hauptzeitskala*.

Damit die einzelnen Jahreswarwen trotz sich wiederholender Ziffern in den verschiedenen Abschnitten eindeutig anzusprechen sind, werden diese Abschnitte (in Anlehnung an die in der Physik übliche Benennung größerer Zeiträume) mit großen Buchstaben des

lateinischen Alphabets näher bezeichnet.[1] Der entsprechende Buchstabe wird dann den jeweiligen Warwen zugesetzt, so z. B. Warw K 28, Warw L 28 oder Warw R 28.

Die Buchstaben sind mit Bezug auf das relative Alter der Profilteile nach dem Alphabet geordnet. Die Zählung erfolgt von unten nach oben. Abschnitt A umfaßt demnach die älteste Ablagerungsfolge, Abschnitt Z die jüngste.

Um auch bei der weiteren geochronologischen Datierung im Gebiet des Inngletschers dieses vorgezeichnete System beibehalten zu können, sind die Buchstaben für die von mir erstuntersuchten Schichtserien im Rosenheimer Becken so gewählt, daß genügend Spielraum im Alphabet für entsprechende Ergänzungen bleibt. Den ältesten Ablagerungen in den Zweigbecken des Inngletschers wären etwa die Buchstaben A bis J, dem Stammbecken K bis S und den jüngsten Bändertonen im Inntal die Buchstaben T bis Z zugedacht.

Werden die *Abschnitte* im Laufe weiterer Untersuchungen durch Verknüpfung miteinander verlängert, so entfallen die zugesetzten Buchstaben, bis schließlich die ganzen Ablagerungsserien des würmzeitlichen Inngletschers in einer einheitlichen und durchzählenden *Hauptzeitskala* erfaßt sind, die nach dem Hauptort *Rosenheimer Hauptzeitskala* genannt werden soll.

In den Profilabschnitten wurden folgende Jahre gezählt (vgl. Tab. 1, 2, 3 und Taf. 10, 11 und 12):

Abschnitt	Profil Nr.	Tonlager	von bis	Jahre
R	I	Ha	– 84 bis 107	192
L	II	In	– 2 bis 285	288
K	I + III	In	–206 bis 224	431
				911

cc) Das Alter des Rosenheimer Sees

Unter Berücksichtigung der bisherigen Datierungen und des Sedimentzuwachses wurde versucht, das Alter des Rosenheimer Sees zu errechnen.

Meßlücken werden aus Nachbarprofilen inter- und extrapoliert. Da die ausgezählten Warwenserien verschiedene Höhen im Sedimentpaket des einstigen Sees einnehmen, vermitteln sie einen brauchbaren Querschnitt über die gesamten Ablagerungen.

Die Mächtigkeit der Rosenheimer Seetone beträgt nach meinen Ermittlungen im Stammbecken rd. 50 m. Die Obergrenze ist eindeutig zu bestimmen. Sie liegt nach Troll (1924/25, 92) im allgemeinen zwischen 465–468 m, in der Ziegeleigrube Hamberger (Tonlager Ha) bis auf 469 m N.N.

Über die Tiefe des einstigen Sees herrschen sehr unterschiedliche Meinungen. Erstmals gibt Simon (1921) einen Hinweis und meint, die Bändertonlager seien über 100 m mächtig. Worauf sich diese Aussage stützt, wird nicht erwähnt.

Schließlich nennt Troll in seiner Monographie über den Inn-Chiemsee-Gletscher (1924/25, 115) einen Wert, der dann allgemein übernommen wurde: „... hat man bei Kolbermoor bei einer Tiefbohrung mit 150 m (also bei einer Meereshöhe von 300–320 m) die oberflächlichen Tone noch nicht durchsenkt (nach mündlicher Mitteilung von Dr. Reuter). Das Profil von Rosenheim legt es nahe, daß bei Kolbermoor die jüngeren Seetone die älteren unmittelbar überlagern. Wir brauchen also aus dem Bohrergebnis noch nicht auf die Tiefe des jüngeren Rosenheimer Sees von 150 m schließen."

[1] G. de Geer (1936 b, 261) hat einzelne Teilabschnitte seiner Diagramme mit griechischen Buchstaben gekennzeichnet, aber nicht, um sie zeitmäßig zu datieren, sondern um bestimmte Warwengruppen in einem fortlaufenden Profil hervorzuheben.

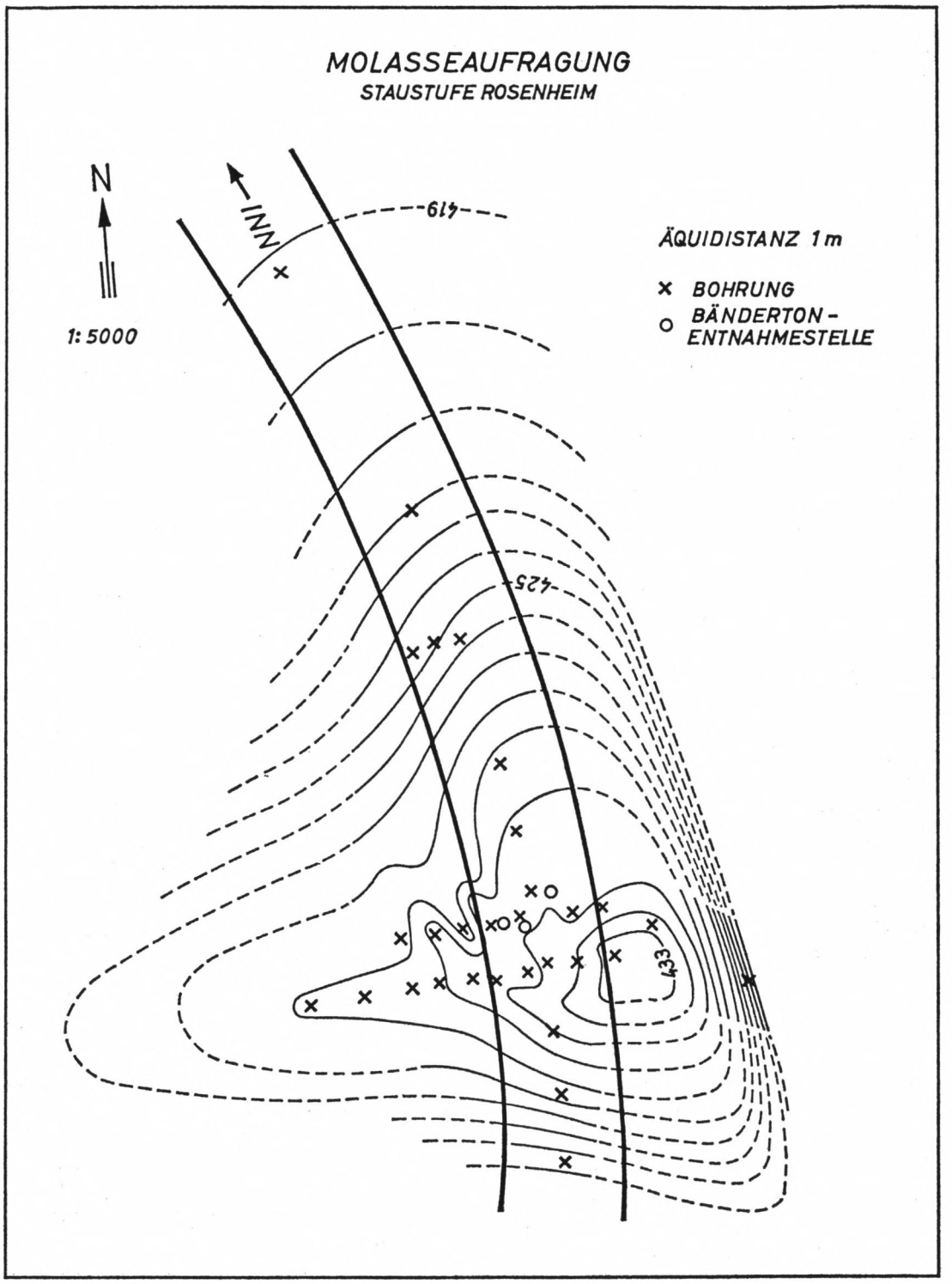

MOLASSEAUFRAGUNG
STAUSTUFE ROSENHEIM
N
1: 5000
INN
419
425
433
ÄQUIDISTANZ 1 m
BOHRUNG
BÄNDERTON-
ENTNAHMESTELLE

Fig. 6

Reich gibt 1955 (151) weitere Hinweise für die Mächtigkeit der Seeablagerungen von Rosenheim: „Durch die seismischen Untersuchungen der DEA, die von der SEISMOS G.m.b.H. (Truppführer Kortmann) durchgeführt wurde, sind im Rosenheimer Becken Tiefen der jungdiluvialen Seeablagerungen bis über 250 m festgestellt worden, ja nahe des Gebirgsrandes bei Feilnbach jung- und altdiluviale Ablagerungen, deren Mächtigkeit nach meiner Schätzung sogar 300 m übersteigen. Die Bohrung Au I an der Kreuzstraße südlich Rosenheim erbohrte 153 m mächtige Diluvialschichten über der Molasse."

Die von Troll und Reich angeführten Werte scheinen mir für den spätwürmzeitlichen See zu hoch. Nach den Untergrundbohrungen der Innwerk-A.G. entlang des Innflusses gibt es solche Tiefen nur im Bereich der fjordartigen Verengung des Rosenheimer Sees zwischen Kufstein und Neubeuern (vgl. Taf. 5 und die von Ampferer, 1921, beschriebenen Bohrungen im Inntal). Im Bereich des Rosenheimer Stammbeckens sind die jungdiluvialen Seeablagerungen weit weniger mächtig. Es ist denkbar, daß bei den von Troll und Reich angeführten Bohrungen ältere als spätwürmzeitliche Sedimente durchsenkt worden sind, wie schon von Troll (1924/25, siehe oben) und auch von Penck (1925, 363) vermutet.

Ich lege für meine Berechnungen die Tiefbohrungen der Innwerke zugrunde. Hier habe ich die Originalunterlagen studieren können, die, etwas generalisiert, in Tafel 5 verarbeitet sind.

Die Bändertone des Abschnittes K, die ich beim Bau der Staustufe Rosenheim entnommen habe, gehören zu den ältesten Bildungen des Rosenheimer Stammbeckens. Sie liegen über der Grundmoräne und sind zweifelsohne spätwürmzeitlich. Die Untergrenze dieser Tone liegt bei 430,90 m N.N. Sie entspricht jedoch nicht der tiefsten Stelle im einstigen See, da die Sedimente bei der Entnahmestelle In (Innstauwehr) einem Molassehügel auflagern (vgl. Taf. 5 und Fig. 6). Nördlich davon reichen die Tonlager noch tiefer hinab.

Um nun für eine Altersbestimmung die Gesamtmächtigkeit im Rosenheimer See zu erfassen, projiziere ich die Bändertone des Tonlagers In in die tiefste Stelle des Beckens in Richtung auf die Ziegeleigrube Hamberger, so wie es in Fig. 7 dargestellt ist. Die Obergrenze der Molasse beträgt hier ca. 419,00 m, die Untergrenze der Bändertone demnach 419,20 m N.N.

Einzelheiten ergeben sich aus der folgenden Zusammenstellung.

Abschnitt		N.N.	Mächtigkeit in m	Warwenzahl ( ) errechnet	Mittlere Warwenmächtigkeit mm
	Tonobergrenze	469,00			
		Lücke	13,00	(3333)	(4)
	Obergrenze	456,00			
R			0,75	192	4
	Untergrenze	455,25			
		Lücke	28,05	(3507)	(8)
	Obergrenze	427,20			
L'			2,95	288	10
	Untergrenze	424,25			
		Lücke	1,40	(155)	(9)
	Obergrenze	422,85			
K'			3,65	431	9
	Untergrenze	419,20			
				7906	

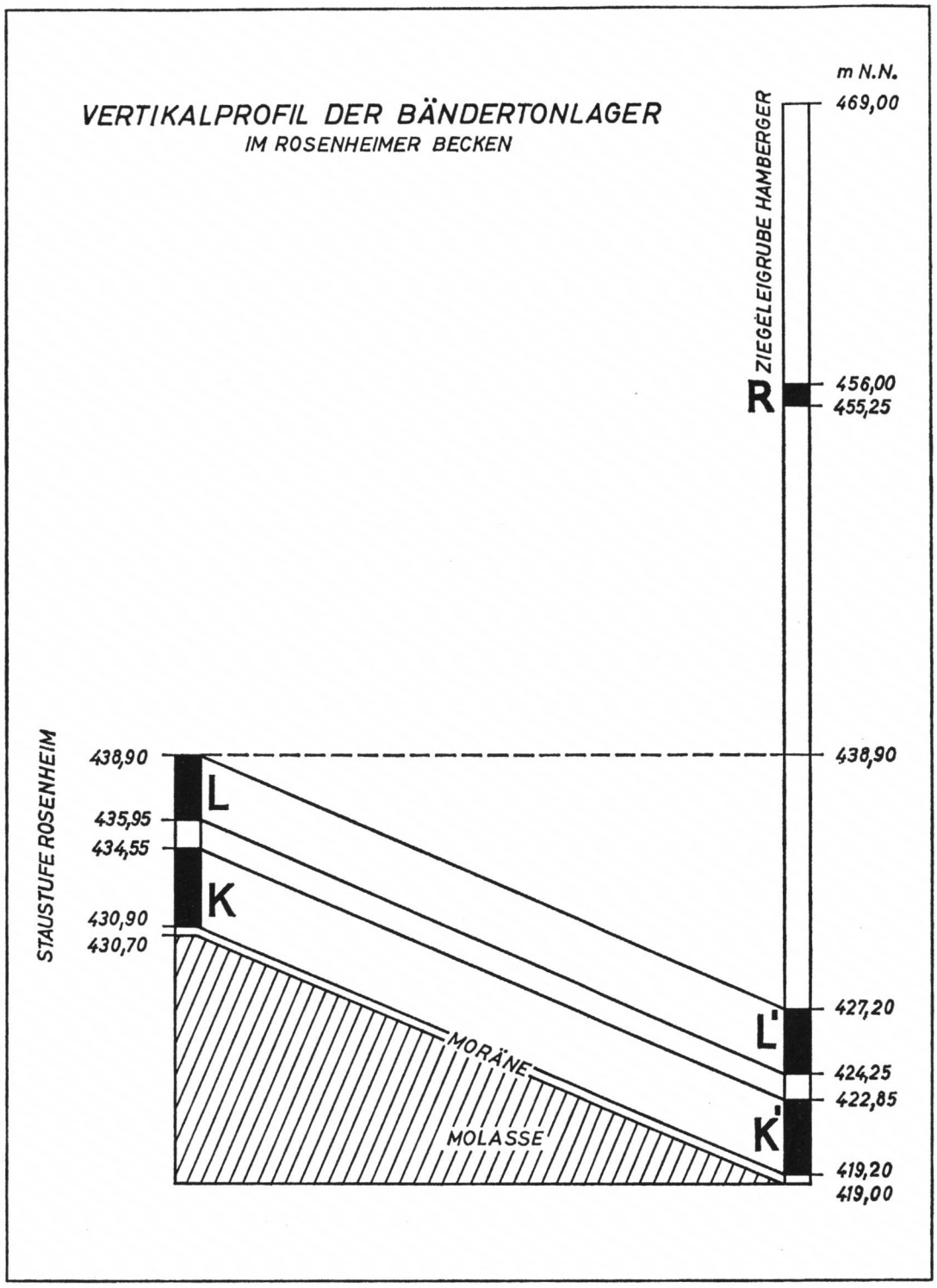

VERTIKALPROFIL DER BÄNDERTONLAGER
IM ROSENHEIMER BECKEN
m N.N.
ZIEGELEIGRUBE HAMBERGER
469,00
R
456,00
455,25
STAUSTUFE ROSENHEIM
438,90
L
435,95
434,55
K
430,90
430,70
438,90
L'
427,20
MORÄNE
424,25
422,85
K'
MOLASSE
419,20
419,00

Fig. 7

Nach diesen Berechnungen beträgt das Alter des Rosenheimer Sees in seinem zentralen Stammbecken rd. 8000 Jahre. Die Extrapolation bei den obersten Bändertonen mit einer nur gering angenommenen Warwenmächtigkeit fällt aber, nach meinen Erfahrungen, zu stark ins Gewicht. Die Zahl der Jahresablagerungen wird dadurch ungerechtfertigt hoch. Wenn wir dagegen aus den gemessenen Bändertonen die mittlere Warwenmächtigkeit bestimmen und diese zu den Gesamtablagerungen in Beziehung bringen, dann beträgt das Alter des Sees nur etwas mehr als 6000 Jahre.

49,80 m	Gesamtmächtigkeit der Seeablagerungen
7,35 m	Gesamtmächtigkeit der gemessenen Bändertone
911	Anzahl der gezählten Warwen
8 mm	Mittlere Warwenmächtigkeit
6225 Jahre	Alter der gesamten Seeablagerungen

Für den Rosenheimer See müssen wir demnach ein Alter von 6000–8000 Jahren ansetzen. Das Mittel von 7000 Jahren halte ich, nach dem jetzigen Stand der Untersuchungen, für vertretbar. Ich lege diesen Wert bei weiteren Berechnungen zugrunde.

Es bedarf keines besonderen Hinweises, daß diesen Datierungen gewisse Schwächen anhaften und sie nur als Größenordnung zu betrachten sind. So habe ich auch vorausgesetzt, daß die Akkumulation über lange Zeiträume gleichartig verlaufen sei. Im Augenblick gibt es keine gegenteiligen Beweise. Ich kann mir vorstellen, daß der große Sedimentanfall unmittelbar nach dem Abschmelzen des Eises, der durch die glazigene Aufbereitung, die Versteilung des Alpenreliefs und die Vegetationsarmut bedingt ist, mit dem Fortschreiten der Zeit durch die stete Vergrößerung der fluvialen Einzugsgebiete bei der Regression des Eises ungefähr ausgeglichen wird, so daß wir keine gleichsinnigen Änderungen in der Sedimentation annehmen müssen.

b) Historisch-absolute Datierung

Bei einer historisch-absoluten Datierung werden die aufgemessenen Warwentone an unsere Zeitrechnung angeschlossen. Die Möglichkeiten dafür sind bei den Tonen des Rosenheimer Beckens sehr begrenzt. Mit Hilfe von pollenanalytischen Untersuchungen und der Radiokarbonmethode ist es vielleicht möglich.

aa) Datierung mit Hilfe pollenanalytischer Mooruntersuchungen

Unmittelbar im Anschluß an die Trockenlegung des Rosenheimer Sees in seinem zentralen Stammbecken, und damit nach Abschluß der limnischen Sedimentation, begann in weiten Teilen die Moorbildung.

Paul und Ruoff (1927 und 1932) und Firbas (1935 und 1949/52) haben die Moore des Rosenheimer Beckens pollenanalytisch datiert. Die Ergebnisse von Paul-Ruoff (1927) aus den Lauterbacher Filzen, aus den Kollerfilzen, vom Kolbermoor und ein Durchschnittsdiagramm aus dem Inn-Salzach-Gebiet sind als Beispiele in Taf. 13 wiedergegeben, ebenso die Analysen von Firbas (1949) aus dem Kolbermoor. Bei diesem letztgenannten Moor führen die pollenanalytischen Untersuchungen am weitesten zurück (vgl. Taf. 13 c und e), nach Firbas bis in die ausgehende Älteste Dryaszeit, mit Ia Pollen (vgl. Taf. 13 e).

Eine absolute Datierung der Pollendiagramme ist heutzutage möglich. Fehlerschwankungen von mehreren hundert Jahren sind dabei selbstverständlich (Firbas, 1951 a). Nach Firbas (1949, 104) reichen die Ia Pollen etwa 12000–15000 v. Chr. zurück, nach

Gross (1958, 176) nur 11300–13800 v. Chr. Ich möchte den Werten von Gross den Vorzug geben, da sie auf der Grundlage von zahlreichen C^{14}-Bestimmungen eine größere Genauigkeit beanspruchen dürften.

Wenn wir nun zu dem Alter der Ia Pollen (am Ende der Ältesten Dryaszeit) von rd. 12000 Jahren v. Chr. die Rosenheimer See-Einfüllung mit 7000 Jahren hinzurechnen, erhalten wir für das Alter der Grundmoräne eine historisch-absolute Datierung von 19000 Jahren v. Chr. Die Eisfront des sich zurückziehenden Inngletschers lag demnach vor über 20 Jahrtausenden (vor heute!) im südlichen Teil des Rosenheimer Stammbeckens, dort, wo sich heute die Innstaustufe Rosenheim befindet.

bb) Datierung mit Hilfe einer C^{14}-Bestimmung

Aus dem Gebiet des Rosenheimer Sees liegt eine C^{14}-Bestimmung vor, die Gross (1958, 180) publiziert hat: „H-409/374: ältestes Treibholz (Pinus) in Reichenhart zwischen Rosenheim und Kufstein 4 m unter der Oberfläche unterhalb von 2 durch eine Seetonlage getrennten Torfschichten, vermittelt durch Dr. O. Ganss ...". Dieses in Heidelberg datierte Treibholz hat ein Alter von 10210 ± 210 Jahre vor heute. Es wurde im Bereich der Niederndorfer Terrasse innerhalb der Flußalluvionen gefunden.[1] Es kann also erst dorthin gelangt sein, nachdem das Rosenheimer Seebecken zugefüllt und durch den Innfluß bereits wieder zertalt worden war.

Vorausgesetzt, daß das Treibholz bei Reischenhart in primärer Lagerstätte gefunden wurde (was nach Vergleich mit anderen C^{14}-Bestimmungen anzunehmen ist, siehe Gross, 1958), läßt sich mit dessen Hilfe das Alter der Seeablagerungen folgendermaßen datieren:

8210	Jahre v. Chr.	Alter des Treibholzes
7000		Alter der Seetone
15210	Jahre v. Chr.	
+ ?		Jahre für die Erosion des Inns bei der Herausbildung der Terrassen bei Reischenhart.

Wenn wir einige tausend Jahre für die Bildung der beiden Inntalterrassen annehmen, erhalten wir ein ähnliches Alter für die Grundmoräne wie bei der Datierung mit Hilfe pollenanalytischer Untersuchungen.

Wir dürfen somit den Rückzug des Eises aus dem Rosenheimer Becken vor ungefähr 20000 Jahren ansetzen.

B. ZUR FRAGE DER FERNKONNEKTION

Wiederholt ist der Versuch gemacht worden, durch sog. Fernkonnektion Bändertone, selbst über Kontinente, mit der schwedischen Zeitskala zu verknüpfen, um sie dadurch zu datieren.

[1] Das Bodenprofil bei dieser Fundstelle ist nach Dr. Ganss im Detail (mir von Dr. Schmeidl, Bernau, freundlicherweise vermittelt) von oben nach unten: 0,5 m Torf, 1,5 m Sand ohne Gerölle, 0,4 m Torf und Faulschlamm mit Schilf, 1,0 m Grobsand mit Geröll, an der Basis das Treibholz, dann 1,0 m grauer Feinsand kreuzgeschichtet, 3,5 m Grobsand mit Geröll, 0,5 m Feinsand mit Ton, darunter gleichbleibend Seeton.

Die Telekonnektion geht auf G. de Geer zurück. De Geer sieht die Entstehung der Warwen in Abhängigkeit von der Sonnenstrahlung: "... the normal varve variations must be considered as a self-registration of sun radiation" (1935 a, 341). Da diese warwigen „Sonnenstrahlungskurven" nach G. de Geer weltweit verbreitet sind, lassen sich alle Bändertonlager zum Zweck der Zeitbestimmung mit der genau datierten schwedischen Zeitskala, selbst über Tausende von Kilometern, korrelieren. Technisch geschieht das durch die sog. diagrammatische Konnektion.

So erfolgten u. a. Fernkonnektionen von schwedischen Warwen mit solchen von Nordamerika (G. de Geer, 1937 a), von Südamerika (G. de Geer 1927 a und 1927 b und 1929), aus dem Himalaya (G. de Geer, 1940) und selbst mit „non-glacigen" Warwen (G. de Geer, 1934 a) aus dem äquatorialen Afrika, immer nur auf der Basis von gewissen Übereinstimmungen entsprechender Warwogramme.

Zahlreiche Autoren lehnen jedoch diese Art einer rein diagrammatischen Konnektion ab. Antevs (1928 u. 1935 u. 1944) hat sich sehr eingehend mit der Frage der Fernkonnektion auseinandergesetzt und kommt zu dem Ergebnis, daß die diagrammatischen Verknüpfungen von G. de Geer nicht überzeugen können. Eine gleiche Haltung nehmen auch Köppen und Wegener (1924 und Köppen, 1928 b) ein. Sandegren (1934) kann nachweisen, daß die von G. de Geer (1935 b) durchgeführte Fernkonnektion mit Warwen aus Polen falsch ist. Sauramo (1938) verweist darauf, daß die Dickenvariation der Jahreswarwen durchaus nicht immer ein Maß für die Sonnenstrahlung sei. Wagner (1940) und Woldstedt (1954) lehnen die Telekonnektion besonders unter Hinweis auf die alternierenden Jahreszeiten von Nord- und Südhalbkugel ab.

Heutzutage verneinen die meisten Autoren eine diagrammatische Warwenkonnektion von Kontinent zu Kontinent. Ich schließe mich dieser Meinung an, denn ich halte eine diagrammatische Konnektion nur innerhalb des gleichen Sedimentationsgebietes für möglich, weil die Ablagerung von Bändertonen nicht nur solar bedingt ist, sondern auch von vielen terrigenen Einflüssen bestimmt wird. Die Entfernung ist kein Kriterium. Im würmzeitlichen Sedimentationsbecken von Fennoskandien können Hunderte von Kilometern zwischen konnektierbaren Bändertonserien liegen, im Alpenvorland wird es aber wohl kaum möglich sein, selbst benachbarte Gebiete verschiedener Vorlandgletscher rein diagrammatisch zu verknüpfen.

Deshalb wurde auch von mir jeder Versuch unterlassen, die Rosenheimer Warwentone mit der Schwedischen Hauptzeitskala diagrammatisch parallelisieren zu wollen, und eine eigene Rosenheimer Hauptzeitskala begründet. Dem Vorschlag G. de Geers (1927 b und 1927 c), die Schwedische Zeitskala als internationales Zeitmuster einzuführen, kann vom Standpunkt der diagrammatischen Telekonnektion nicht entsprochen werden.

Die von G. de Geer durchgeführte Fernkonnektion zwischen alpinen und schwedischen Warwen wird in Kap. VI, C kritisch beurteilt.

C. DISKUSSION ANDERER DATIERUNGSVERSUCHE IM ALPINEN RAUM

Von G. de Geer, Welten und Reissinger ist schon versucht worden, das Alter einiger alpiner Ablagerungen mit Hilfe der Warwengeochronologie zu datieren.

a) Datierung von G. de Geer

Seit 1919 hat sich G. de Geer bemüht, eine warwenchronologische Beziehung zwischen dem fennoskandischen Vereisungsgebiet und dem Alpenraum herzustellen (1919: Geokronologiala Relato inter la Alpala e la skandinava glaciali). 1940 (227) berichtet er über das Ergebnis solcher Studien: "In order to bring about independent datings by means of varve measurements, the author and his wife, during the autumns of 1928 and 1929, made

a series of varve measurements along the northern side of the Alps from Austria to France. At about 25 localities varve series were correlated with Swedish ones, whereby definitive connection was attained between the North European and the Alpine glaciations. Hitherto only a few of these teleconnections have been published, namely in „The Quaternary Geology of the Stockholm region." Auf Tafel 90 jener Publikation (1940) werden die eingemessenen alpinen Warwenprofile in ihrer angeblichen Konnektion zu Schweden und anderen Ländern dargestellt, wie aus Taf. 14 b zu ersehen ist. Das ist alles, was wir über alpine Warwen erfahren.[1]

Die Suche nach weiteren Quellen über eine warwengeochronologische Bearbeitung des alpinen Raumes erforderte eine mosaikartige Arbeit. 1934 b publiziert de Geer einige Warwogramme aus der Gegend von Immenstadt („Immenstaad" geschrieben; mit 65 Warwen) und Genf (mit 37 Warwen) (siehe Taf. 14 a). Die textliche Erklärung beschränkt sich auf wenige Zeilen (1934 b, 26).

"During the summers of 1928 and 1929 together with Ebba Hult de Geer I spent about four months especially in hunting up and measuring varve-series along the northern slopes of the Alps from Austria to France and succeeded in teleconnecting some twenty localities. From these hitherto only parts of two measurements have been published, Pl. 2."[2]

1936 a (S. 100 bzw. 1938) erfahren wir wiederum nur von ausgeführten Konnektionen, ohne alle Unterlagen.

„Zusammen mit meiner Frau bereiste ich 1928 und 1929 die Nordseite der Alpen von der Salzburger Gegend bis nach dem französischen Grenzgebiet. Wir haben dort gut bestimmbare Warwenserien gefunden und an mehr als 20 verschiedenen Punkten gemessen, die mit entsprechenden Serien in der schwedischen Zeitskala sicher identifiziert sind und die es sehr wahrscheinlich machen, daß die große Menge von wertvollen glazialen Beobachtungen in der Alpengegend in endgültigen Zusammenhang mit der Warwenchronologie gebracht werden kann."

1937 a wird zweimal (S. 2 und S. 4) auf die gelungene Alpenkonnektion hingewiesen, 1937 c (315) auf eine ausgeführte Verknüpfung eines Tonlagers westlich Bern mit gotiglazialen Ablagerungen. 1942 (3) erwähnt de Geer wiederum warwengeochronologische Untersuchungen im alpinen Raum.

"In all we succeeded to get varve measurements at about twenty different localities and these measurements were all found to correspond definitively with the Swedish time scale. Not a single locality was found with varve variations of another, in any way deviating kind.

The varve datings obtained thus corresponded remarkably well for a considerable length of time from the older to the younger varve series, partly with the Swedish Gotiglacial ones in southernmost Scania and partly to the Finiglacial varves in the northernmost region of the Swedish province of Uppland, representing an interval of somewhat over 3000 years.

It being scarcely practical here to give on a small scale all the numerous variations by which the many individual shiftings of the varves along the Alps were teleconnected with the main time scale, the teleconnected parts of this latter and the identified series of the Alpine varves are here displayed by heavy lines."

(Vgl. dazu Taf. 14, c.)

---

[1] Wenn Gross, 1963, 271, meint, daß de Geer seine geochronologischen Untersuchungen „1940 mit allen Unterlagen veröffentlicht" hätte, so ist das ein schwerwiegender Irrtum. Antevs vermerkt schon 1944, daß de Geer 1940 das Warwenmaterial nur von 1400 vor Null bis 2000 nach Null publiziert habe. Auch Zeuner (1958, 29) betont, daß das Gotiglazial bei de Geer niemals mit Originalmessungen veröffentlicht sei und daß (S. 39) bei den Alpen keine Details publiziert wären.

[2] „Pl. 2" ist Druckfehler, muß „Pl. 1" heißen.

Aus den de Geerschen Veröffentlichungen ist keine genaue Auskunft über die Verknüpfung von alpinen und schwedischen Warwen zu erhalten. Ebensowenig vermögen die graphischen Darstellungen zu überzeugen. Drei solcher Figuren stehen uns aus den Publikationen 1934 b, 1940 und 1942 zur Verfügung (s. Taf. 14). Sie zeigen alle die Einordnung von alpinen Warwenserien in die Schwedische Hauptzeitskala, Lokalität 17 auf Tafel 14 c auch aus dem Rosenheimer Becken. Eine Überprüfung der de Geerschen Figuren hinsichtlich der Zeitangaben (s. Taf. 14) läßt erhebliche Unterschiede zwischen den einzelnen Darstellungen erkennen!

Als Ergebnis müssen wir festhalten: Die sicherlich mühsamen Untersuchungen G. de Geers am nördlichen Alpenrand haben keine entsprechende Publizierung erfahren. Sie sind für uns wertlos, weil das gesamte Quellenmaterial fehlt, was gerade in bezug auf die Problematik der Fernkonnektion mir unentbehrlich erscheint.

b) Datierung von Welten

Die Untersuchungen von Welten (1944) wurden im Berner Oberland ausgeführt. Das Hauptgewicht liegt allerdings in vegetationskundlichen und klimatologischen Aussagen, warwenchronologische Studien sind nicht Selbstzweck, sondern nur Hilfsmittel. Immerhin sind hier neue und interessante Wege für geochronologische Untersuchungen aufgezeigt worden.

Welten hat Jahresschichten nur überschläglich ausgezählt, aber nicht einzeln ausgemessen. Demzufolge existieren auch keine Warwogramme. Die Konnektion benachbarter Profile erfolgt nach pollenanalytischen Ergebnissen, stratigraphischen Befunden und Zuwachsvergleichen (Welten, 1944, 139).

Den Nachweis jahresmäßiger Ablagerung der Sedimente versucht Welten mit Hilfe der Pollenverteilung und der Anordnung der größten $CaCO_3$-Kristalle innerhalb der Warwen. Die Tonbänder sind alle außerordentlich dünn. Sie schwanken zwischen 0,2 und 1,0 mm und betragen im Mittel nur 0,8 mm.

Über Weltens Zeitangaben ist man überrascht, zumal bei einer Datierung von einigen tausend Jahren eine Zuverlässigkeit bis auf 100–200 Jahre (1940, 127) angegeben wird. Die warwenchronologisch wenig genauen Methoden Weltens haben die Kritiker auf den Plan gerufen (vgl. Firbas und Sagromsky, 1947; Zeuner, 1948; Firbas, 1949). Welten hat sich auch dann 1952 (77) berichtigt. Die von ihm errechneten Zeitwerte liegen zu kurz.

Eine unmittelbare Beziehung der Datierungen von Welten zum bayerischen Alpenvorland ist, beim jetzigen Stand der Forschung, nicht möglich.

c) Datierung von Reissinger

Reissinger hat im Niedersonthofener See/Allgäu (1930 a) und im Starnberger See (1952) eine Datierung auf der Grundlage von geschichteten Sedimenten versucht.

Die dabei errechneten Zeitwerte sind aber gänzlich unwahrscheinlich (vgl. auch Machatschek, 1936, 243; Rathjens, 1953, 189). So datiert R. das Ammerseestadium mit 4700 v. Chr.! Einen wirklichen Wert in den Untersuchungen von Reissinger sehe ich in dem Hinweis auf die Unterwasserbohrungen und die Verwendung von Schlammkästen.

ZUSAMMENFASSUNG ZU KAP. VI

Im Rosenheimer Stammbecken wurden insgesamt 900 Warwen ausgezählt. Sie gehören zu drei übereinanderliegenden, nicht verknüpfbaren Profilabschnitten. Die warwenchronologische Konnektion der entnommenen Kastenprofile geschah diagrammatisch und stratigraphisch. Die Warwogramme zählen immer nach rechts.

Um die jeweils zusammenhängenden Profile, die einzelnen Abschnitte, auch in der Gesamtablagerung des Rosenheimer Sees, der Hauptzeitskala, einzuordnen, wurden sie mit großen Buchstaben in der Reihenfolge des Alphabets näher gekennzeichnet.

Auf der Grundlage der ausgezählten Warwen wurde das Alter der Rosenheimer Seeablagerungen mit ca. 7000 Jahren errechnet.

Der Anschluß an die historische Zeitrechnung erfolgte über pollenanalytische Mooruntersuchungen und mit Hilfe einer C^{14}-Bestimmung. Danach hat der Inngletscher das Rosenheimer Becken vor rd. 20000 Jahren verlassen.

Eine Fernkonnektion zu Schweden wurde nicht versucht, da sie vom Grundsätzlichen her abgelehnt wird.

Die warwengeochronologischen Datierungen anderer Autoren im Alpengebiet wurden schließlich diskutiert. Sie stehen ohne nutzbare Beziehung zum Rosenheimer Becken.

VII. ZUM ABLAUF DES JUNGPLEISTOZÄNS IM ROSENHEIMER GEBIET

Aus den durchgeführten warwengeochronologischen Untersuchungen im Rosenheimer Becken gewinnen wir neue Anhaltspunkte über den Ablauf der Erdgeschichte während der späten Würmzeit.

Der Rückzug des Eises aus dem Rosenheimer Stammbecken ist sehr rasch vor sich gegangen. Das zeigen die Grundmoränenablagerungen, die Ausbildung der Bändertone und vor allem die nur wenig mächtigen glazigenen Warwensedimente.

Nach den zahlreichen Tiefbohrungen zu schließen, gibt es im Stammbecken keine Hinweise für Toteisbildungen, wie von Troll (1937) und Knauer (1942) vermutet. Wir dürfen vielmehr annehmen, daß der Inngletscher eine stete Eisfront besaß, die durch Kalben und Ausdünnen am Gletscherende zurückverlegt wurde.

Die Regression erfolgte ohne erkennbaren Halt über das Rosenheimer Stammbecken bis weit in die Alpen hinein. Die Seebeckenfüllung während mehrerer tausend Jahre kann niemals durch einen im See liegenden oder in dessen Nähe, d. h. stationären Gletscher erfolgt sein, wie Troll (1924/25, 31; und bei K. Bertsch, 1931, 113) meint. Wir müßten sonst Endmoränen finden, die tatsächlich nirgends im alpinen unteren Inntal vorhanden sind (Bobeck, 1935, 184). Statt dessen aber ist die fjordartige Seeverengung zwischen Kufstein und Windshausen mit Deltaablagerungen ausgefüllt.

Die Meinung über einen schnellen Rückzug des Eises seit dem Ammerseestadium ist mit dem Hinweis von Gross (1957, 29), daß die Alpen zu Beginn der Allerödzeit bis über 1800 m N.N. eisfrei gewesen wären und dem Nachweis Zagwijns (1952, 238) über den Zerfall des Gletschers im Inntal vor Alleröd gut vereinbar.

Die Datierung der Grundmoräne bei der Staustufe Rosenheim mit rd. 20000 Jahren vor heute entspricht in etwa dem sog. Stephanskirchener-Ammersee-Stadium. Die Zeit des Eisrückzuges von dort bis zur Staustufe Rosenheim kann, nach den Erfahrungen über die Eisrezession in Schweden, Finnland und Nordamerika, nur relativ gering sein, so daß sie in unserem Falle einer großzügig durchgeführten Interpolation außer Betracht bleiben darf.

Die Zahl von 20000 Jahren für das Stephanskirchener-Ammersee-Stadium ist höher, als bisher angenommen wurde. Heim und Brückner haben die Zeit seit dem Eisfreiwerden der Alpenseen auf Grund von morphometrischen Berechnungen und mit Hilfe von Schlammkästen auf 13000–16000 Jahre geschätzt (Gams, 1927 a, 355). K. Bertsch (1942, 53) datiert das Ammerseestadium mit 17000–18000 Jahren v. Chr. (Es ist allerdings nicht klar, auf Grund welcher Tatsachen Bertsch zu dieser Zahl kommt, etwa in Anlehnung an die Strahlungskurve von Milankovitsch, wie Firbas, 1935, 27, meint!) Gross (1958, 182) nennt auf Grund von einigen C^{14}-Bestimmungen für das Ammerseestadium 17000 Jahre vor heute (aber dieser Wert wird von G. ausdrücklich mit Fragezeichen versehen!).

Mein Wert von rd. 20000 Jahren für das Ammerseestadium liegt nahe dem von Milankovitsch (1930, 147) berechneten Strahlungsminimum (mit 22,1 Jahrtausenden vor 1800). Vielleicht ist es ein Zufall. Die Strahlungstheorie soll hiermit keineswegs aufgewertet wer-

den. Meine Daten meinen auch Würm α und nicht Würm III wie bei Köppen-Wegener (1924) und Zeuner (1938). Die von Spitaler (1941, 15) mit Hilfe der Strahlungstheorie datierten Abschnitte der Würmzeit sind gegenüber meinen Untersuchungen viel zu hoch.

Die Frage, ob es ein Stephanskirchener Stadium im Inngletscherbereich überhaupt gegeben hat, wie von Troll (1924/25) vertreten, von Knauer (1942 und 1944) und Ebers (1960) aber verneint wird, läßt sich mit Hilfe der Warwengeochronologie vielleicht einmal endgültig klären. Es sei aber schon hier auf die erbohrte Moränenaufragung von mindestens 8 m Mächtigkeit bei Zaisering innerhalb sonst limnischer Feinsedimente hingewiesen (s. Taf. 5). Möglicherweise ist diese Aufragung ein in jungen Sedimenten ertrunkener Drumlin. Nach den Erfahrungen von Troll (1924, 21 und 1924/25, 89) finden sich solche Drumlins aber meist auf den erhöhten Sockeln zwischen den Zungenbecken, kaum aber vor dem Zweigbecken, wie es bei Zaisering der Fall wäre. Die Situation der Moränenaufragung paßt aber auffällig gut in den von Troll (1924/25) angedeuteten Endmoränenkranz des Stephanskirchener Stadiums (s. Fig. 1). Jedenfalls läßt sich das Rosenheimer Stammbecken hier eindeutig nach Norden abgrenzen.

Auch weiter nördlich bei Feldkirchen findet sich wieder eine Moränenaufragung, sogar von über 40 m Mächtigkeit (vgl. Taf. 5). Vielleicht ist es eine Haltephase des zurückweichenden Inngletschers. Warwengeochronologische Untersuchungen müßten hier durch Vergleich der Feinsedimente beiderseits der Moränenaufragungen klären können.

Die Absenkung des Wasserspiegels im einstigen Rosenheimer See erfolgte erst, als der See schon weitgehend zugefüllt war und die Auflandung bis 9 m unter dem höchsten Wasserstand aufreichte. Mit der Trockenlegung des Seebodens begann sofort die Moorbildung und die Zertalung der See-Einfüllung.

Ältere als spätwürmzeitliche Ablagerungen, wie von Bayberger (1914, 27) und von Troll (1924, 12 und 1924/25, 114) nachdrücklich erwähnt, sind im zentralen Rosenheimer Stammbecken von mir nirgends gefunden worden. Der Hauptwürm-Gletscher hat im Bereich der Staustufe Rosenheim alles bis zur anstehenden Molasse ausgeräumt.

NACHWORT

Die vorliegenden Studien haben gezeigt, daß eine Geochronologie auf der Grundlage von Bändertonen auch im bayerischen Raum möglich ist.

Ein besonderer Vorzug für die warwengeochronologischen Untersuchungen liegt in den mächtigen, mehrere tausend Jahre umfassenden Sedimentpaketen der engbegrenzten Becken des Alpenvorlandes. Hier ist es möglich, viel weiter in die Erdgeschichte zurückgreifen zu können als in den Nordländern. In Schweden beginnt eine zuverlässige Zählung der Bändertone im nordöstlichen Schonen 13500 Jahre vor heute (Klute, 1951, 279; Zeuner, 1958, 29). Eine geochronologische Verbindung der skandinavischen Tone zum nord- und mitteldeutschen Vereisungsgebiet ist wahrscheinlich unmöglich, da in Dänemark kaum eine Chance für eine fortlaufende Vermessungslinie besteht. Die Warwenzahl ist hier nur gering und die Ablagerungsfolge lückenhaft (Andersen, 1929, 169; Hansen, 1940, 419; Klute, 1951, 279). Außerdem sind die Bändertonablagerungen Mitteldeutschlands vorwiegend während der Eisvorstöße und nicht bei der Regression entstanden (Bettenstaedt, 1934, 274).

Die größte Aussicht, alle Phasen des Eiszeitalters geochronologisch zu erfassen, bietet m. E. der Bereich der alpinen Vereisungen (und nicht der nordeuropäischen, wie Soergel, 1925, 130, meint). In Bayern finden wir im Unterschied zu Schweden auch ältere als spätwürmzeitliche Warwentone. So hat z. B. eine Tiefbohrung im nördlichen Chiemseegebiet (bei Hinzing) mit 165 m Teufe präwürmzeitliche Seetone erfaßt (Gross, 1958, 158).

Bei den weiteren geochronologischen Studien in Bayern sollte man versuchen, die Rosenheimer Hauptzeitskala als eine Art Standardkalender des alpinen Gebiets weiter auszubauen. Unter Zuhilfenahme von Bohrungen lassen sich hier die Seetone sicherlich in ihrer Gesamtheit erfassen.

Als Fernziel müßte eine zirkumalpine Hauptzeitskala[1] angestrebt werden, um die Gliederung des späten Eiszeitalters, die bisher fast ausschließlich nach schotter- und lößstratigraphischen Gesichtspunkten erfolgt ist, aus der „babylonischen Verwirrung" zu lösen.

Eine unabdingbare Folge der sich auf einzelne Jahresablagerungen und daher sehr exakten Warwengeochronologie wird eine Revision der bestehenden Quartärterminologie sein. So wurde auch von mir „Glazial" mit seinen verschiedenen Wortverbindungen bewußt vermieden. „Die Begriffe Glazial, Spätglazial und Postglazial haben eben in den verschiedenen Gebieten je nach ihrem Klima verschiedene Bedeutung, so daß Parallelisierungen schwierig sind (Machatschek, 1936, 242). Mit den Begriffen Pleistozän, Würmzeit und glazigen habe ich m. E. eine größere Klarheit erreicht als das mit dem Wort „glazial" ohne umständliche Beschreibungen möglich gewesen wäre.

---

[1] Jonas erwähnt 1952 (8), daß 1938 die absolute Geochronologie für Mitteleuropa „auf Grund der Warwen- und Jahresschichtenzählungen" aufgestellt worden sei. J. gibt keinen weiteren Hinweis. Die Aussage erscheint mir unverständlich.

LITERATURVERZEICHNIS

ABBOT, C. G. (1933): Sun spots and weather. – Smith. Miscell. Collect., **87**, Nr. 18, 1–10, Washington 1933.

– (1934): Studies of weather periodicities. – Science, **79**, Jan.–Juni 1934, New York 1934, (? nach Korn, 1938).

AIGNER, P. D. (1928): Der alte Salzburger See und sein Becken. – Mitt. Ges. Salzburger Landeskunde, **68**, 127–138, Salzburg 1928.

AMPFERER, O. (1921): Über die Bohrung von Rum bei Hall in Tirol und quartäre Verbiegungen der Alpentäler. – Jahrb. Geol. Staatsanstalt, **71**, 71–84, Wien 1921.

ANDERSEN, S. A. (1928): De danske varv. – Geol. Fören. Förhandl., **50**, 90–96, Stockholm 1928.

– (1929): Über die dänischen autochthonen und allochthonen Warwen. – Beretning 18. Skandinav. Naturforskermøde, 165–170, København 1929.

ANDERSEN, S. A. u. HANSEN, S. (1929): Referat af og Diskussion om S. A. Andersens og Sigurd Hansens Foredrag om Varvene i Danmark. – Medd. dansk geol. Foren, **7**, 362–370, København 1929.

ANDRÉE, K. (1915): Wesen, Ursachen und Arten der Schichtung. – Geol. Rundschau, **6**, 351–397, Leipzig 1915.

ANRICK, C. J. (1915): Morän-och isrecessionsstudier i Odensala socken, Uppland. – Geol. Fören. Förhandl., **37**, 688–694, Stockholm 1915.

ANTEVS, E. (1925): Retreat of the last ice-sheet in eastern Canada. – Geol. Surv. Canada. Mem., **146**, 142 S. Ottawa 1925.

– (1928): The last glaciation. – Amer. Geogr. Soc. Res., **17**, New York 1928.

– (1929 a): Cycles in glacial and postglacial deposits. – Reports conferences on cycles, Carnegie Institution, 9–10, Washington 1929.

– (1929 b): Cycles in variations of glaciers and ice-sheets and in ice-melting. – Reports conferences on cycles, Carnegie Institution, 52–55, Washington 1929.

– (1935): Telecorrelations of Varve Curves. – Geol. Fören. Förhandl., **57**, 47–58, Stockholm 1935.

– (1944): Memorial to Gerard de Geer. – Geol. Soc. America Proc. for 1943, 117–133, 1944.

– (1953): Geochronology of the deglacial and neothermal ages. – Journal of Geology, **61**, 195–230, Chicago 1953.

– (1954): Geochronology of the deglacial and neothermal ages: a reply. – Journal of Geology, **62**, 516–521, Chicago 1954.

ARCHANGELSKI, A. D. (1927): On the Black Sea sediments and their importance for the study of sedimentary rocks. – Bull. Soc. Natur. Moscou, Section géologique, V, Nouvelle série, **35**, 199–289. (Russisch mit engl. Zusammenfass.), Moskau u. Leningrad 1927.

– (1930): Slides of sediments on the Blacksea bottom and the importance of this phenomenon for geology. – Bull. Soc. Natur. Moscou, Section géologique, Nouvelle Série, **38**, 32–80, (Russisch mit engl. Zusammenfass.) Moskau u. Leningrad 1930.

ARKHANGUELSKY: s. Archangelski.

ARRHENIUS, G. (1947): Den glaciala lerans varvighet. – Sveriges Geologiska Undersökning, Ser. C, Nr. 486, Årbok **41** (1947), 5, 1–74, Stockholm 1947.

BAYBERGER, F. (1882): Der Inngletscher von Kufstein bis Haag. – Pet. Mitt., Ergänzungsheft, **70**, 67 S., Gotha 1882.

– (1914): Der ehemalige See von Rosenheim. – Beilage 10. Jahr. – Ber. 1913/14 Kgl. Gisela-Kreisrealschule München, 38 S., München 1914.

BAYER, J. (1926): Kritik der Gams-Nordhagenschen Diluvial-Chronologie u. geologischen Interpretation des Alluviums. – Die Eiszeit, **3**, 6–8, Leipzig 1926.

BECK, P. (1938): Zur Revision der Quartärgeologie der Alpen. – Verh. III. Internat. Quartärkonferenz, Wien 1936, 110–123, Wien 1938.

Berger, F. (1931): Diluviale Stratigraphie und Tektonik im Gebiete der oberen Neiße und der Steine. – Jahrb. Preuß. Geol. Landesanstalt, **52,** 177–244, Berlin 1931.

Bertsch, F. (1932): Beitrag zur Kenntnis der spätglazialen Waldentwicklung im Alpenvorland. – Zeitschr. f. Gletscherkunde, **20,** 445–450, Leipzig 1932.

Bertsch, K. (1931): Paläobotanische Monographie des Federseerieds. – Bibliotheca Botanica, **26,** H. 103, 127 S., Stuttgart 1931.

– (1942): Lehrbuch der Pollenanalyse. – Handbücher prakt. Vorgeschichtsforsch., **3,** 195 S. Stuttgart 1942.

Beschoren, B. (1932): Über Warwentone in der nördlichen Mark Brandenburg. – Sitzgsber. Preuß. Geol. Landesanstalt, **7,** 152–153, Berlin 1932.

– (1935): Über jungdiluviale Staubeckentone zwischen Havel und Oder. – Jahrb. Preuß. Geol. Landesanstalt, **55,** 395–428, Berlin 1935.

Bettenstaedt, F. (1934): Stauseebildung und Vorstoß des diluvialen Inlandeises in seinem Randgebiet bei Halle a. S. – Jahrb. Hallesch. Verband f. d. Erforschg. mitteldeutsch. Bodenschätze u. ihrer Verwertung, N. F. **13,** 241–314, Halle 1934.

Bobek, H. (1935): Die jüngere Geschichte der Inntalterrasse und der Rückzug der letzten Vergletscherung im Inntal. – Jahrb. Geol. Bundesanstalt, **85,** 135–189, Wien 1935.

Brelie, G. v. d. (1955): Die Pollenstratigraphie im jüngeren Pleistozän. – Eiszeitalter u. Gegenwart, **6,** 25–38, Öhringen 1955.

Brinkmann, R. (1926): Über die sedimentäre Abbildung epirogener Bewegungen sowie über das Schichtungsproblem. – Nachr. Ges. d. Wiss. Göttingen, **1925,** Math. Phys. Kl., 202–228, Berlin 1926.

– (1932): Über die Schichtung und ihre Bedingungen. – Fortschr. d. Geologie u. Palaeontologie, **11,** H. 35, 187–219, (Deecke-Festschrift III), Berlin 1932.

Brooks, C. E. P. (1928): The Problem of the Varves. – Quarterly Journ. R. Meteorol. Soc., **54,** 64–70, London 1928.

Brückner, E. (1922): Geochronologische Untersuchungen über die Dauer der Postglazialzeit in Schweden, in Finnland und in Nordamerika. – Zeitschr. f. Gletscherkunde, **12,** (1921/22), 39–57, Leipzig 1922.

– (1927): Wie viele Jahre sind seit dem Hochstand der letzten Vergletscherung verstrichen? – Zeitschr. f. Gletscherkunde, **15,** (1926/27), 140–143, Leipzig 1927.

v. Bubnoff, S. (1948): Rhythmen, Zyklen und Zeitrechnung in der Geologie. – Geol. Rundschau, **35,** 6–22, Stuttgart 1948.

– (1954): Grundprobleme der Geologie. – 234 S., Berlin 1954.

Büdel, J. (1949): Die räumliche und zeitliche Gliederung des Eiszeitklimas. – Die Naturwissenschaften, **36,** 105–112 u. 133–139, Berlin - Göttingen - Heidelberg 1949.

– (1951): Die Klimazonen des Eiszeitalters. – Eiszeitalter u. Gegenwart, **1,** 16–26, Öhringen 1951.

Caldenius, C. (1932): Las glaciaciones cuaternarias en la Patagonia y Tierra del Fuego. – Geograf. Annaler, **14,** 1–164, Stockholm 1932.

– (1938): Carboniferous varves, measured at Paterson, New South Wales. – Geol. Fören. Förhandl., **60,** 349–364, Stockholm 1938.

Coit, G. E. (1925): Nouvelles Recherches sur la sédimentation dans le Lac de Genève. – C. R. Congr. intern. Géographie, **2,** 59–69, 1925.

Credner, W. (1922): De Geer's Geochronologie der Spät- und Postglazialzeit. – Senckenberg. Naturforsch. Gesellsch., **51,** 113–134, Frankfurt/Main 1921.

David, E. (1922): The "Varve shales" of Australia. – Americ. Journal of Science, Ser. 5, **3,** (103), 14, 115–116, New Haven 1922.

Deecke, W. (1930): Jahreszeitliche Spuren in der geologischen Stratigraphie. – Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br., **30,** 335–352, Freiburg 1930.

Deevey, E. S. (1946): An absolute pollen chronology in Switzerland. – Americ. Journal of Science, **244,** 442–447, New Haven 1946.

DIN 4022 (1955): Schichtenverzeichnis und Benennen der Boden- und Gesteinsarten, Wasserbohrungen. – Bl. 2, Febr. 1955.

Eberl, B. (1930): Die Eiszeitenfolge im nördlichen Alpenvorlande. – 427 S., Augsburg 1930.

Ebers, E. (1932): Über erloschene Seen im Salzach-Gletscher-Gebiet. – Mitt. Geogr. Ges. München, **25,** 77–82, München 1932.

– (1955): Hauptwürm, Spätwürm und die Frage der älteren Würmschotter. – Eiszeitalter u. Gegenwart, **6,** 96–109, Öhringen 1955.

Ebers, E. (1960): Drumlinkerne, ältere Würmschotter und das Würm-Interstadial-Profil von Hörmading/Obb. – Eiszeitalter u. Gegenwart, **11**, 64–76, Öhringen 1960.

Erdtmann, G. (1954): An introduction to Pollen Analysis. – A new series of plant science books, **12**, 239 S., Stockholm 1954.

Firbas, F. (1927): Beiträge zur Kenntnis der Schieferkohlen des Inntals und der interglazialen Waldgeschichte der Ostalpen. – Zeitschr. f. Gletscherkunde, **15**, (1926/27), 261–277, Leipzig 1927.

– (1935): Die Vegetationsentwicklung des mitteleuropäischen Spätglazials. – Bibliotheca Botanica, **28**, 112, 68 S., Stuttgart 1935.

– (1949–1952): Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen. – I. 480 S., Jena 1949, II. 256 S., Jena 1952.

– (1951 a): Über den heutigen Stand der Pollenuntersuchungen als Hilfsmittel der Quartärforschung. – Eiszeitalter u. Gegenwart, **1**, 102–108, Öhringen 1951.

– (1951 b): Die quartäre Vegetationsentwicklung zwischen den Alpen und der Nord- und Ostsee. – Erdkunde, **5**, 6–15, Bonn 1951.

Firbas, F. u. Sagromsky, H. (1947): Untersuchungen über die Größe des jährlichen Pollenniederschlags vom Gesichtspunkt der Stoffproduktion. – Biol. Zentralbl., **66**, 129–140, Leipzig 1947.

Flint, R. F. (1948): Glacial Geology and the Pleistocene Epoch. – 589 S., New York u. London 1948[2].

Fraser, H. J. (1929): An experimental Study of varve deposition. – Transact. R. Soc. Canada, sect. IV, **23**, 49–60, Ottawa 1929.

Fromm, E. (1938): Geochronologisch datierte Pollendiagramme und Diatomeenanalysen aus Ångermanland. – Geol. Fören. Förhandl., **60**, 365–381, Stockholm 1938.

Gams, H. (1924): Zur Entwicklungsgeschichte der Seetypen des Alpengebiets. – Verh. Intern. Verein. f. theor. u. angew. Limnologie, 125–128, Stuttgart 1924.

– (1927 a): Die Geschichte der Lunzer Seen, Moore und Wälder. – Intern. Rev. d. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr., **18**, 305–387, Leipzig 1927.

– (1927 b): Die Ergebnisse der pollenanalytischen Forschung in bezug auf die Geschichte der Vegetation und des Klimas von Europa. – Zeitschr. f. Gletscherkunde, **15**, (1926/27), 161–190, Leipzig 1927.

– (1930): Die Bedeutung der Paläobotanik und Mikrostratigraphie für die Gliederung des mittel-, nord- und osteuropäischen Diluviums. – Zeitschr. f. Gletscherkunde, **18**, 279–336, Leipzig 1930.

– (1931/32): Beiträge zur Kenntnis der Alpenmoore. – Abhandl. Naturwiss. Verein Bremen, **28**, Sonderheft, 18–42, Bremen 1931/32.

– (1937): Die Seen Europas im Eiszeitalter. – Intern. Rev. d. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr., **35**, 611–644, Leipzig 1937.

– (1938): Die bisherigen Ergebnisse der Mikrostratigraphie für die Gliederung der letzten Eiszeit und des Jungpaläolithikums in Mittel- und Nordeuropa. – Quartär, **1**, 75–96, Berlin 1938.

– (1953 a): Fortschritte der Spätglazialforschung. – Zeitschr. f. Gletscherk. u. Glazialgeol., N. F., **2**, H. 2, 369–374, Innsbruck 1953.

– (1953 b): Die relative und absolute Chronologie des Quartärs. – (In: Zum Quartär der Alpen und des Alpenvorlandes), Geologica Bavarica, **19**, 364–369, München 1953.

Gams, H. u. Nordhagen, R. (1923): Postglaziale Klimaänderungen und Erdkrustenbewegungen in Mitteleuropa. – 1. Mitt. Geogr. Ges. München, **16**, 13–336, München 1923. 2. Landeskundl. Forschungen, **25**, 13–336, München 1923.

de Geer, E. H. (1936): Jahresringe und Jahrestemperatur. – Geograf. Annaler, **18**, 277–297, Stockholm 1936.

– (1951 a): De Geer's chronology confirmed by radioactive carbon, C 14. – Geol. Fören. Förhandl'. **73**, 517–518, Stockholm 1951.

– (1951 b): Conclusions from C^{14} and De Geer's chronology: Dani-Gotiglacial, with datings. – Geol. Fören. Förhandl., **73**, 557–570, Stockholm 1951.

– (1954): Skandinaviens geokronologi. – Geol. Fören. Förhandl., **76**, 299–329, Stockholm 1954.

– (1957): Old and new datings of Swedish ice lakes and the thermals of Bölling and Alleröd. – Geol. Fören. Förhandl., **79**, 93–100, Stockholm 1957.

– (1958–61): Note on the Cochrane glaciation dated by varves in Ragunda, 1911. – Quaternaria, **5**, 257–260, Roma 1958–61.

– (1962): G. de Geer's Chronology, a summary with conclusions. – 28 S., Stockholm 1962.

de Geer, G. (1912 a): A Geochronology of the last 12000 years. – Compt. rendu. XI. Congrés Geol. Intern. Stockholm 1910, 241–257, Stockholm 1912.

– (1912 b): Geochronologie der letzten 12000 Jahre. – Geol. Rundschau, **3**, 457–471, Leipzig 1912.

De Geer, G. (1919): Geokronologiala Relato inter la Alpala e la skandinava glaciali. – Geol. Fören. Förhandl., **41**, 227–233, Stockholm 1919.
– (1926): On the solar curve as dating the Ice Age, the New York moraine, and Niagara Falls through the Swedish timescale. – Geograf. Annaler, **8**, 253–283, Stockholm 1926.
– (1927 a): Late Glacial clay varves in Argentina. – Geograf. Annaler, **9**, 1–8, Stockholm 1927.
– (1927 b): Schwankungen der Sonnenstrahlung seit 18000 Jahren. – Geol. Rundschau, **18**, 417–454, Berlin 1927.
– (1927 c): Eine neue Weise der international-geologischen Chronologie. – Westnik Znanja, **2**, 65–70, 1927 (nach Perfiliew, 1929).
– (1929): Gotiglacial clay-varves in southern Chile. – Geograf. Annaler, **11**, 247–256, Stockholm 1929.
– (1934 a): Equatorial Palaeolithic varves in East Africa. – Geograf. Annaler, **16**, 75–96, Stockholm 1934.
– (1934 b): Geology and geochronology. – Geograf. Annaler, **16**, 1–52, Stockholm 1934.
– (1935 a): Teleconnections contra so-called telecorrelations. – Geol. Fören. Förhandl., **57**, 341–346, Stockholm 1935.
– (1935 b): The transbaltic extension of the Swedish timescale. – Svenska Sällsskapet f. Anthropologi och Geografi, Hyllningsskrift Sven Hedin, **17**, 533–549, Stockholm 1935.
– (1936 a): Die exakte geochronologische Verknüpfung der quartären Bildungen. – 1. Geograf. Annaler, **18**, 225–259, Stockholm 1936.
(1938): 2. Verh. III. Internat. Quartärkonferenz, Wien 1936, 98–101, Wien 1938.
– (1936 b): Rissoglaziale Telekonnektionen in Westeuropa. – Geograf. Annaler, **18**, 260–276, Stockholm 1936.
– (1937 a): On the physical explanation of the Ice Age. – Arkiv f. Matem., Astron. och Fysik, **25** B, Nr. 6, 1–6, Stockholm 1937.
– (1937 b): A new varve connection between four continents. – Arkiv f. Matem., Astron. och Fysik, **25** B, Nr. 27, 1–6, Stockholm 1937.
– (1937 c): New geochronologic possibilities. – Geol. Fören. Förhandl., **59**, 314–316, Stockholm 1937.
– (1939): Principles of geochronology. – Arkiv f. Matem., Astron. och Fysik, **26** B, Nr. 16, 1–11, Stockholm (1938) 1939.
– (1940): Geochronologia Suecica principles. – K. Svenska Vetenskapsakad. Handl., 3. Ser., **18**, Nr. 6, 367 S., Stockholm 1940.
– (1942): Dating of the real Quaternary Ice Age contra mountain glaciations. – Arkiv f. Matem., Astron. och Fysik, **28** B, Nr. 9., 1–5, Stockholm 1942.

Götzinger, G. (1911): Die Sedimentierung der Lunzer Seen. – Verh. K. K. geol. Reichsanst., 173–208, Wien 1911.
– (1912): Geomorphologie der Lunzer Seen und ihres Gebietes. – Intern. Rev. d. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr., Hydrograph. Supplem., I. u. II. Ser., 1–156, Leipzig 1912.
– (1913/14): Bericht über die physikalisch-geographischen Untersuchungen an den Lunzer Seen. – Intern. Rev. d. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr., **6**, 538–547, Leipzig 1913/14.

Grahmann, R. (1929): Die absolute Zeitrechnung des Quartärs. – Sitzgsber. d. naturf. Ges. zu Leipzig, **53/55**, 11–22, Leipzig 1929.
– (1932): Bemerkungen über die Begriffe Diluvium, Eiszeit und Vereisung. – Zeitschr. f. Gletscherkunde, **20**, 470–474, Leipzig 1932.
– (1951): Begriffe in der Quartärforschung. – Eiszeitalter u. Gegenwart, **1**, 69–73, Öhringen 1951.
– (1959): Das Eiszeitalter und der Übergang zur Gegenwart. – Erdkundl. Wissen, **1**, 63 S., Remagen 1959[3].

Groschopf, P. (1936): Die postglaziale Entwicklung des Großen Plöner Sees in Ostholstein auf Grund pollenanalytischer Sedimentuntersuchungen. – Archiv f. Hydrobiol., **30**, 1–84, Stuttgart 1936.

Gross, H. (1952): Die Radiokarbon-Methode, ihre Ergebnisse u. Bedeutung für die spätquartäre Geologie, Paläontologie u. Vorgeschichte. – Eiszeitalter u. Gegenwart, **2**, 68–92, Öhringen 1952.
– (1957 a): Die Fortschritte der Radiokarbon-Methode 1952–1956. – Eiszeitalter u. Gegenwart, **8**, 141–180, Öhringen 1957.
– (1957 b): Die geologische Gliederung und Chronologie des Jungpleistozäns in Mitteleuropa und den angrenzenden Gebieten. – Quartär, **9**, 3–39, Bonn 1957.
– (1958): Die bisherigen Ergebnisse von C^{14}-Messungen u. paläontolog. Untersuchungen für die Gliederung u. Chronologie d. Jungpleistozäns in Mitteleuropa u. den Nachbargebieten. – Eiszeitalter u. Gegenwart, **9**, 155–187, Öhringen 1958.

Gross, H. (1958/59): Zur Frage der Zuverlässigkeit und Brauchbarkeit der Radiocarbon-(C^{14}-) Methode in Vorgeschichtsforschung und Quartärgeologie. – Quartär, **10/11**, 27–44, Bonn 1958/59.

– (1963): E. H. de Geer, G. de Geer's Chronology, a summary with conclusions. – Pet. Mitt., **107**, 271–272, Gotha 1963.

Halicki, B.: Sur un essai de l'application de la methode géochronologique en Pologne. – Ann. Soc. Geol. de Pologne, **8**, 2, S. 193.

Hansen, S. (1933): De glaciale Aarsvarv i Skåne. – Geol. Fören. Förhandl., **55**, 623–642, Stockholm 1933.

– (1940): Varvighed i danske og skaanske senglaciale Aflejringer. – Danmarks Geol. Unders., II, **63**, 478 S., Kopenhagen 1940.

Hausen, H. (1913): Materialien zur Kenntnis der Pleistozänen Bildungen in den russischen Ostseeländern. – Fennia, **34**, Nr. 2, 1–181, Helsingfors 1913.

Heim, A. (1900): Der Schlammabsatz am Grunde des Vierwaldstättersees (Geol. Nachlese, Nr. 10). – Vierteljahresschr. Naturf. Ges. Zürich, **45**, 164–182, Zürich 1900.

Högbom, A. (1889): Om relationen mellan kalcium- och magnesiumkarbonat i de qvartära aflagringarna. – Geol. Fören. Förhandl., **11**, H. 5, 263–273, Stockholm 1889.

Hummel, K. (1923): Über Sedimentbildung im Bodensee. – Geol. Archiv, **2**, 35–45, Königsberg 1923.

Innwerk-AG: Akt „Untergrundbohrungen am oberen Inn". – Bauabteilung, München - Töging (vor 1959).

Iversen, J. (1936): Sekundäres Pollen als Fehlerquelle. – Danmarks Geol. Unders., IV, **2**, Nr. 15, 1–24, København 1936.

– (1938): Sekundäre Pollen als Fehlerquelle. – Verh. III. Internat. Quartärkonf., Wien 1936, 225–228, Wien 1938.

Johnston, W. A. (1922): Sedimentation in Lake Louise, Alberta, Canada. – Americ. Journal of Science, V, **4**, Art. 32, 376–386, New Haven 1922.

Jonas, F. (1952): Atlas z. Bestimmung rezenter u. fossiler Pollen u. Sporen. – Feddes Repertorium specierum novarum regni vegetabilis, Beiheft 133, 60 S., Berlin 1952.

Kindle, E. M. (1927): The rôle of thermal stratification in lacustrine sedimentation. – Transact. R. Soc. Canada, IV, (3), **21**, 1–35, Ottawa 1927.

v. Klebelsberg, R. (1932): Ein Fischfund in den Bändertonen des Inntals. – Zeitschr. f. Gletscherkunde, **20**, 137–138, Leipzig 1932.

– (1935): Geologie von Tirol. – 872 S., Berlin 1935.

– (1948/49): Handbuch der Gletscherkunde u. Glazialgeologie. – I., 403 S., Wien 1948. II., 1028 S., Wien 1949.

Klute, F. (1951): Das Klima Europas während des Maximums der Weichsel-Würmzeit und die Änderungen bis zur Jetztzeit. – Erdkunde, **5**, 273–283, Bonn 1951.

Knauer, J. (1937): Widerlegung der Einwendungen K. Troll's gegen die Vorrückungsphase der Würm-Eiszeit. – Mitt. Geogr. Ges. München, **30**, 1–38, München 1937.

– (1942): Der gegenwärtige Stand d. Eiszeitforschung im südbayer. Gebiet. – Forschg. u. Fortschritt, **18**, 176–177, Berlin 1942.

– (1944): Über das Bühlstadium bzw. Ammersee- u. Stephanskirchner Stadium im Inn- u. Isargletscher-Gebiet Südbayerns. – Jahrb. Reichsamt f. Bodenforschg., für 1942, **63**, 176–184, Berlin 1944.

– (1952): Diluviale Talverschüttung und Epigenese im südlichen Bayern. – Geologica Bavarica, 32 S., München 1952.

Köppen, W. (1928 a): Mehrjährige Temperaturschwankungen vor 8 bis 18 Jahrtausenden. – Meteorol. Zeitschr., **45**, 263–265, Braunschweig 1928.

– (1928 b): Zum Aufsatz von Prof. G. de Geer: Schwankungen der Sonnenstrahlung seit 18000 Jahren. – Geol. Rundschau, **19**, 314–315, Berlin 1928.

Köppen, W. u. Wegner, A. (1924): Die Klimate der geolog. Vorzeit. – 256 S., Berlin 1924.

Korn, H. (1935): Schichtung u. absolute Zeit. – Geol. Rundschau, **26**, 136–139, Stuttgart 1935.

– (1938): Schichtung und absolute Zeit. – Neues Jahrb. f. Min., Geol. u. Paläont., Beilage-Bde, Abt. A, **74**, 50–188, Stuttgart 1938.

Lenz, F. (1921): Die Schlammschichtung in Binnenseen. – Die Naturwissenschaften, **9**, 325–330, Berlin 1921.

Libby, W. F. (1955): Radiocarbon dating. – 175 S., Chicago 1955[2].

Lidén, R. (1955): Om isafsmältningen och den postglaciala landhöjningen i Ångermanland. – Geol. Fören. Förhandl., **33**, 271–280, Stockholm 1911.
– (1913): Geokronologiska studier öfver det Finiglaciala skedet i Ångermanland. – Sveriges Geologiska Undersökning, Ser. Ca, **9**, 39 S., Stockholm 1913.
Louis, H. (1961): Allgemeine Geomorphologie. – 355 S., Berlin 1961².
Lundquist, G. (1927): Bodenablagerungen und Entwicklungstypen der Seen. – Die Binnengewässer, **2**, 124 S., Stuttgart 1927.
Machatschek, F. (1936): Die Literatur zur alpinen Eiszeitforschung. – III., 1928–1935. – Zeitschr. f. Gletscherkunde, **24**, 233–298, Leipzig 1936.
Markov, K. u. Krasnov, J. (1930): A geochronical Study of Varve Sediments in the North-Western Region of the U.S.S.R. – Bull. de la Com. pour l'Etude Quat., **2**, 1930.
Markow, K. K. u. Poretzky, W. S. (1935): Die spät- u. postglaziale Geschichte des nordwestlichen Teiles des Leningrader Gebietes. – Zeitschr. f. Gletscherkunde, **22**, 109–141, Leipzig 1935.
Milankovitsch, M. (1930): Mathematische Klimalehre u. astronomische Theorie der Klimaschwankungen. – Handb. d. Klimatologie, I, A, 176 S., Berlin 1930.
Milojcić, V. (1958/59): Zur C^{14}-Methode. – Quartär, **10/11**, 45–47, Bonn 1958/59.
Minder, L. (1923): Über biogene Entkalkung im Zürichsee. – Verh. Intern. Verein. f. theor. u. angew. Limnologie, **1**, 20–32, Stuttgart 1923.
– (1926): Biologisch-chemische Untersuchungen im Zürichsee. – Zeitschr. f. Hydrolog., **3.**, 3/4, 1–70, Aarau 1926.
Molisch, H. (1925): Über Kalkbakterien und andere kalkfällende Pilze. – Centralbl. f. Bakt., Paras. u. Infekt., II, **65**, 130–139, Jena 1925.
Nadson, G. A. (1928): Beitrag zur Kenntnis der bakteriogenen Kalkablagerungen. – Archiv f. Hydrobiol., **19**, 154–164, Stuttgart 1928.
Narr, K. J. (1951): Zum Stand der quartär-stratigraphischen Forschungen. – Germania, **29**, 67–69, Berlin 1951.
Naumann, E. (1921/22): Die Bodenablagerungen des Süßwassers. – Archiv f. Hydrobiol., **13**, 97–169, Stuttgart 1921/22.
– (1929): Die Bodenablagerungen der Seen. – Verh. Intern. Verein. f. theor. u. angew. Limnologie, **4**, 32–106, Rom 1929.
– (1930): Einführung in die Bodenkunde der Seen. – Die Binnengewässer. **9**, 126 S., Stuttgart 1930.
Nilsson, E. (1931): Quaternary glaciations and pluvial lakes in British East Africa. – Geograf. Annaler, **13**, 249–349, Stockholm 1931.
Nipkow, F. (1920): Vorläufige Mitteilungen über Untersuchungen des Schlammabsatzes im Zürichsee. – Zeitschr. f. Hydrolog., **1**, 100–122, Aarau 1920.
– (1928): Über das Verhalten der Skelette planktischer Kieselalgen im geschichteten Tiefenschlamm des Zürich- und Baldeggersees. – Zeitschr. f. Hydrolog., **4**, 71–120, Aarau 1928.
Norin, E. (1927): Late glacial clay varves in Himalaya connected with the Swedish time-scale. – Geograf. Annaler, **9**, 157–161, Stockholm 1927.
Ødum, H. (1929): Diskussion om S. A. Andersens Foredrag om Varvene i Danmark. – Medd. dansk geol. Foren., **7**, 368–369, København 1929.
Paul, H. u. Ruoff, S. (1927): Pollenstatistische und stratigraphische Mooruntersuchungen im südlichen Bayern, 1. Teil. – Ber. Bayer. Bot. Ges. z. Erforschg. d. heim. Flora, **14**, 84 S. München 1927.
– (1932): Pollenstatistische und stratigraphische Mooruntersuchungen im südlichen Bayern, 2. Teil. – Ber. Bayer. Bot. Ges. z. Erforschg. d. heim. Flora, **20**, 264 S., München 1932.
Penck, A. u. Brückner, E. (1909): Die Alpen im Eiszeitalter. – 3 Bd., 1199 S., Leipzig 1909.
Penck, A. (1925): Die Eiszeit in den bayer. Hochalpen. – Sitzgsber. Preuß. Akad. d. Wiss., phys.-math. Kl., 349–371, Berlin 1925.
– (1938): Die Strahlungstheorie und die geologische Zeitrechnung. – Zeitschr. Ges. f. Erdkunde Berlin, 321–350, Berlin 1938.
Perfiliev, B. (1929): Zur Mikrobiologie der Bodenablagerungen. – Verh. Intern. Verein. f. theor. u. angew. Limnologie, **4**, 107–143, Rom 1929.
Pia, J. (1933): Kohlensäure und Kalk. – Die Binnengewässer, **13**, 183 S., Stuttgart 1933.
Ramsay, W. (1928): Eisgestaute Seen und Rezession des Inlandeises in Südkarelien und im Newatal. – Fennia, **50**, 5, 21 S., Helsinki 1928.
Rathjens, C. (1953): Über Klima und Formenschatz der Späteiszeit. – Geologica Bavarica, **19**, 186–194, München 1953.

Rathjens, C. (1954 a): Das Problem der Gliederung des Eiszeitalters in physisch-geographischer Sicht. – Münchner Geograph. Hefte, **6**, 68 S., Kallmünz/Regensburg 1954.
– (1954 b): Der Klimaablauf der Späteiszeit in Mitteleuropa. – Naturwiss. Rundschau, **7**, 193–196, Stuttgart 1954.
Reeds, Ch. A. (1929): Weather and glaciation. – Bull. Geol. Soc. America, **40**, 597–629, New York 1929.
Reich, H. (1955): Senkung des bayerischen Alpenvorlandes. – Naturwiss. Rundschau, **8**, 150–154, Stuttgart 1955.
Reissinger, A. (1930 a): Untersuchungen über den Niedersonthofener See im bayerischen Allgäu. – Wiss. Veröff. Dtsch. u. Österr. Alpenverein, **6**, 70 S. Innsbruck 1930.
– (1930 b): Methode zur Untersuchung von Seeschlammschichten, ihrer Mächtigkeit und ihrer Zusammensetzung. – Ber. Naturwiss. Gesellsch. Bayreuth, **3**, 1–27, Bayreuth 1930.
– (1932): Quantitative Untersuchungen über den Schlammabsatz im Alpsee, dem Niedersonthofener See und dem Starnberger See. – Archiv f. Hydrobiol., **24**, 535–542, Stuttgart 1932.
– (1952): Unterwasserbohrungen auf dem tiefsten Grund des Starnberger Sees. – Geologica Bavarica, **14**, 151–155, München 1952.
Różycki, St. (1934): Próba porównania profili geochronologicznych okolic Sochaczewa i Warszawy. – Kosmos, Rocznik, **57**, 1932, 339–343, Lwow 1934.
Ruttner, F. (1940): Grundriß der Limnologie. – 167 S., Berlin 1940.
Sandegren, R. (1934): Om de polska varviga lerornas ålder. – Geol. Fören. Förhandl. **56**, 624–628, Stockholm 1934.
v. Sarnthein, R. (1936): Moor- und Seeablagerungen aus den Tiroler Alpen in ihrer waldgeschichtlichen Bedeutung. – I. Brennergegend u. Eisacktal. – Botan. Centralbl., Beiheft, **55**, B, 544–631, Dresden 1936.
– (1937): Untersuchungen über den Pollengehalt einiger Moränen und Terrassensedimente des Inntals. – Zeitschr. f. Gletscherkunde, **25**, 232–236, Leipzig 1937.
– (1940): Moor- und Seeablagerungen aus den Tiroler Alpen in ihrer waldgeschichtlichen Bedeutung. – II. Seen der Nordtiroler Kalkalpen. – Botan. Centralbl., Beiheft, **60**, B, 437–492, Dresden 1940.
– (1948): Moor- und Seeablagerungen aus den Tiroler Alpen in ihrer waldgeschichtlichen Bedeutung. – III. Kitzbüheler Alpen und unteres Inntal. – Österr. Botan. Zeitschr., **95**, 1–85, Wien 1948.
Sauer, E. (1939): Verbreitung, Zusammensetzung u. Entstehung der diluvialen Seeabsätze im oberen Isartal. – Min. u. Petr. Mitt., **50**, 4, (1938), 305–355, Leipzig 1939.
Sauramo, M. (1918): Geochronolog. Studien über die spätglaziale Zeit in Südfinnland. – 1. Bull. Com. Géol. Finlande, **50**, 44 S., Helsinki 1918. 2. Fennia, **41**, 1, 44 S., Helsinki 1918.
– (1923, 1924): Studies on the quaternary varve sediments in Southern Finland. – 1. Bull. Com. Géol. Finlande, **60**, 164 S., Helsinki 1923. 2. Fennia, **44**, 1 (1923), 1–164, Helsinki 1924.
– (1925 a): Über die Bändertone in den ostbaltischen Ländern vom geochronologischen Standpunkt. – Fennia, **45**, 6, 1–9, Helsinki 1925.
– (1925 b): Geochronologische Studien in Rußland. – Geol. Fören. Förhandl., **47**, 521–522, Stockholm 1925.
– (1928): Über die spätglazialen Niveauverschiebungen in Nordkarelien, Finnland. – Bull. Com. Géol. Finlande, **80**, 1–41, Helsinki 1928.
– (1938): Über das spätglaziale Klima. – Verh. III. Internat. Quartärkonf., Wien 1936, 221–224, Wien 1938.
– (1954): Das Rätsel des Ancylussees. – Geol. Rundschau, **42**, 197–233, Stuttgart 1954.
– (1958): Die Geschichte der Ostsee. – Ann. Acad. Scient. Fennicae, A, III, **51**, 522 S., Helsinki 1958.
Sayles, R. W. (1924): Report of Progress on Studies on Seasonal Deposition in Glacial Sediments. – Report Com. on Sedimentation, Apr. **26**, 33–39, 1924 (nach Fraser, 1929).
Schäfer, I. (1951 a): Über methodische Fragen der Eiszeitforschung im Alpenvorland. – Zeitschr. Dtsch. Geol. Ges., **102**, (1950), 287–310, Hannover 1951.
– (1951 b): Über die Gliederung des Eiszeitalters. – Eiszeitalter u. Gegenwart, **1**, 56–63, Öhringen 1951.
– (1951 c): Bemerkungen zur Nomenklatur der Eiszeitforschung. – Pet. Mitt., **95**, 26–31, Gotha 1951.
– (1954): Bedeutung u. Methoden der absoluten Zeitrechnung für Geologie u. Archäologie. – Zeitschr. Dtsch. Geol. Ges., **105**/III (1953), 565, Hannover 1954.
Schlunck, J. (1916): Zur Kenntnis des glazialen Stauseegebietes bei Lübeck. – Jahrb. K. Preuß. Geol. Landesanstalt, (1914), **35**, 254–270, Berlin 1916.
Schmidle, W. (1914): Die diluviale Geologie der Bodenseegegend. – Die Rheinlande, **8**, 113 S., Braunschweig u. Berlin 1914.

Schneider, H. J. (1953): Quartäre Seeabsätze und spätglaziale Gletscherstände im Unter-Leutasch-Tal und ihre Einfügung in die Quartärgeschichte. – Zeitschr. f. Gletscherk. u. Glazialgeol., **2**, 241 bis 261, Innsbruck 1953.

Schneider, J. M. (1930): Differenzen zwischen den Eismeer-Varven de Geers und Sauramos und den Schweizer-See-Varven Nipkows. – Verh. Schweiz. naturf. Ges., 281–282, Aarau 1930.

– (1945): Meteorologisches zu Weltens Faulenseesediment und schwedisch-finnischen Warwen. – Verh. Schweiz. naturf. Ges., 125–126, Aarau 1945.

Schostakowitsch, W. B. (1927): Die periodischen Schwankungen der Niederschlagsmenge in Rußland und Mittelsibirien und die Sonnenflecken. – Meteorol. Zeitschr., **44**, 347–355, Braunschweig 1927.

– (1931 a): Die Bedeutung der Untersuchung der Bodenablagerungen der Seen für einige Fragen der Geophysik. – Verh. Intern. Verein. f. theor. u. angew. Limnologie, **5**, 307–317, Stuttgart 1931.

– (1931 b): Periodische Schwankungen in den Naturerscheinungen. – Gerl. Beitr. z. Geophys., **30**, 281–335, Leipzig 1931.

– (1936): Geschichtete Bodenablagerungen der Seen als Klima-Annalen. – Meteorol. Zeitschr., **53**, 176–182, Braunschweig 1936.

Schumann, W. (1955): Wasserstandsschwankungen der oberbayerischen Seen. – Abh. Bayer. Akad. d. Wiss., math.-naturwiss. Kl., N. F., **72**, 96 S., München 1955.

Schwarzbach, M. (1938): Tierfährten aus eiszeitlichen Bändertonen. – Zeitschr. f. Geschiebeforsch. u. Flachlandsgeol., **14**, 143–152, Leipzig 1938.

Seefeldner, E. (1954): Entstehung und Alter der Salzburger Ebene. – Mitt. Ges. Salzburger Landeskunde, **94**, 202–208, Salzburg 1954.

Siegert, L. u. Weissermel, W. (1911): Das Diluvium zw. Halle a. S. u. Weißenfels. – Abh. K. Preuß. Geol. Landesanstalt, N. F., **60**, 350 S., Berlin 1911.

Simon, L. (1921): Die Entstehung der voralpinen bayerischen Seen. – Forsch. bayer. Landeskunde, **2**, 111 S., München 1921.

Soergel, W. (1925): Die Gliederung u. absolute Zeitrechnung d. Eiszeitalters. – Fortsch. d. Geol. u. Palaeont., **13**, 125–251, Berlin 1925.

Spitaler, R. (1941): Chronologie des Eiszeitalters. – Abh. Dtsch. Ges. d. Wiss. u. Künste in Prag, math.-naturwiss. Abt., **5**, 29 S., Prag 1941.

Ståhlberg, N. (1923): Några undersökningar över Vättergyttjans beskaffenhet. – Skrifter utgivna av Södra Sveriges Fiskeriförening, Lund 1923 (nach Lundquist, 1927).

Suchlandt, O. (1922): Beitrag zur Kenntnis der Periodizität des Phytoplanktons. – Archiv f. Hydrobiol., **13**, 754–760, Stuttgart 1922.

Troels-Smith, J. (1955): Pollenanalytische Untersuchungen zu einigen Schweizerischen Pfahlbauproblemen. – Monogr. z. Ur- u. Frühgesch. d. Schweiz, **11**, 11–58, Basel 1955.

Troll, K. (1924): Das Inn- und Chiemsee-Vorland. – 1. Mitt. Geogr. Ges. München, **17**, 1–44, München 1924. 2. Landeskundl. Forschungen, **26**, 44 S., München 1924.

– (1924/25): Der diluviale Inn-Chiemsee-Gletscher. – Forschg. z. dtsch. Landes- u. Volkskde., **23**, 1, 1–121, Stuttgart 1924/25.

– (1925 a): Methoden, Ergebnisse u. Ausblicke der geochronologischen Eiszeitforschung. – Die Naturwissenschaften, **13**, 45, 909–919, Berlin 1925.

– (1925 b): Die Rückzugsstadien der Würmeiszeit im nördlichen Vorland der Alpen. – Mitt. Geogr. Ges. München, **18**, 281–292, München 1925.

– (1936): Die sogenannte Vorrückungsphase der Würm-Eiszeit und der Eiszerfall bei ihrem Rückgang. – Mitt. Geogr. Ges. München, **29**, 1–38, München 1936.

– (1937): Die jungeiszeitlichen Ablagerungen des Loisach-Vorlandes in Oberbayern. – Geol. Rundschau, **28**, 599–611, Stuttgart 1937.

Vareschi, V. (1935): Pollenanalysen aus Gletschereis. – Ber. Geobot. Inst. Rübel in Zürich, f. **1934**, 81–99, Zürich 1935.

Vierke, M. (1937): Die ostpommerschen Bändertone als Zeitmarken und Klimazeugen. – 1. Abh. geol.-palaeont. Inst. Univ. Greifswald, **18**, 1–34, Greifswald 1937. 2. Beih. Zeitschr. f. Geschiebeforsch. u. Flachlandsgeol., **14**, 34 S., Frankfurt/Oder 1937.

Voigt, E. (1937): Die Konservierung geologischer u. bodenkundlicher Profile mit Hilfe der Lackfilmmethode (16 mm Schmalfilm). Zu dem Hochschulfilm C 236. – Veröff. d. Reichsstelle f. Unterrichtsfilm, 11 S., Halle 1937.

Wagner, A. (1940): Klimaänderungen und Klimaschwankungen. – Die Wissenschaft, **92**, 221 S., Braunschweig 1940.

WASMUND, E. (1927): Zur Postglazialgeschichte des Würmseegebiets. – Verh. Intern. Verein. f. theor. u. angew. Limnologie, **3**, II. 474–476, Stuttgart 1927.
– (1930): Lakustrische Unterwasserböden. – Handb. d. Bodenlehre, **5**, 97–189, Berlin 1930.
– (1931): Pollenregen auf ostholsteinischen Seen und seine Bedeutung für die Pollenanalyse. – Centralbl. f. Min., Geol. u. Paläont., **1931**, B, 602–616 u. 637–648, Stuttgart 1931.
WELLS, R. C. (1923): Flocculation of Colloids. – Report Com. on Sedimentation, Apr. 18, 50–52, 1923, (nach Fraser, 1929).
WELTEN, M. (1944): Pollenanalytische, stratigraphische und geochronologische Untersuchungen aus dem Faulenseemoos bei Spiez. – Veröff. Geobot. Inst. Rübel in Zürich, **21**, 201 S., Bern 1944.
– (1952): Über die spät- und postglaziale Vegetationsgeschichte des Simmentales. – Veröff. Geobot. Inst. Rübel in Zürich, **26**, 135 S., Bern u. Stuttgart 1952.
WOLONSKY, D. (1933): Untersuchungen über die Sedimentationsverhältnisse des Schwarzen Meeres und ihre Anwendung auf das nordkaukasische Erdölgebiet. – Geol. Rundschau, **24**, 397–410, Berlin 1933.
WOLDSTEDT, P. (1954–1958): Das Eiszeitalter. I. 374 S., Stuttgart 1954[2]. II. 438 S., Stuttgart 1958[2].
ZAGWIJN, W. H. (1952): Pollenanalytische Untersuchung einer spätglazialen Seeablagerung aus Tirol. – Geol. en Mijnbouw, Nw. Ser., **14**, 235–239, Gravenhage 1952.
ZEUNER, F. (1938): Die Chronologie des Pleistozäns. – Bull. Acad. Sc. Math. et Nat., Serbe, B, **4**, 1–80, Belgrad 1938.
– (1948): Recent work on Chronology. – (In: Dating the Past), The Advancem. of Science, **4**, 16, 333–335, London 1948.
– (1958): Dating the Past. – 516 S., London 1958[4].
– (1959): The Pleistocene Period. – 447 S., London 1959.

ANHANG

ERLÄUTERUNG ZU DEN TABELLEN

Tab. 1 **Warwenmächtigkeiten – Rosenheimer Becken – Abschnitt K:** Mächtigkeit in mm. Bei den kursiven Ziffern erscheint die Warwenmächtigkeit auf Grund von undeutlichem Schichtenaufbau und Störungen nicht ganz sicher. Hintergesetzte Klammern oder Brüche weisen auf die mögliche Korrektur – durch Vereinigung oder Aufgliederung der ausgezählten Tonbänder – hin. Schlangenlinie bezeichnet gestörte Lagerung. Bei Fragezeichen ist die Anzahl der Warwen nicht ganz sicher. Die hintergesetzte Balken-Linie steht bei jenen Werten, die für die Hauptzeitskala verwendet worden sind und auch weiteren Berechnungen zugrunde liegen. Vgl. Taf. 10.

Tab. 2 **Warwenmächtigkeiten – Rosenheimer Becken – Abschnitt L:** Siehe oben, zu Tab. 1. Vgl. Taf. 11.

Tab. 3 **Warwenmächtigkeiten – Rosenheimer Becken – Abschnitt R:** Siehe oben, zu Tab. 1. Vgl. Taf. 12.

Tab. 4 **Feinschichtung Fluviogener Warwen – Rosenheimer Becken – Abschnitt L:** Mächtigkeit in mm. Die Werte mit hintergesetzten Linien beziehen sich auf die Winterablagerung, alle anderen auf die Sommersedimentation.

Tab. 5 **Häufigkeitsverteilung der Warwenmächtigkeiten – Rosenheimer Becken:** In diesen Tabellen ist die Anzahl der Warwen mit Mächtigkeiten nach bestimmten Gruppen (1–4, 5–8 usw.) innerhalb eines 30jährigen Zeitintervalls wiedergegeben. Kursiv gesetzte Werte sind auf Grund fehlender Warwen in dem entsprechenden Zeitintervall nach prozentuellen Anteilen ergänzt und daher nicht ganz sicher. Vgl. Taf. 9.

Tab. 6 **$CaCO_3$-Analysen – Rosenheimer Becken:** Die Schichtzählung bei der Unterteilung der Warwen erfolgt vom Liegenden zum Hangenden. Vgl. Taf. 7 b.

Tab. 7 **$CaCO_3$-Analysen – Rosenheimer Becken:** Die Schichtzählung erfolgt vom Liegenden zum Hangenden. Die Bruchzahlen hinter der Schichtnummer weisen bei homogenem Material auf eine weitere, gleichabständige Untergliederung hin; der Nenner nimmt dabei Bezug auf die Anzahl der Unterteilungen, der Zähler auf die Nummer (z. B. 3 $^4/_8$ = Schicht 3 ist 8mal gleichabständig geteilt, die vierte Unterteilung ist hier speziell angesprochen). Vgl. Taf. 8.

ERLÄUTERUNG ZU DEN FIGUREN

Fig. 1 **Inn-Chiemsee-Gletscher:** Grundlage ist die Darstellung von Troll, 1924/25, 32.

Fig. 2 **Situation der Tonlager In und Ha** – Staustufe Rosenheim und Ziegelei Hamberger: Als Grundlage dienten die Positionsblätter 765 und 789, das Gradabteilungsblatt 8138 und der Lageplan BJ-41070 der Innwerk-AG, Töging.

Fig. 3 **Situation der Kastenprofile bei Tonlager In** – Innstaustufe Rosenheim: Die Vertikaldarstellung ist in natürlichem Maßstab. Die Überlappung der Kastenprofile kommt deutlich zum Ausdruck.

Fig. 4 **Warwenprofile – Entwicklung:**
a) Bei Gletscherstillstand sind die Warwen gleichmäßig dick. Sie wirken dunkel, da die Winterschicht überwiegt.
b) Bei mittlerem, gleichmäßigem Gletscher-Rückgang werden die Warwen nach oben dünner und auch dunkler. Die Sommerschicht wird dünner, die Winterschicht relativ dicker.
c) Bei schnellem Gletscherrückgang werden die dicken Warwen rasch dünner. Wegen der mächtigen Sommerschicht wirken sie hell.
d) Beim Gletschervorstoß werden die Warwen dicker und heller.

Fig. 5 **Warwogramm – Entwicklung:** Grundlage ist die Darstellung bei G. de Geer, 1940, 25.
a) Ein natürliches Warwenprofil eines sich zurückziehenden Gletschers.
b) u. c) Aus dem Warwenprofil abgeleitete Diagrammdarstellung.
d) Durch Kompression der Vertikalabstände wird das Diagramm besser lesbar.
e) Beispiel einer diagrammatischen Konnektion.
f) Durch Schwenken des Vertikalprofils in die horizontale Lage liegt, nach der de Geer'schen Methode, das Jüngste links und das Älteste rechts!

Fig. 6 **Molasseaufragung – Staustufe Rosenheim:** Die Darstellung ist im natürlichen Maßstab gefertigt. Bei den unterbrochenen Linien ist der Verlauf der Isohypsen nicht eindeutig belegt. Grundlage sind Tiefbohrungen der Innwerk-AG.

Fig. 7 **Vertikalprofil der Bändertonlager im Rosenheimer Becken:** Der Horizontalmaßstab ist willkürlich, der Vertikalmaßstab natürlich. Grundlage für die Höhenwerte im Bereich der Staustufe sind Tiefbohrungen der Innwerk-AG, im Bereich der Ziegeleigrube Hamberger eigene barometrische Höhenmessungen.

ERLÄUTERUNG ZU DEN TAFELN

Taf. 1 Abb. 1
Ziegeleigrube Hamberger, Tonlager Ha: Über die Situation vgl. Fig. 2.
(Aufn. W. Schumann, 1965)

Abb. 2
Baugrube der Innstaustufe Rosenheim, Tonlager In: Über die Situation vgl. Fig. 2. Nach Ablenkung des Inns wurden mächtige Bändertonlager freigelegt.
(Aufn. W. Schumann, 1958)

Abb. 3
Kasten zur Bänderton-Entnahme: Der Kasten besteht aus verzinktem Eisenblech mit den Ausmaßen 50 × 10 × 5 cm. Im Kastenboden ist ein kleines Loch eingestanzt. Der Deckel ist aus 0,5 mm starkem, verzinktem Eisenblech gefertigt.
(Aufn. Foto Konwitschny, Dachau)

Taf. 2 Abb. 1
Einbringen eines Entnahmekastens: Der Kasten wird mit Hilfe eines Hartgummihammers in die geglättete Tonwand eingeschlagen.
(Aufn. W. Schumann, 1959)

Abb. 2
Herausschneiden eines Entnahmekastens: Der Profilkasten wird allseits aus der Tonwand herausgeschnitten.
(Aufn. E. Schumann, 1959)

Abb. 3
Überlappung von Entnahmekästen: Die durch kleine Hölzer gekennzeichnete Linie zeigt das Maß der Überlappung.
(Aufn. W. Schumann, 1958)

Taf. 3 Abb. 1
Überlappung von Entnahmekästen: Tonlager Ti – Ziegeleigrube Tiefenthaler; Beispiel an einem mehr oder weniger steil geneigten Hang.
(Aufn. W. Schumann, 1958)

Abb. 2
Warwentone bei Uppsala/Schweden: Die Tone sind im Anstehenden warwologisch gut lesbar.
(Aufn. W. Schumann, 1960)

Abb. 3
Warwentone bei Rosenheim/Obb.: Tonlager In – Innstaustufe Rosenheim. Die Tone sind im Anstehenden warwologisch nicht lesbar und bedürfen erst einer Präparation zum Zwecke der Lesbarkeit.
(Aufn. W. Schumann, 1959)

Taf. 4 Abb. 1
Präparierte Warwentone – Rosenheimer Becken:
Tonlager In – Staustufe Rosenheim.
a) langsam getrocknet: gutes Streifenbild,
b) staubtrocken: warwologisch nicht lesbar,
c) angefeuchtet: vorübergehend gutes Streifenbild,
d) lackiert: gutes, farbumgekehrtes Streifenbild.
(Aufn. W. Schumann)

Abb. 2
Detailaufnahme präparierter Warwentone – Rosenheimer Becken: Aus Kasten In 6 (langsam getrocknet). Die Striche links zeigen die Begrenzung der Jahreswarwen.
(Aufn. W. Schumann)

Taf. 5 **Geologisches Profil entlang des Inn-Flusses:** Grundlage sind die in Akt „Untergrundbohrungen am oberen Inn" niedergelegten Bohrergebnisse der Innwerk-AG. Die Situation der Tiefbohrungen auf Taf. 5 ist beim Grundriß des Inns lagegerecht. Für das geologische Profil wurden die Bohrörter vom Grundriß herabgelotet; die sich dabei ergebende Verzerrung ist für den Gesamteindruck ohne Belang.

Taf. 6 **Abbildungen der ausgezählten Warwenprofile:**
6 a
Warwenprofile – Innstaustufe Rosenheim – Abschnitt K:
Die Profile sind auf die Hälfte verkleinert (Aufn. W. Schumann). Vgl. Tab. 1.
6 b
Warwenprofile – Innstaustufe Rosenheim – Abschnitt L:
Siehe oben; vgl. Tab. 2.
6 c
Warwenprofile – Ziegeleigrube Hamberger – Abschnitt R:
Siehe oben; vgl. Tab. 3.

Taf. 7 a) **$CaCO_3$-Anteil der Warwen –769 bis –757, Uppsala-Region:** Grundlage ist die Darstellung bei Arrhenius, 1947, S. 12. Die Winterablagerung ist punktiert dargestellt.
b) **$CaCO_3$-Anteil der Warwen K-205 bis K-202, Rosenheimer Becken:** Die Winterablagerung ist punktiert dargestellt. Die horizontalen Striche zeigen Anzahl und Ergebnis, die kleinen Kreise die Mittelwerte der Analysen. Vgl. Tab. 6.

Taf. 8 **$CaCO_3$-Anteil der Warwen L239 bis L247, Rosenheimer Becken:** Die Winterablagerung ist punktiert dargestellt. Die horizontalen Striche zeigen Anzahl und Ergebnis, die kleinen Kreise die Mittelwerte der Analysen. Vgl. Tab. 7.

Taf. 9 **Häufigkeitsverteilung der Warwenmächtigkeiten:** Im schraffierten Bereich ist die Warwenzahl entsprechend dem Zeitintervall vollständig; bei den starken Linien ist bis zu einem Drittel, bei den dünnen Linien mehr als ein Drittel der Warwenzahl durch Interpolation ergänzt. Aus Gründen besonderer Übersichtlichkeit wurden die Mächtigkeitsgruppen von 1–8 und 9–64 mm zusätzlich dargestellt. Vgl. Tab. 5.

Taf. 10 **Warwogramm – Rosenheimer Becken – Abschnitt K:** Um das Diagramm auch nach zukünftigen Korrekturen genau ansprechen zu können, wurde Verfassername und Jahreszahl (Schumann 1964) in der Überschrift besonders hervorgehoben. Die Warwen sind in natürlicher Größe, mit üblichem Abstand von ½ cm dargestellt. Bei dicken Linien ist der Kurvenverlauf gesichert, bei dünnen unsicher. Schlangenlinien bezeichnen gestörte Lagerung. Fragezeichen vermerken eine Unsicherheit in der Anzahl der Warwen. Bei der „Konnektionsart" weisen besondere Signaturen hin, worauf sich die Verknüpfung stützt: Doppellinie = Schichtenaufbau, Kreis = Kornverteilung und -anordnung, Punkt im Kreis = Farbgebung, Zackenlinie = diagrammatische Verknüpfung. Die Meterzahlen nennen die Entfernung zwischen den konnektierten Profilteilen. Vgl. Tab. 1.

Taf. 11 **Warwogramm – Rosenheimer Becken – Abschnitt L:** Siehe oben, zu Taf. 10. Vgl. Tab. 2.

Taf. 12 **Warwogramm – Rosenheimer Becken – Abschnitt R:** Siehe oben, zu Taf. 10. Vgl. Tab. 3.

Taf. 13 **Pollendiagramme – Rosenheimer Becken:** Die Darstellungen a bis d wurden Paul-Ruoff, 1927 (S. 31, 36, 38, 61), Darstellung e Firbas, 1949 (S. 375) entnommen.

Taf. 14 **Alpine Telekonnektion G. de Geers:** Darstellung a wurde de Geer, 1934 b (Taf. 1), entnommen. (Die Darstellung ist 1934 publiziert worden, aber mit 1932 signiert.) Die alpinen Diagramme von Immenstadt (Alp. I) und Genf (Alp. G) sind durch Pfeile gekennzeichnet. Tafel 14 b wurde de Geer, 1940 (Taf. 90), entnommen. Die Alpenkonnektion ist in der dritten Zeile von oben (Alperna) dargestellt. Tafel 14 c wurde de Geer, 1942 (S. 2) entnommen.

TABELLEN

Warwenmächtigkeiten – Rosenheimer Becken – Abschnitt K

Jahr	In 1	In 2	In 18
225			
	9		
	6		
	7		
	12		
220	9		
	3		
	4		
	14		
	35 14/21		
215	29		
	4 } 10		
	6		
	7 } 10		
	3		
210	29		
	36 35/1		
	17		
	7		
	6		
205	2		
	30 13/17		
	15		
	12		
	4		
200	3		
	9		
	2		
	17		
	11 } 16		
195	5		
	5		
	9		
	16		
	5		
190	11		
	4		
	21	21	
	8	8	
	13 12/1	13 12/1	
185		35	
		17	
		12 } 48	7 } 46
		36	39
		7	6
180		2	2
		7	7
		3	4
		3	3
		19	18

Jahr	In 2	In 18	In 17
175	3	4	
	20	20	
	3	3	
	2	2	
	33	34	
170	2	1	
	13	14	
	9 8/1	11 9/2	
	9	9	
		59 26/33	
165		13	
		12	
		14 } 17	
		3	
		7	
160		24	
		10	
		5	
		28	
		3	
155		18	
		7	
		4	
		4	
		2	
150		11	7
		8	5
		19 9/10	16 5/11
		3	1
		6	7
145		3	5
		2	2
		11	11
		1	1
			24
140			10
			5
			35
			11
			9 6/3
135			12
			4
			7 } 19
			12
			10
130			18 5/13
			8
			6
			11
			18

Jahr	In 17	In 16
125	19	
	13	
	10	
	13	
	8	
120	22	
	10 5/5	
	6	
	3	
	2	
115	6	
	17	
	10	8
	7	7
	19	17
110	9	8
	7	8
	5	6
	7	7
		2 } 4
105		2
		3
		3
		6
		10
100		3
		5
		5
		2
		1 } 2
95		1
		6
		2
		1
		1
90		4
		3
		5
		4
		1
85		2
		2
		3
		2
		3
80		4
		2
		6
		5
		1

Jahr	In 16
75	1
	2
	5 2/3
	9
	4
70	3
	7
	7
	5 } 17
	12
65	4
	4
	2
	3
	3
60	2
	2
	11
	17
	8
55	3
	10
	8
	11
	5
50	6
	8
	2 } 3
	1
	8
45	2
	3
	9
	4
	3
40	11
	5
	5
	4
	3
35	7
	2
	2
	2
	1
30	1
	9
	3
	2
	5

Jahr	In 16	In 15
25	3	
	9 } 13	4 }
	4	
	6	4
	3	4
20	2	2
	5	6
	4	4
	4	3
	1	1
15	5	7
	3	5
	3	2
	2	1
	2	1
10	2	1
		7
		3
		4
		2
5		4
		3
		1
		2
		11
±0		4
		4
		7
		2
		10
– 5		6
		3
		4
		2
		7
–10		3
		3
		2
		4 } 7
		3
–15		2
		2
		3
		2
		6
–20		8
		4
		3
		4
		10

Tab. 1, 1. Teil

Warwenmächtigkeiten – Rosenheimer Becken – Abschnitt K

Jahr	In 15	In 14
−25	10	
	7	
	5	
	7	
	4	
−30	3	
	3	
	5	
	5	
	11	
−35		
−40	?	
−45		
	2	
	5	
	2	
−50	3	
	?	
	3	
	2	
	2	
−55		
−60	?	?
−65		
−70		4
		3
		5
		4

Jahr	In 14	In 13
−75		
	?	
	14	
	7	
−80	7	
	9	
	11	
	11	
	13	
−85	6	
	?	
	7	
	5	
	5	
−90	12	
	?	
	12	
	6	
	9	
−95	5	
	5	
	7	
	6	
	6	
−100	10	
	8	
	9	?
−105		
−110		9
		6
		9
		7
		4
−115		7
		5
		4
		13
		8
−120		
		?
		4
		3

Jahr	In 13	In 12	In 11
−125	5		
	4		
	8		
−130	?		
−135	27		
	7		
	11		
	8	5/3	
	6	?	
−140	6		
	28		
	8	4	
	17	6	
	7	7	
−145		6	
		7	
		7	
		8	
		8	
−150		24	
		4	
		5	
		6	
		6	
−155		9	
		4	
		9	
		5	
		11	
−160		13	
		37	
		12	
		8	
		5	
−165		5	
		4	
		3	
		6	
		55	
−170		6	16
		14	9
		12	4
		4	7
		4	10

Jahr	In 12	In 11
−175	10	15
	8	13
	2	3
	2	4
	3	7
−180	5	
		?
	?	
		4
		3
−185		2
−190		?
		30
		11
−195		7
		9
−200		?
		3
		4
−205		10
		4

Tab. 1, 2. Teil

Warwenmächtigkeiten – Rosenheimer Becken – Abschnitt L

Jahr	In 3	In 4
285	3	
	14	
	20	
	11	} 31
	3	
280	3	
	6	
	27	
	24	
	12	
275	16	
	2	
	11	
	5	
	17	
270	1	
	2	
	7	
	27	
	9	
265	5	} 33
	28	
	16	
	22	
	18	
260	12	
	8	
	23	
	30	
	6	6
255	13	13
	23	24
	9	9
	6	6
	25	27
250		11
		4
		38
		22
		34
245		23
		30
		11
		11
		23
240		19
		19
		4
		16
		28

Jahr	In 4	In 5	In 6
235	34	34	
	6	8	
	32 21/11	33 21/12	
	11	12	
		8 } 20	
230		5	
		4	
		15	
		4	
		6 } 10	
225		10	
		10	
		3	
		14	
		17	
220		2	
		21	
		12	
		9	
		20	
215		7	
		5	
		4	
		11	
		10	
210		2	
		1	
		3	
		2	
		2	
205		13	
		5	
		2	
		4	
		2	
200		3	
		6	
		4	
		4	
		4	3
195		1	1
		3	3
		7	7
		3	3
		2	2
190		10	10
		4	4
		2	1
		2	3
		1 } 3	1 } 3

Jahr	In 5	In 6	In 10
185	2 } 3	2 } 3	
	1	1	
	3	3	
	4 1/3	4 2/2	
	5	5	
180	3	2	
	1	2	
	8	8	
	2	1	2
	2	2	2
175	2	2	2
	6	5	5
	3	2	2
	8	9	9
	5	4	4
170	5	5	6
	2	3	3
	2	2	2
	1	1	1
	5	4	4
165	2 1/1	3 2/1	3 2/1
	1	1	1
	9	9	9
	7 2/5	7 2/5	7 2/5
		11	11
160		2	2
		2	2
		4	4
		4	5
		5	5
155		4	4
		6	7
		2	2
		2	3
		2	2
150		4	3
		5	6
		4	4
		14 } 16	14 } 16
		2	2
145		6	5
		2	2
		2	2
		5	4
		6	6
140		12	12
		1	1
		2	3
		5	5
		3	2

Tab. 2, 1. Teil

Warwenmächtigkeiten – Rosenheimer Becken – Abschnitt L

Jahr	In 6	In 10	In 7
135	17	17	
	9	8	
	4	4	
	6	6	
	15	15	
130	3	2	
	2	2	
	4	4	
	6	5	
	15 2/13	15 2/13	
125	5	5	
	6	5	
	10	9	
	7	7	
	7 1/6	6 1/5	
120	8	8	
	15	15	
	2	2	
	1	2	
	13	12	
115	3	2	
	9	8	
	23	23	
	2	1	
	8 1/7	8 1/7	
110	6	5	5
	8	9	8
	18	19	18
	3	2	3
	2	3	2
105		3	4
		10 } 20	10 } 21
		10 }	11 }
		16	17
		4	4
100		2 } 3	3 } 5
		1 }	2 }
		5	4
		6 2/4	7 2/5
			19
95			11
			16
			3
			10
			10
90			1
			17
			11
			3
			5

Jahr	In 7	In 8	In 9
85	4		
	6		
	17		
	4		
	5		
80	8		
	11		
	8		
	3		
	10		
75	11		
	16 } 40		
	24 }		
	28		
	25		
70	13		
	4		
	9		
	16 7/9	16 6/10	
	4	4	
65	10	10	
	2	2	
	15	16	
		25	
		31	
60		20	
		2	
		9	
		22	
		4	
55		14	
		11	
		23	
		27 19/8	
		4	
50		34	
		9	
		25	
		3	
		3 } 7	
45		4 }	
		9	
		24 } 27	
		3 }	
		5	
40		19	
		19	
		3	3
		11 3/8	12 3/9
		15	15

Jahr	In 8	In 9
35	5	4
	5	5
	28	29
	12	12
		15
30		3
		23 15/8
		18
		1 } 4
		3 }
25		11
		22
		6
		2
		4
20		18 1/17
		7
		13
		3 } 6
		3 }
15		15
		20
		22
		15
		10
10		8
		8
		5
		4
		23
5		7
		17
		7
		5
		29
±0		7
		27 16/11
− 2		3

Tab. 2, 2. Teil

Warwenmächtigkeiten – Rosenheimer Becken – Abschnitt R

Jahr	Ha 9
	2
	6
105	11
	9
	3
	8
	3
100	6
	4
	4
	5
	7
95	8
	6
	7
	3
	10 3/7
90	6
	4
	4
	3
	3
85	2
	4
	2
	2
	1
80	2
	2
	6
	3
	2
75	2
	2
	1
	4 2/2
	1
70	7 3/4
	2
	3
	1 } 2
	1
65	2
	2
	4
	3
	4

Jahr	Ha 9	Ha 8
60	1	
	1	
	1	
	2	
	2	
55	1	
	2	
	1	
	1 } 3	
	2 }	
50	3	
	2	
	5	
	2	
	5	
45	6	
	2	
	2	
	7	
	4	3
40	1	1
	9	8
	1	1
	1	1
	2	2
35	7	5
	3	2
	2	2
	9	6
	3	3
30	11 } 12	8
	7	8
	4	4
	13	12
	3	2
25	2	2
	5	5
	11 } 12	10 } 12
	1 }	2 }
	2	2
20	9	8
	8	7
	3	3
	14	12
	6	5
15	9	9
	9	10
	8	9
	5	5
	4 2/2	5 2/3

Jahr	Ha 9	Ha 8	Ha 6
10	6	9	
	2	2	
		3	
		4	
		7 4/3	
5		2	
		4	
		4	
		8	
		12	
±0		11	
		?	
− 5		5	
		8	
		5	
		10	
		4	
−10		4	
		5	
		6	
		3	3
			9
−15			5
			6
		?	4
			5
			4
−20			2
			9
		3	3
		4	4
		2	2
−25		3	4
		3	3
		8	9
		4	5
		2	3
−30		3	3
		4	5
		2	2
		4	5
		2 } 3	1 } 2
		1 }	1 }
−35		1	2
		3	3
		7	9
		2	3

Jahr	Ha 8	Ha 6
−40	4	5
	1	1
	2	2
	3	4
	2	3
−45	5	8
	4	5
	6	6
	1	1
	1	1
−50	2	4
	2	3
	3	3
	2	2
	3	3
−55	2	2
	1	2
	2 } 5	3 } 7
	3 }	4 }
	2	2
−60	7	10
	4	5
	6	9
	8	10
		7
−65		3
		9
		6
		3
		6 } 14
−70		8 }
		3
		2
		1
		5
−75		14
		7
		3
		7
		6
−80		5
		20
		2
		13
−84		8

Tab. 3

Feinschichtung Fluviogener Warwen – Rosenheimer Becken – Abschnitt L

Warw	250		252		254		256		258		260		262		264		266	
	0,5	0,8	0,2	0,8	0,5	1,0	0,4	0,2	0,4	0,3	1,0	0,5	0,3	0,1	0,1	0,1	0,5	0,2
	0,3	0,2	0,4	0,2	0,5	8,0	0,1	2,8	0,2	0,7	0,8	2,5	1,0	0,3	0,8	0,4	4,0	0,2
	0,2	8,0	1,0	2,0	4,0	4,0	1,5	2,0	0,4	7,0	0,2	5,0	12,0	0,6	0,1	0,2	1,0	0,6
	1,0	15,0	0,1	0,1	3,5		2,0	2,0	3,0		6,0	6,0	3,0	4,0	1,0	0,1	3,5	2,0
	0,2	0,2	2,0	0,4	3,5		1,5	7,0	1,0		4,0	4,0	4,0	2,0	1,5	0,2		1,0
	0,8	0,1	0,1	3,0	10,5		0,2	6,0	3,0				1,7	2,0	3,0	1,0		0,1
	1,0	0,2	0,5	2,5	1,5		0,3	10,0	14,0					2,0	7,0	0,2		0,8
	3,5	2,5	0,2						1,0					3,5	0,5	0,5		0,1
	1,0		1,5											1,5	0,5	0,3		3,0
	2,5														7,0	2,0		17,0
															0,5			2,0
															6,0			

Tab. 4, 1. Teil

Feinschichtung Fluviogener Warwen – Rosenheimer Becken – Abschnitt L

Warw	268		270		272		274		276		278		280		282		284	
	0,5	0,2	0,2	0,5	0,1	0,3	0,5	0,2	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	0,1	0,5	0,1	0,5	0,1
	5,0	1,0	0,1	0,2	1,0	0,2	0,2	0,6	0,3	0,2	1,5	2,0	0,8	1,0	1,5	0,5	1,0	0,5
	1,5	0,8	0,7	0,1	0,5	6,0	1,0	0,2	0,1	0,8	2,0	1,5	0,2	0,2	2,0	0,1	1,5	0,5
				0,2	1,5	1,5	0,1	1,0	0,1	3,0	5,0	1,5	1,0	0,5	5,0	4,0	3,5	0,1
				2,0	0,5	2,0	0,2	14,0	1,0	11,0	12,0			1,2	2,0	1,0	3,5	0,5
				4,0	1,4	1,0			1,0	2,5	4,0					10,0	2,0	1,0
				3,0					2,0	2,0	1,5					2,0	2,0	0,3
				7,0					7,0	1,0						0,1		
										3,0						0,5		
																0,1		
																1,5		

Tab. 4, 2. Teil

Feinschichtung Fluviogener Warwen – Rosenheimer Becken – Abschnitt L

Warw	127		129		131		133		135		137	
	0,2	0,2	0,5	0,3	0,5	0,8	0,3	0,1	1,5	1,4	1,0	1,0
	1,3	0,7	0,5	0,5	2,0	0,2	0,2	0,2	1,0	0,2	3,2	0,4
	0,2	0,2	0,4	1,2	0,3	5,0	1,3	4,2	0,3	0,1	0,2	1,6
	0,1	0,1	0,6		6,5		0,2	3,5	0,2	0,1	0,6	
	2,6	1,0			5,0		2,0		7,0	0,2		
	0,1	1,8			0,2				4,0			
	0,5				0,5				3,0			

Tab. 4, 3. Teil

Feinschichtung Fluviogener Warwen – Rosenheimer Becken – Abschnitt L

Warw	232		234		236		238		240		242		244		246		248	
	0,2	0,1	0,5	0,8	0,2	0,2	0,8	0,5	0,4	0,2	0,5	0,2	0,3	0,2	0,2	1,0	0,2	0,3
	0,3	0,4	1,0	0,2	0,4	0,6	1,0	0,3	0,3	0,3	0,5	0,2	1,5	0,1	0,5	0,3	0,3	0,2
	0,3	0,2	4,5	1,3	0,7	0,2	0,2	0,5	0,5	1,5	0,8	0,2	8,0	0,2	1,0	15,0	37,5	0,2
	6,0	22,0		6,5	0,2	2,0	1,0	0,7	0,3	1,0	0,2	6,4	1,0	0,3	0,5	0,7		0,8
	0,2	0,1		0,2	3,5	13,0	1,0	17,0	1,0	1,0	1,0	1,0	13,0	1,2	1,2	2,3		0,2
	4,0	0,6		5,0	23,0				14,0	0,7	1,0	3,0	0,2	20,0	0,4	0,2		2,3
		0,1		15,0					0,4	12,0	2,5		1,0	0,5	1,5	2,0		
		1,3		5,0					0,1	0,3	1,0		4,5	0,5	0,7	0,3		
		0,2							1,8	3,0	1,0		0,5		2,0	0,2		
		7,0							0,2	3,0	2,5				0,5			
															2,0			
															12,0			
															1,0			
															1,0			
															2,0			
															2,0			
															3,0			
															2,5			

Tab. 4, 4. Teil

Häufigkeitsverteilung der Warwenmächtigkeiten – Rosenheimer Becken – Abschnitt K

Zeitintervall	Warwenmächtigkeit mm							
	1–4	5–8	9–16	17–32	33–64		1–8	9–64
195 – 224	8	7	8	5	2		15	15
185 – 214	7	8	8	5	2		15	15
175 – 204	8	6	9	5	2		14	16
165 – 194	8	5	9	4	4		13	17
155 – 184	9	4	8	6	3		13	17
145 – 174	10	5	8	5	2		15	15
135 – 164	9	6	9	5	1		15	15
125 – 154	8	7	9	5	1		15	15
115 – 144	5	7	12	5	1		12	18
105 – 134	5	12	7	6			17	13
95 – 124	10	12	5	3			22	8
85 – 114	16	11	1	2			27	3
75 – 104	22	7	1				29	1
65 – 94	20	8	2				28	2
55 – 84	19	7	3	1			26	4
45 – 74	14	10	5	1			24	6
35 – 64	15	9	5	1			24	6
25 – 54	16	9	5				25	5
15 – 44	19	7	4				26	4
5 – 34	23	5	2				28	2
−5 – +24	21	6	3				27	3
−15 – +14	24	4	2				28	2
−25 – + 4	21	5	4				26	4
−35 – −6	18+ *1*	8	3				*27*	3
−45 – −16	9+ *6*	7+ *4*	3+ *1*				*26*	*4*
−55 – −26	9+ *8*	6+ *5*	1+ *1*				*28*	*2*
−65 – −36	6+*18*	1+ *3*	*2*				*28*	*2*
−75 – −46	9+*14*	2+ *3*	*2*				*28*	*2*
−85 – −56	3+ *5*	4+ *6*	5+ *7*				*18*	*12*
−95 – −66	3+ *1*	9+ *5*	8+ *4*				*18*	*12*
−105 – −76	*1*	13+ *3*	10+ *3*				*17*	*13*
−115 – −86	1+ *1*	13+ *5*	7+ *3*				*20*	*10*
−125 – −96	4+ *2*	11+ *5*	5+ *3*				*22*	*8*
−135 – −106	5+ *4*	7+ *7*	3+ *2*	1+ *1*			*23*	*7*
−145 – −116	4+ *2*	11+ *6*	2+ *1*	3+ *1*			*23*	*7*
−155 – −126	2+ *1*	15+ *4*	2+ *1*	4+ *1*			*22*	*8*
−165 – −136	2	18	6	3	1		20	10
−175 – −146	5	14	8	1	2		19	11
−185 – −156	9	9+ *1*	8	*1*	2		*19*	*11*
−195 – −166	8+ *3*	6+ *2*	5+ *2*	1+ *1*	1+ *1*		*19*	*11*
−205 – −176	7+ *7*	3+ *3*	4+ *4*	1+ *1*			*20*	*10*

Tab. 5, 1. Teil

Häufigkeitsverteilung der Warwenmächtigkeiten – Rosenheimer Becken – Abschnitt L

Zeitintervall	Warwenmächtigkeit mm 1–4	5–8	9–16	17–32	33–64		1–8	9–64
256 – 285	6	6	8	10			12	18
246 – 275	4	6	8	10	2		10	20
236 – 265	2	4	8	14	2		6	24
226 – 255	4	5	8	9	4		9	21
216 – 245	5	4	10	9	2		9	21
206 – 235	10	6	9	3	2		16	14
196 – 225	15	4	8	3			19	11
186 – 215	21	5	4				26	4
176 – 205	23	5	2				28	2
166 – 195	23	5	2				28	2
156 – 185	21	6	3				27	3
146 – 175	20	6	4				26	4
136 – 165	18	8	4				26	4
126 – 155	16	8	5	1			24	6
116 – 145	11	11	7	1			22	8
106 – 135	10	10	7	3			20	10
96 – 125	11	9	6	4			20	10
86 – 115	12	5	8	5			17	13
76 – 105	11	6	9	4			17	13
66 – 95	8	5	12	5			13	17
56 – 85	8	4	10	8			12	18
46 – 75	8		11	10	1		8	22
36 – 65	9	1	9	10	1		10	20
26 – 55	10	2	8	9	1		12	18
16 – 45	11	4	7	8			15	15
6 – 35	9	6	7	8			15	15
–2 (–4)– 25	6	9+ *1*	5	8+ *1*			*16*	*14*

Tab. 5, 2. Teil

Häufigkeitsverteilung der Warwenmächtigkeiten – Rosenheimer Becken – Abschnitt R

Zeitintervall	Warwenmächtigkeit mm 1–4	5–8	9–16	17–32		1–8	9–64
78 – 107	17	10	3			27	3
68 – 97	21	8	1			29	1
58 – 87	28	2				30	
48 – 77	28	2				30	
38 – 67	25	5				30	
28 – 57	21	9				30	
18 – 47	17	11	2			28	2
8 – 37	13	10	7			23	7
–2 – 27	11+*1*	8+*1*	9			*21*	9
–12 – 17	8+*1*	10+*2*	8+*1*			*21*	*9*
–22 – + 7	11+*2*	10+*1*	5+*1*			*24*	*6*
–32 – –3	14+*1*	10+*1*	4			*26*	4
–42 – –13	19	7	4			26	4
–52 – –23	21	7	2			28	2
–62 – –33	21	6	3			27	3
–72 – –43	18	8	4			26	4
–82 – –53	14	10	5	1		24	6

Tab. 5, 3. Teil

$CaCO_3$-Analysen – Rosenheimer Becken

Warw	Schicht		% $CaCO_3$	
	Nr.	mm	Einzel	Mittel
K–202	1	0,2	24,5	24,5
–203	4	0,5	19,0	
			20,2	19,6
–203	3	0,6	22,5	
			23,2	22,8
–203	2	0,5	26,7	
			27,0	26,9
–203	1	1,4	22,5	
			23,1	22,8
–204	4	0,8	19,1	19,1
–204	3	1,2	21,1	
			22,3	21,7
–204	2	1,0	25,7	
			26,0	25,8
–204	1	1,0	23,9	
			24,0	24,0
–205	10	0,8	20,1	
			20,4	20,2
–205	9	0,5	23,0	
			23,5	23,3
–205	8	0,3	25,3	25,3
–205	7	0,4	28,4	28,4

Tab. 6

$CaCO_3$-Analysen – Rosenheimer Becken

Warw	Schicht	% $CaCO_3$ Einzel	% $CaCO_3$ Mittel
L 247	3	15,0	
		15,2	
		15,2	15,1
	2	17,1	
		17,4	17,3
247	1	19,2	19,2
246	18	22,1	22,1
	17	10,9	
		12,4	11,7
	16	9,9	
		10,1	
		10,7	10,2
	15	10,2	
		11,3	10,8
	14	10,3	
		10,6	
		10,7	10,5
	13	9,6	
		10,0	9,8
	12	15,3	
		15,4	
		15,7	15,4
	11	9,9	
		10,0	10,0
	10	15,3	
		16,1	
		16,2	15,9
	9	14,5	
		14,8	
		15,0	14,8
	8	13,3	
		13,5	
		13,8	13,5

Warw	Schicht	% $CaCO_3$ Einzel	% $CaCO_3$ Mittel
L 246	$7^3/_8$	14,1	
		14,4	
		14,4	14,3
	$7^2/_8$	13,8	
		14,5	
		14,6	14,3
	$7^1/_8$	15,0	
		15,4	
		15,6	15,3
	6	15,2	
		15,4	
		15,6	15,4
	5	12,6	
		12,6	
		12,8	12,7
	4	16,0	
		16,4	
		16,5	16,3
	3	16,2	
		16,2	
		16,4	16,3
	2	14,4	
		15,0	
		15,2	14,9
246	1	14,2	
		14,3	
		14,6	14,4
245	8	25,6	25,6
	7	14,7	14,7
	6	12,4	
		13,5	12,9
	5	17,4	
		17,6	17,5
	4	9,5	
		9,8	
		10,9	10,1

Warw	Schicht	% $CaCO_3$ Einzel	% $CaCO_3$ Mittel
L 245	$3^8/_8$	12,9	
		13,0	
		13,6	13,1
	$3^7/_8$	16,1	
		16,7	
		17,3	16,7
	$3^6/_8$	13,4	
		13,9	
		14,0	13,8
	$3^5/_8$	15,2	
		15,2	
		15,2	15,2
	$3^4/_8$	19,1	
		20,0	
		20,1	19,7
	$3^3/_8$	21,3	
		21,3	
		21,9	21,5
	$3^2/_8$	18,9	
		19,2	
		19,9	19,3
	$3^1/_8$	17,2	
		17,2	
		17,4	17,3
245	1+2	12,3	
		13,0	12,6
244	9	19,9	19,9
	8	13,1	
		13,2	
		13,9	13,4
	$7^3/_8$	17,1	
		17,7	
		18,3	17,7
	$7^2/_8$	21,4	
		21,6	
		22,0	21,7

Tab. 7, 1. Teil

$CaCO_3$-Analysen – Rosenheimer Becken

Warw	Schicht	% $CaCO_3$ Einzel	Mittel
L 244	$7^1/_3$	21,9	
		22,0	
		22,5	22,1
	6	19,8	
		20,8	
		20,9	20,5
	$5^4/_4$	16,8	
		17,2	
		17,5	17,1
	$5^3/_4$	20,3	
		20,5	
		21,0	20,6
	$5^2/_4$	19,4	
		19,5	
		19,5	19,5
	$5^1/_4$	18,7	
		18,7	
		18,7	18,7
	3+4	16,1	
		16,2	
		16,3	16,2
	$2^2/_2$	18,9	
		19,1	
		19,7	19,3
	$2^1/_2$	16,5	
		16,9	
		17,1	16,8
244	1	19,5	
		19,6	19,5
243	6	25,5	25,5
	5	17,8	
		18,4	18,1
	4	14,3	
		14,9	14,6

Warw	Schicht	% $CaCO_3$ Einzel	Mittel
L 243	$3^3/_3$	19,4	
		19,5	
		19,7	19,5
	$3^2/_3$	19,8	
		20,0	
		20,0	19,9
	$3^1/_3$	18,1	
		18,3	
		18,6	18,4
	$1^2/_2$+2	20,2	
		20,4	
		20,6	20,4
243	$1^1/_2$	18,2	
		18,4	
		18,9	18,5
242	10	22,6	
		22,6	22,6
	9	9,3	
		10,6	9,9
	8	9,2	
		9,7	9,4
	6+7	15,8	
		16,2	
		16,9	16,3
	5	19,7	
		20,2	20,0
	4	18,1	
		18,2	
		18,7	18,3
	3	18,5	
		19,1	
		19,5	19,0
	2	18,7	
		19,0	
		19,3	19,0

Warw	Schicht	% $CaCO_3$ Einzel	Mittel
L 242	1	16,9	
		17,5	
		17,9	17,5
241	10	26,0	26,0
	9	18,9	
		19,0	
		19,2	19,0
	8	20,0	
		20,2	
		20,6	20,3
	7	20,6	
		20,7	
		20,8	20,7
	6	15,6	
		16,3	
		16,3	16,1
	5	15,5	
		15,7	
		16,3	15,8
	$4^4/_4$	18,6	
		19,1	
		19,4	19,0
	$4^3/_4$	20,5	
		20,6	
		20,9	20,6
	$4^2/_4$	20,1	
		20,9	
		21,0	20,7
	$4^1/_4$	19,3	
		20,0	
		20,2	19,9
	$2^2/_2$+3	21,2	
		22,0	
		22,3	21,8
	$2^1/_2$	19,3	
		19,9	
		20,5	19,9

Tab. 7, 2. Teil

$CaCO_3$-Analysen – Rosenheimer Becken

Warw	Schicht	% $CaCO_3$ Einzel	Mittel
L 241	$1^2/_2$	16,7	
		17,3	
		17,8	17,3
241	$1^1/_2$	16,9	
		17,0	
		17,2	17,0
240	10	22,5	
		23,1	22,8
	9	17,6	
		18,3	
		18,5	18,1
	8	27,2	
		28,5	27,8
	7	14,1	
		14,6	
		15,0	14,5
	6	14,0	
		14,2	
		14,6	14,3
	$5^5/_5$	16,6	
		16,9	
		17,1	16,9
	$5^4/_5$	15,8	
		16,0	
		16,5	16,1
	$5^3/_5$	15,8	
		16,1	
		16,5	16,1
	$5^2/_5$	16,9	
		17,6	
		17,7	17,4
	$5^1/_5$	17,9	
		17,9	
		18,1	17,9
	3+4	12,8	
		13,9	13,4

Warw	Schicht	% $CaCO_3$ Einzel	Mittel
L 240	$2^2/_2$	16,9	
		17,3	
		17,9	17,4
	$2^1/_2$	18,7	
		19,0	
		19,2	19,0
240	1	15,7	
		16,4	16,0
239	5	23,0	
		23,7	
		26,4	24,4
	4	14,5	
		18,0	16,3
239	3	19,7	
		20,0	
		21,8	20,5

Tab. 7, 3. Teil

TAFELN

Abb. 1 Ziegeleigrube Hamberger

Abb. 2 Baugrube der Innstaustufe Rosenheim

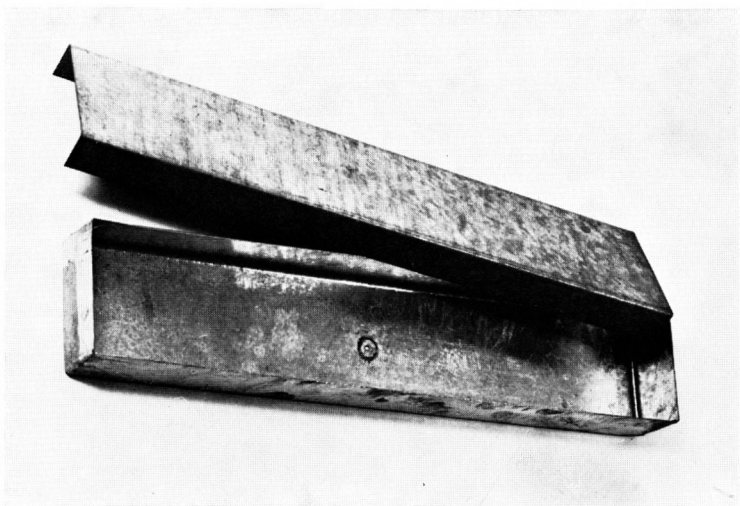


Abb. 3 Kasten zur Bänderton-Entnahme

TAFEL 2

Abb. 1 Einbringen eines Entnahmekastens

Abb. 2 Herausschneiden eines Entnahmekastens

Abb. 3 Überlappung von Entnahmekästen

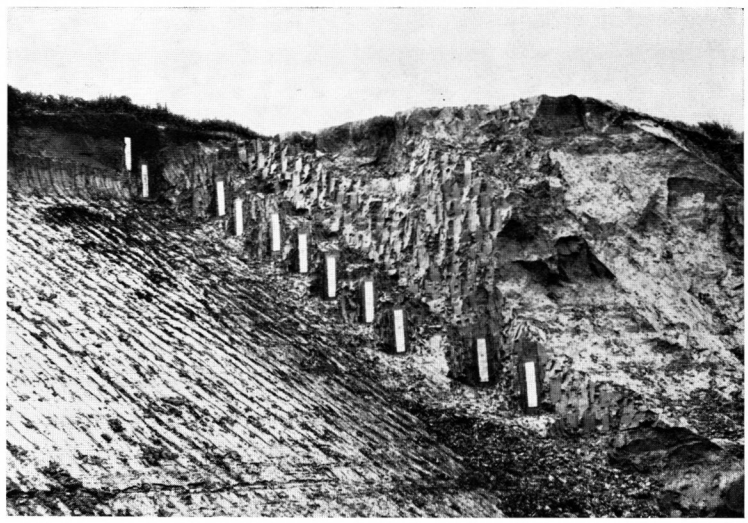
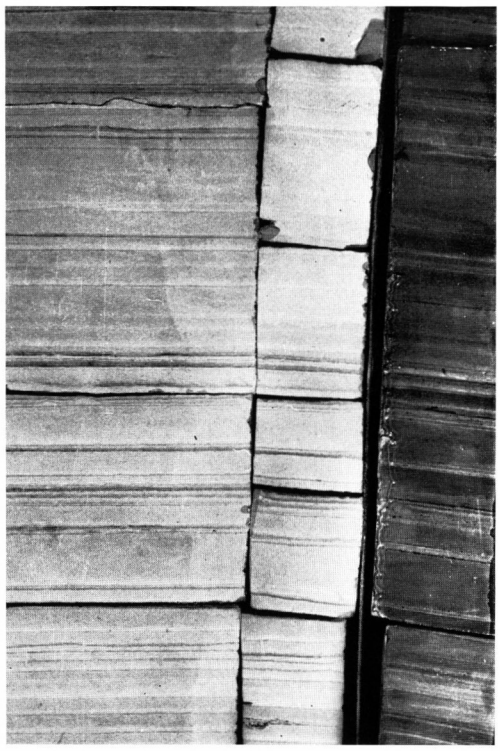


Abb. 1 Überlappung von Entnahmekästen

Abb. 2 Warwentone bei Uppsala/Schweden

Abb. 3 Warwentone bei Rosenheim/Obb.

TAFEL 4



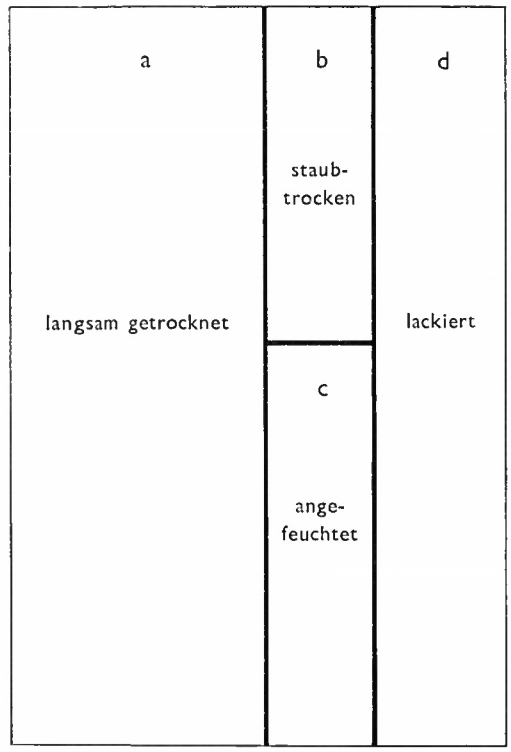


Abb. 1 Präparierte Warwentone – Rosenheimer Becken

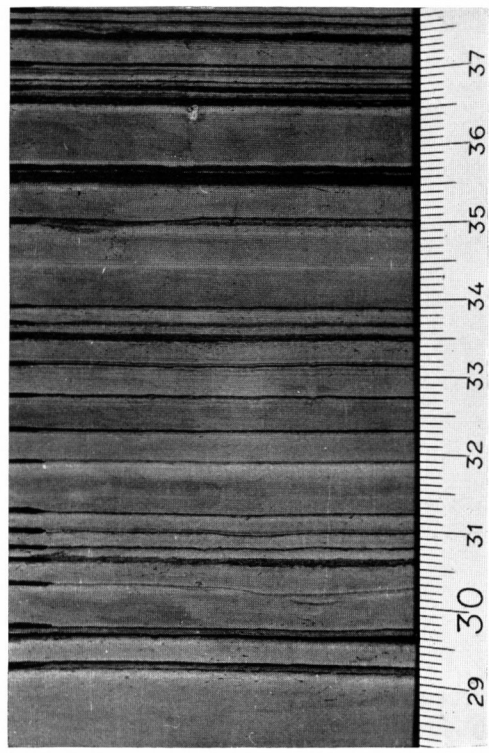
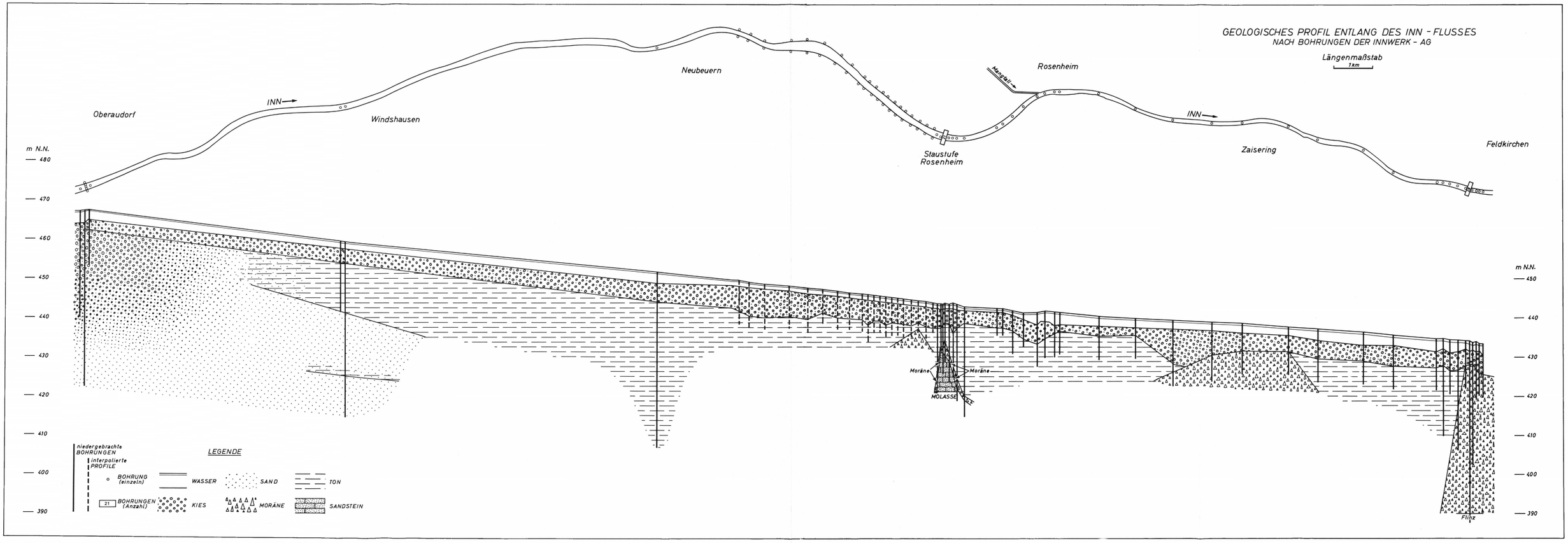


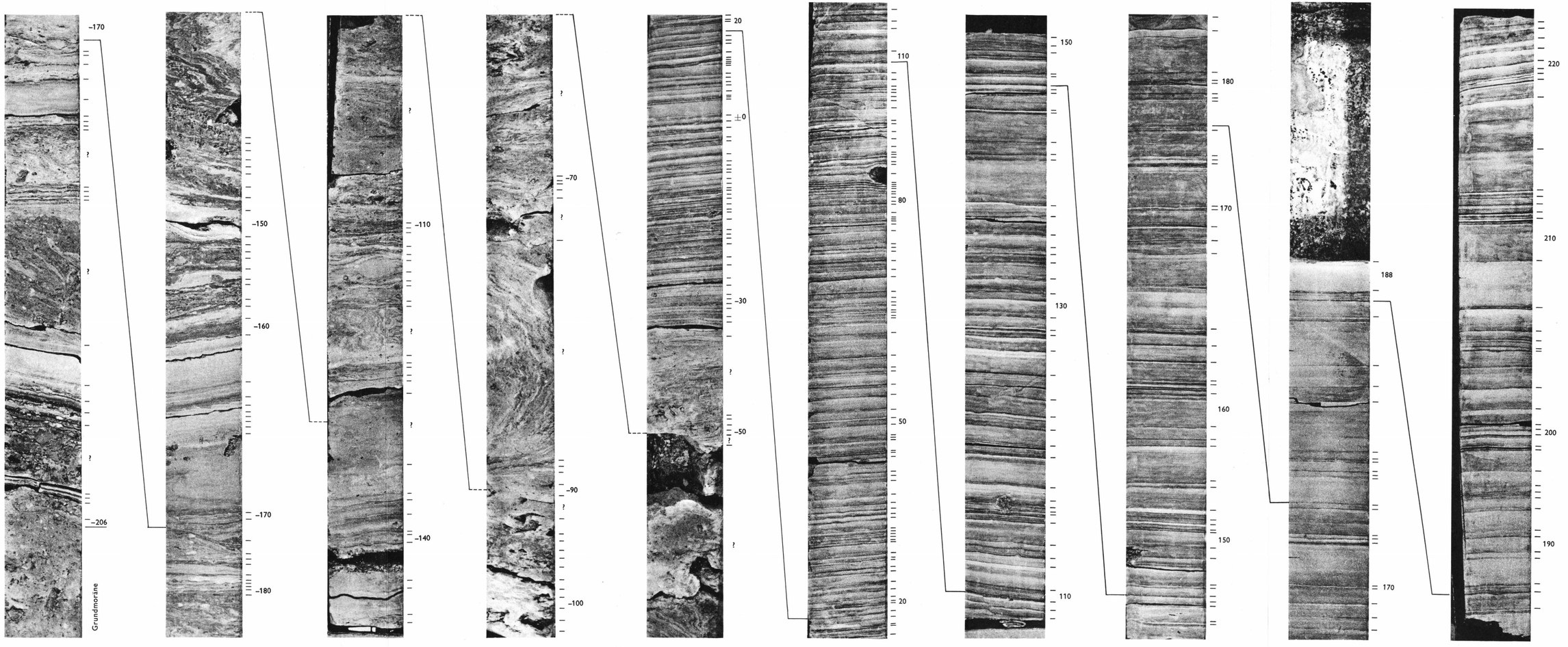
Abb. 2 Detailaufnahme präparierter Warwen – Rosenheimer Becken

GEOLOGISCHES PROFIL ENTLANG DES INN - FLUSSES

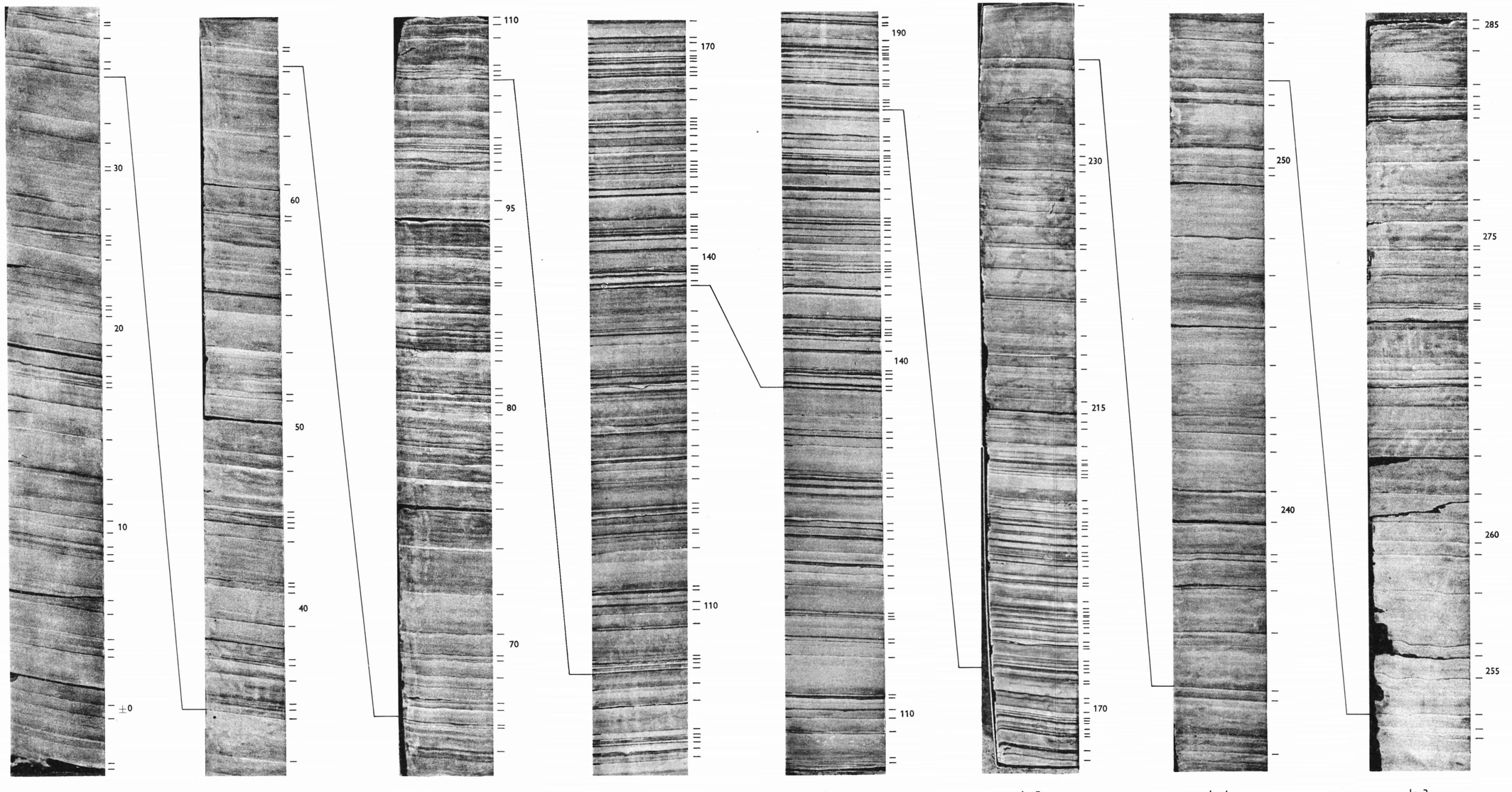
NACH BOHRUNGEN DER INNWERK - AG



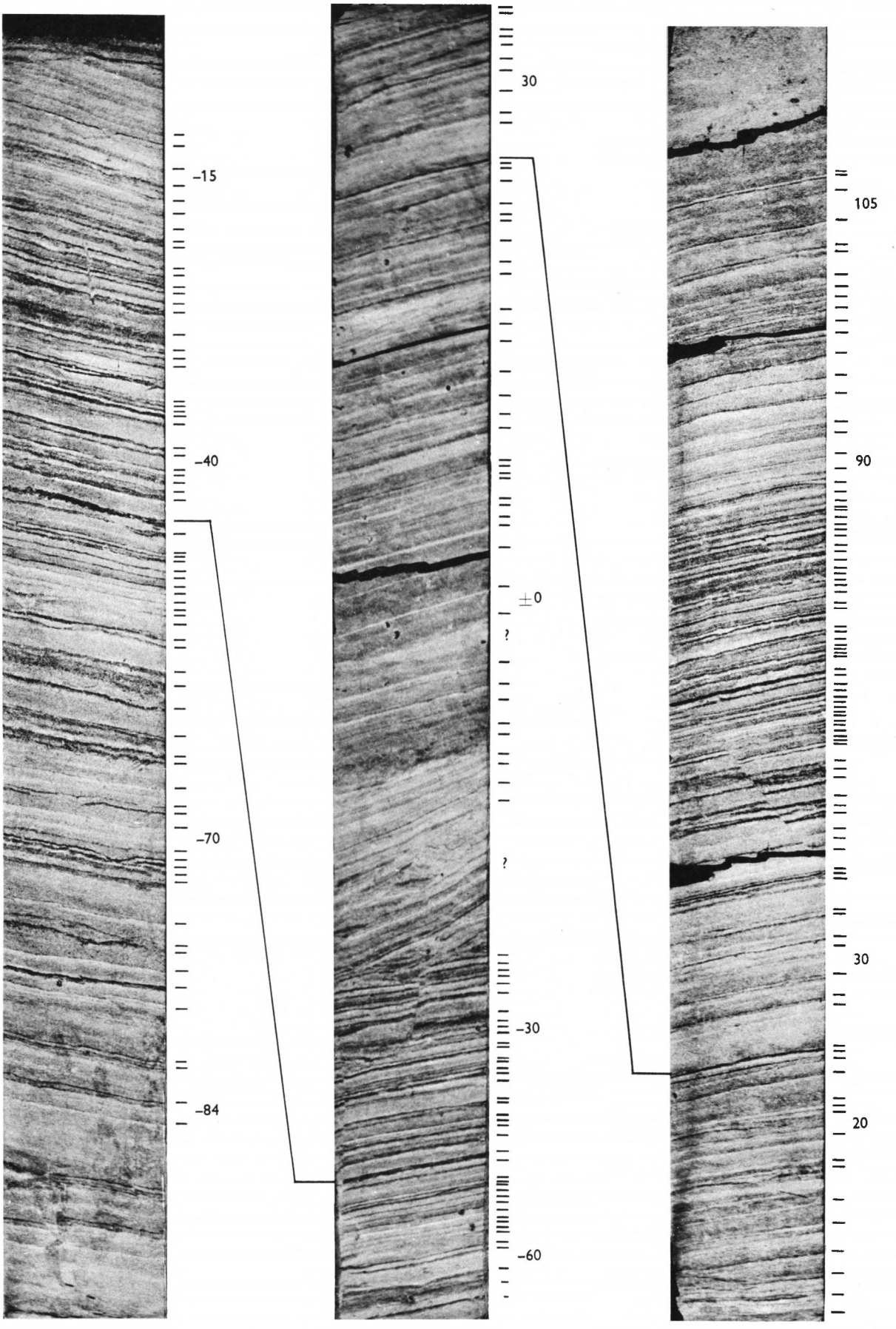
Ak.-Abh. m.-n. Schumann



In 11 | In 12 | In 13 | In 14 | In 15 | In 16 | In 17 | In 18 | In 2 | In 1



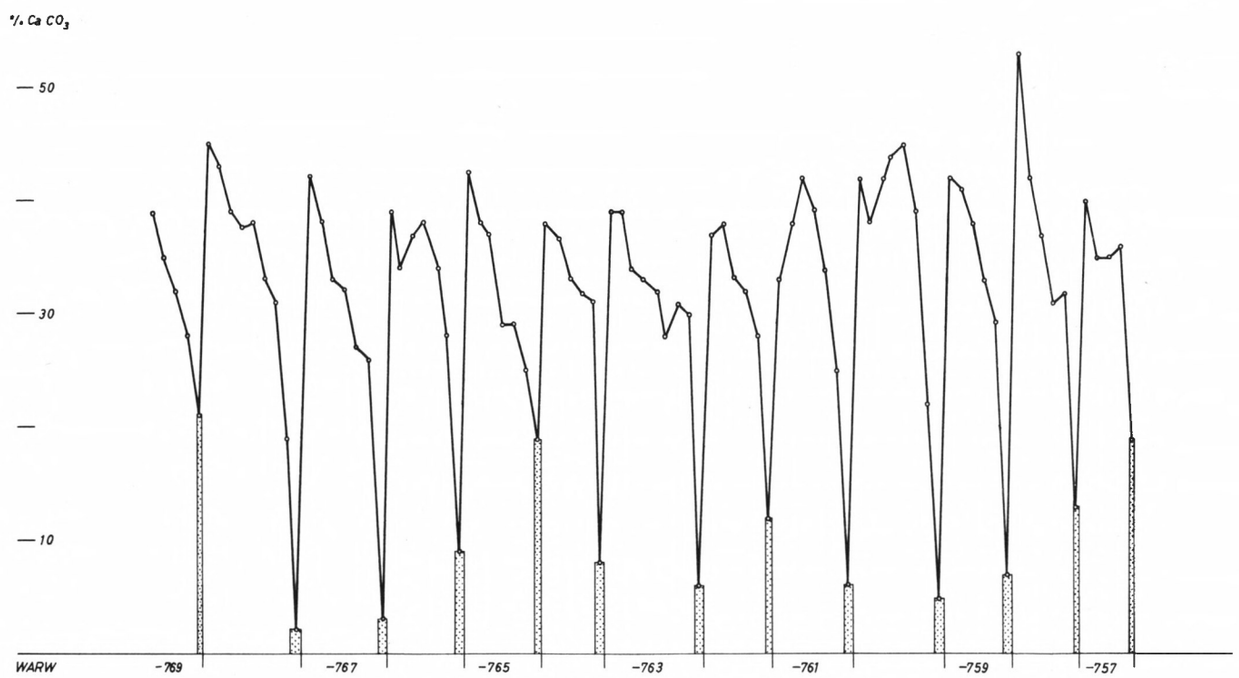
In 9 | In 8 | In 7 | In 10 | In 6 | In 5 | In 4 | In 3



Ha 6 Ha 8 Ha 9

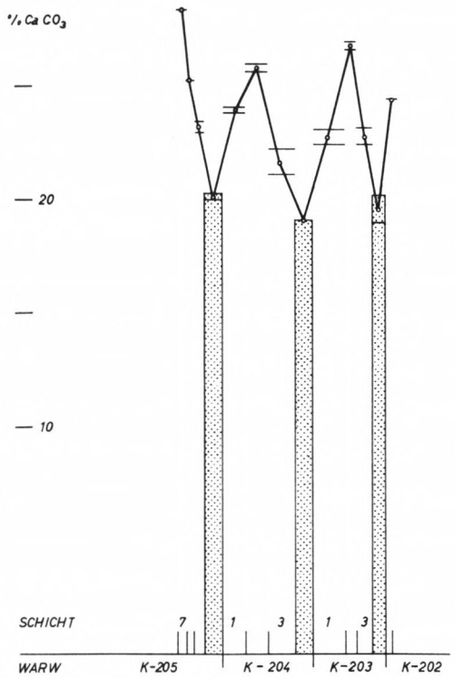
a. $Ca\,CO_3$-ANTEIL DER WARWEN -769 BIS -757 UPPSALA-REGION

NACH ARRHENIUS

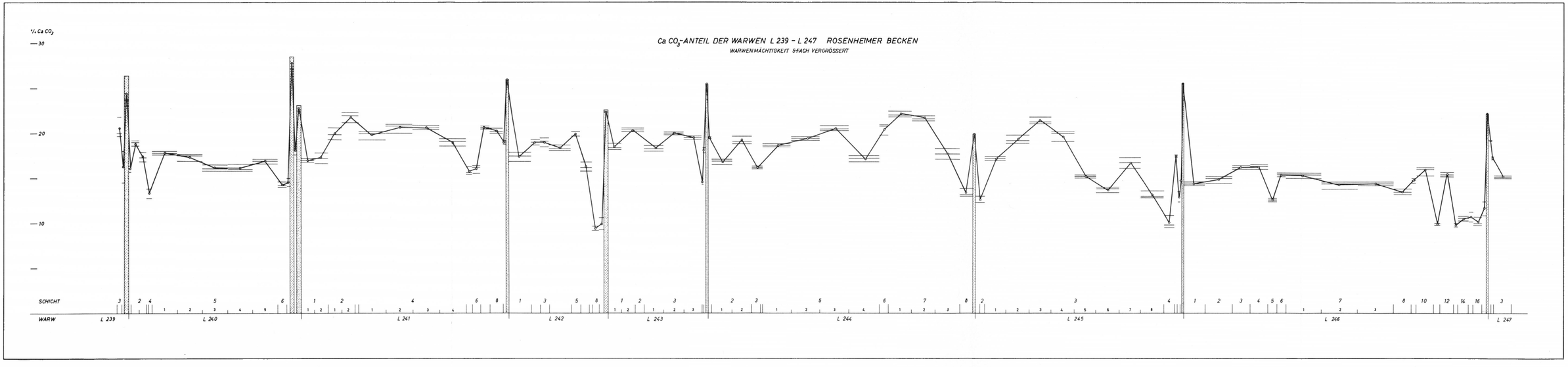


b. $Ca\,CO_3$-ANTEIL DER WARWEN K-205 BIS K-202 ROSENHEIMER BECKEN

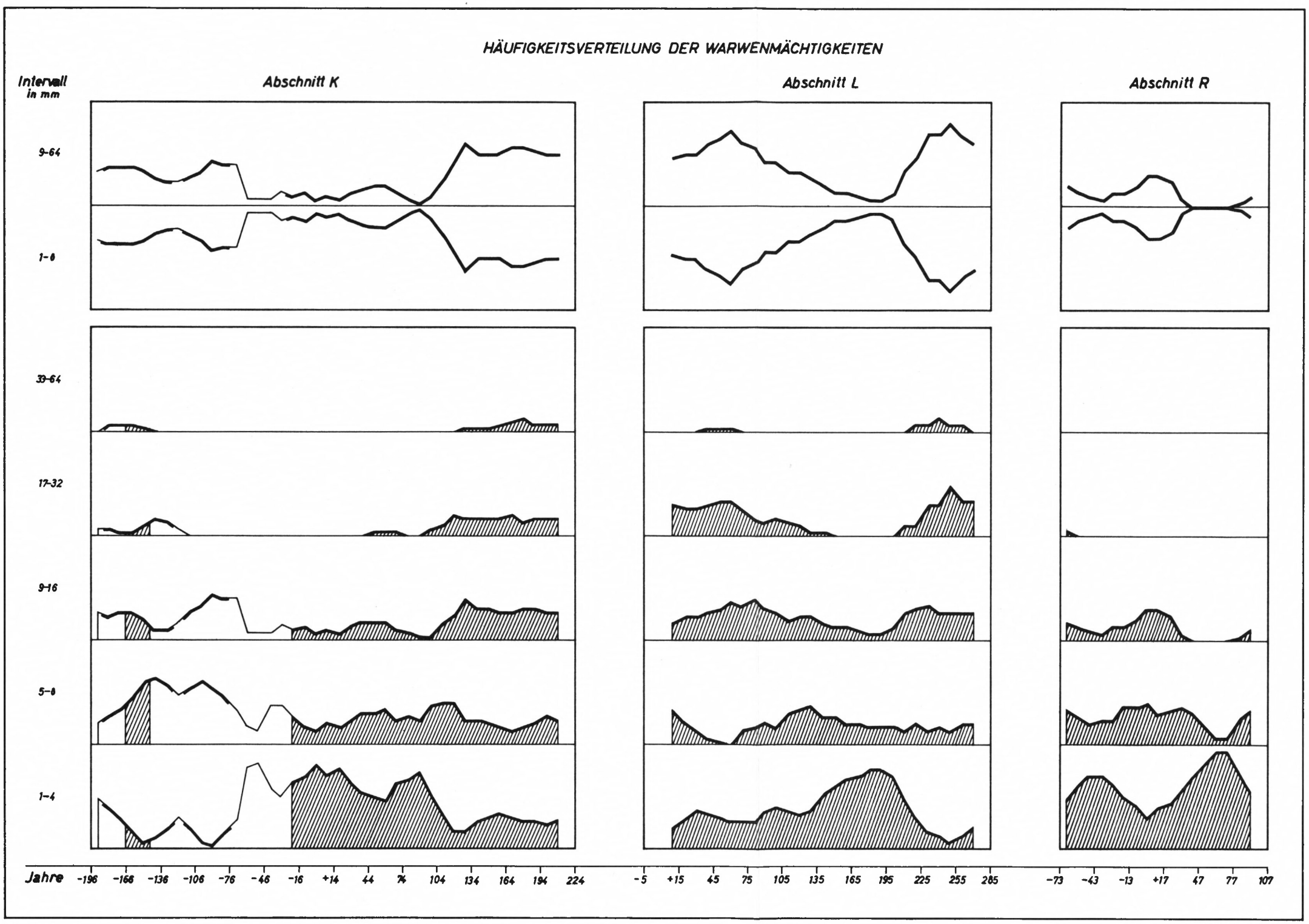
WARWENMÄCHTIGKEIT 5-FACH VERGRÖSSERT



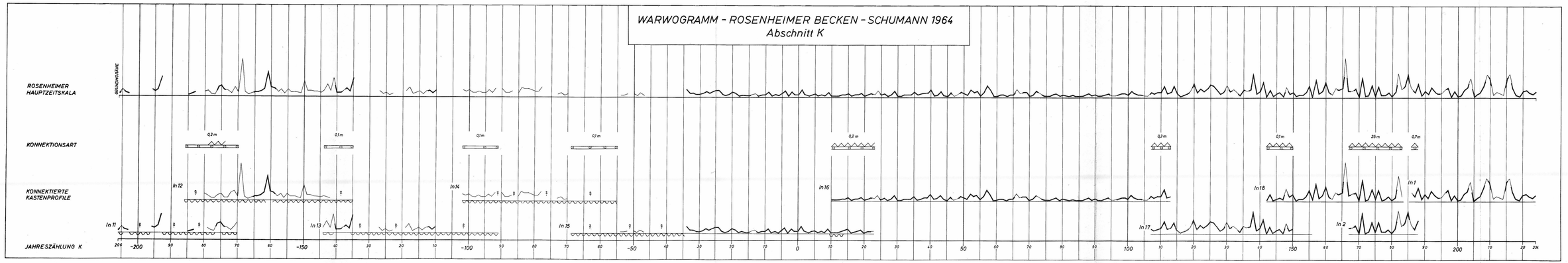
Ak.-Abh. m.-n. Schumann

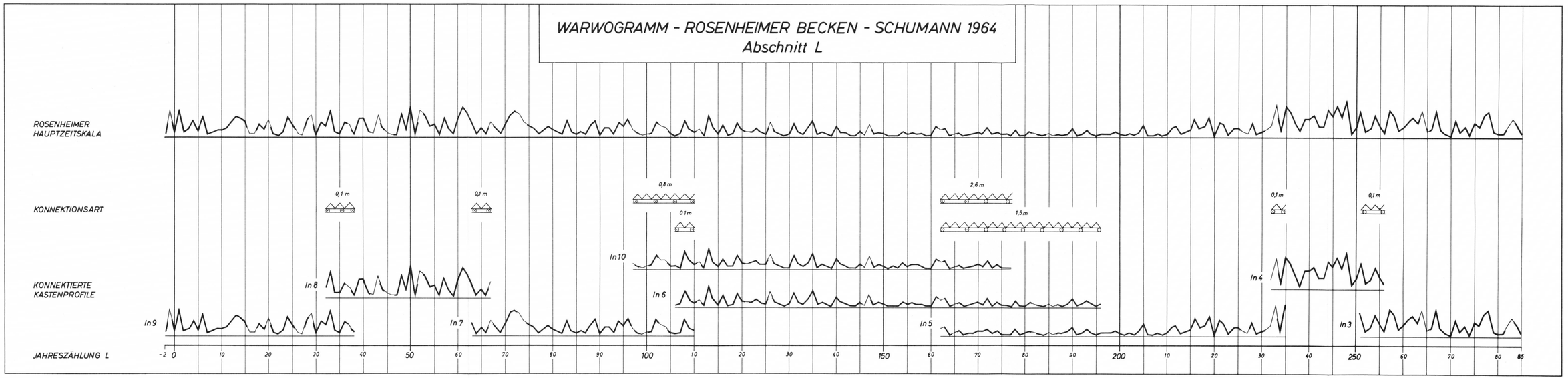


Ak.-Abh. m.-n. Schumann

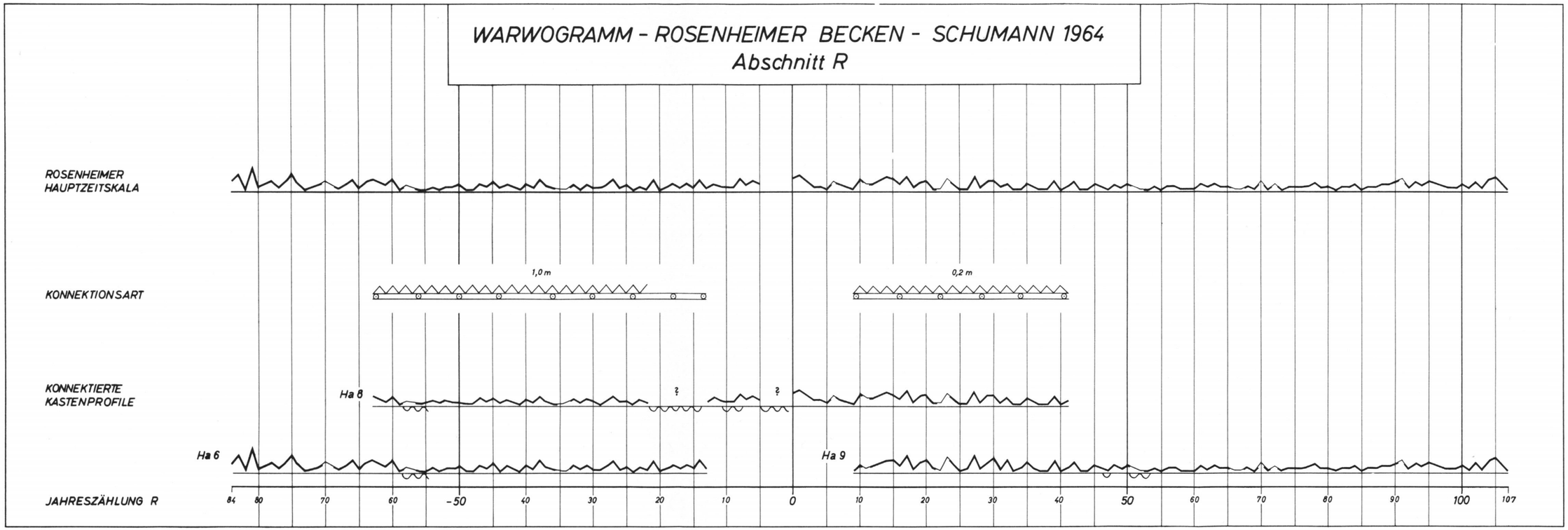


Ak.-Abh. m.-n. Schumann


WARWOGRAMM - ROSENHEIMER BECKEN - SCHUMANN 1964
Abschnitt K
ROSENHEIMER HAUPTZEITSKALA
KONNEKTIONSART
KONNEKTIERTE KASTENPROFILE
JAHRESZÄHLUNG K
ABUNDANZSKALE
0,2 m
0,1 m
0,1 m
0,1 m
0,2 m
0,3 m
0,1 m
2,5 m
0,7 m
In 11
In 12
In 13
In 14
In 15
In 16
In 17
In 18
In 1
In 2
204
-200
90
80
70
60
-150
40
30
20
10
-100
90
80
70
60
-50
40
30
20
10
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
10
20
30
40
150
60
70
80
90
200
10
20
24



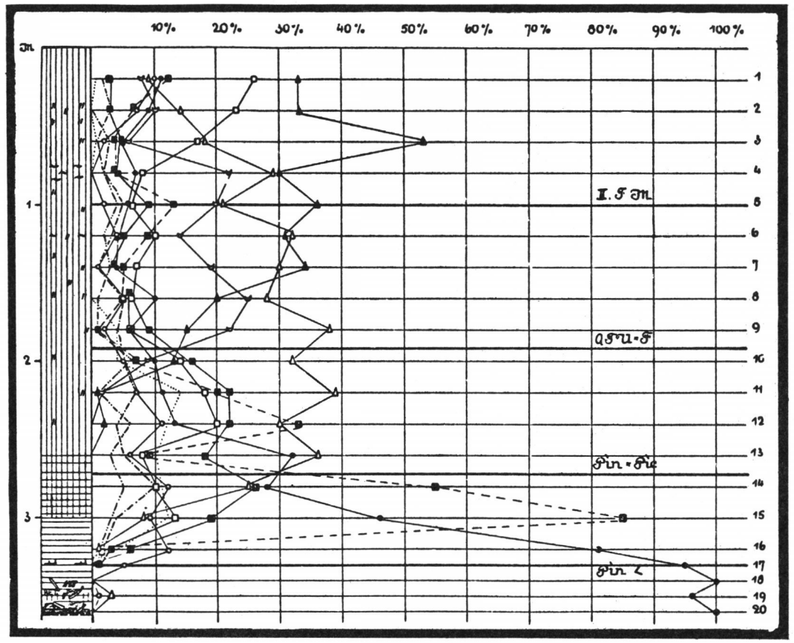
Ak.-Abh. m.-n. Schumann



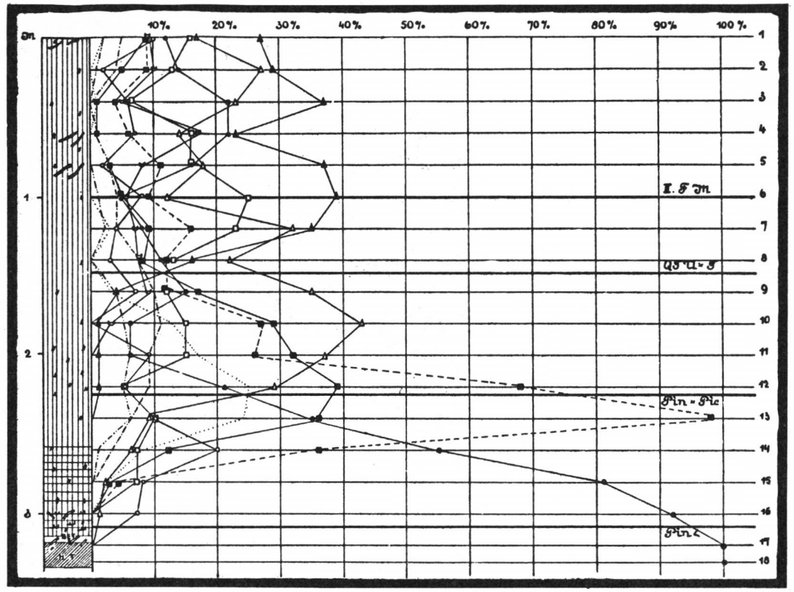
Ak.-Abh. m.-n. Schumann

POLLENDIAGRAMME
ROSENHEIMER BECKEN

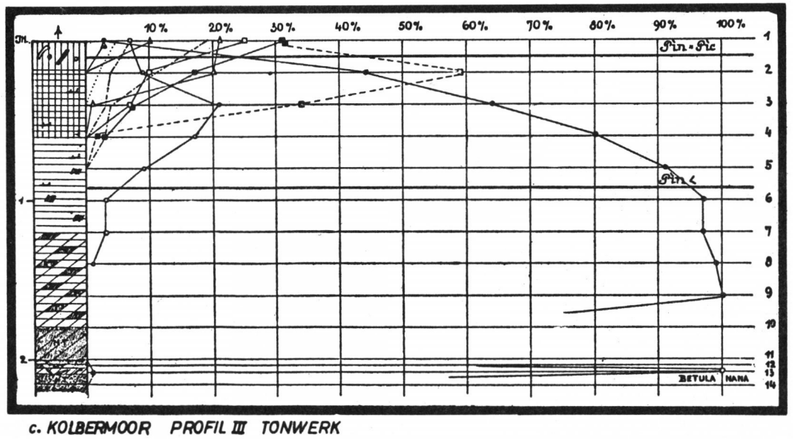
a. LAUTERBACHER FILZE BEI ROSENHEIM



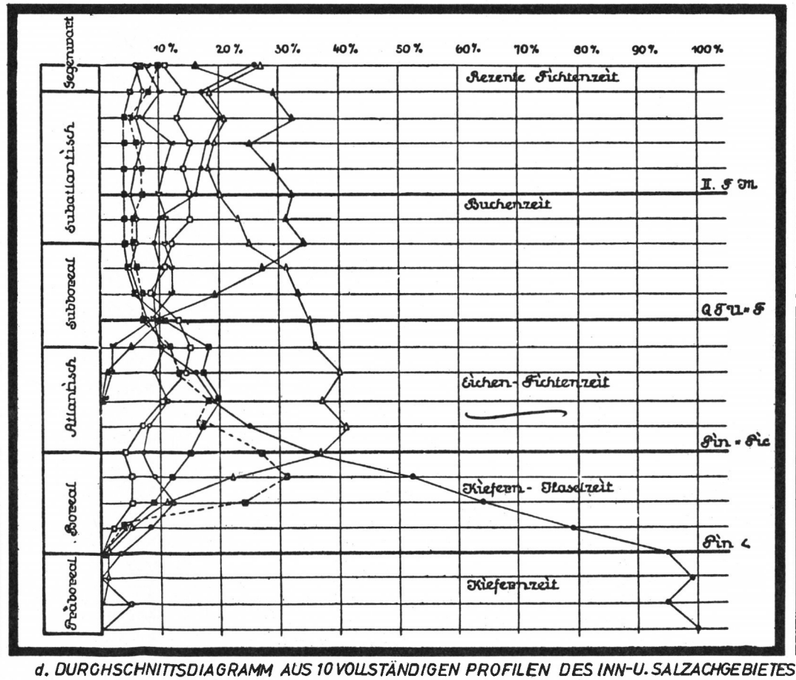
b. KOLLER-UND HOCHRUNSTFILZE PROFIL II



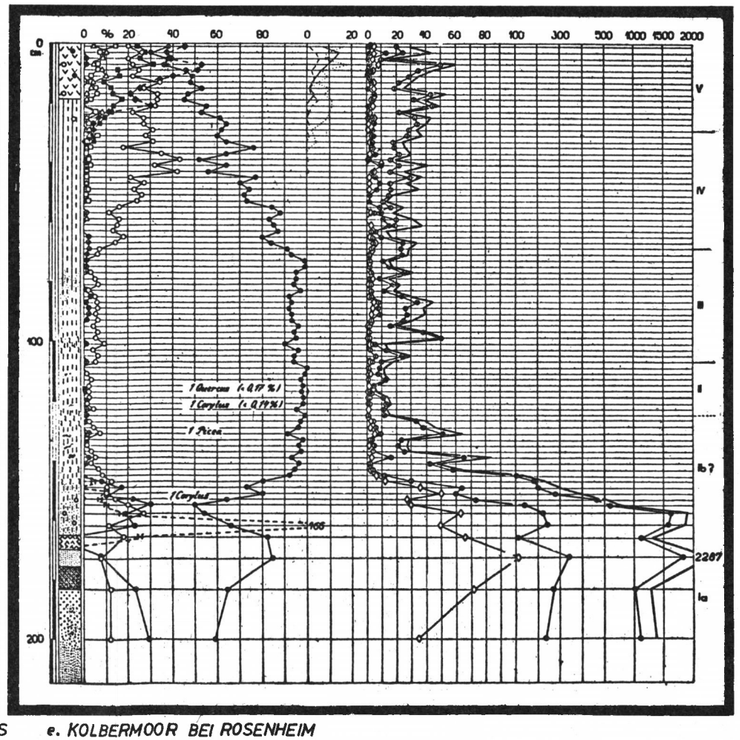
c. KOLBERMOOR PROFIL III TONWERK



d. DURCHSCHNITTSDIAGRAMM AUS 10 VOLLSTÄNDIGEN PROFILEN DES INN-U. SALZACHGEBIETES



e. KOLBERMOOR BEI ROSENHEIM

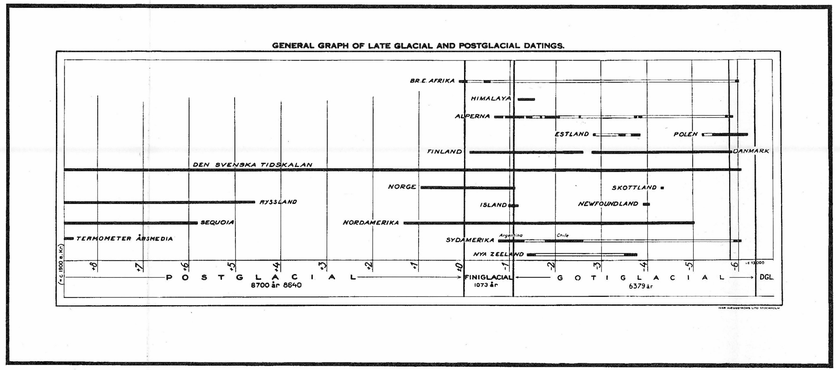


Ak.-Abb. m. n. Schumann

a.1932

ALPINE TELEKONNEKTION G. DE GEERS

b.1940



c.1942

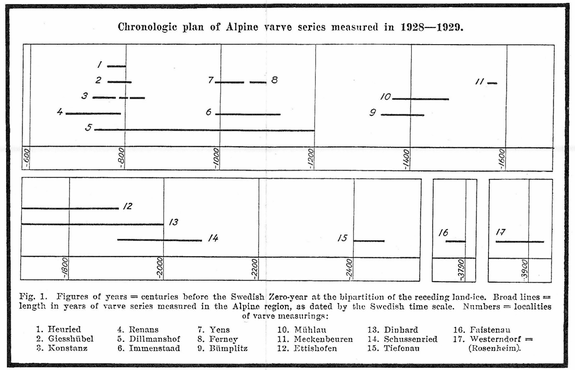


Fig. 1. Figures of years = centuries before the Swedish Zero-year at the bipartition of the receding land-ice. Broad lines = length in years of varve series measured in the Alpine region, as dated by the Swedish time scale. Numbers = localities of varve measurings:

1. Heuried
2. Giesshübel
3. Konstanz
4. Renans
5. Dillmanshof
6. Immenstaad
7. Yens
8. Ferney
9. Bümplitz
10. Mühlau
11. Meckenbeuren
12. Ettishofen
13. Dinhard
14. Schussenried
15. Tiefenau
16. Faistenau
17. Westerndorf = (Rosenheim).

Ak.-Abh. m.-n. Schumann