

Ein erstes zusammenhängendes Pleistozän-Profil im Süden von München

(Deisenhofener Forst — Isartal — Forstenrieder Park)

Von E. C. KRAUS. Mitwirkung im Gelände durch G. HABER

Mit 1 Tafel und 10 Abbildungen

Zusammenfassung: In einem 25 km langen, bis 8 m tiefen Wasserrohrgraben der Stadt München konnte zum ersten Mal die zusammenhängende, in den klassischen Arbeiten von Albrecht PENCK kombinierte Sedimentationsfolge des Pleistozäns aufgefunden werden. Diese zeigte von oben nach unten:

- IV. Oberer Löß der Würmeiszeit; daneben in Senken Niederterrassenschotter;
 - III. Blutlehm bis Kreßlehm der Riß/Würm-Zwischeneiszeit
Schotter der Rißeiszeit, örtlich Schottermoräne
Mittlerer Lößlehm der Altriß-Kaltzeit;
 - II. Roterde bis Kreßlehm: Grundmoräne der Jungmindelzeit mit Kristallinblöcken; interglazial verwittert in der Mindel/Riß-Zeit
Schotter der Mindelzeit mit kurzen Geologischen Orgeln
Unterer Lößlehm der Altmindel-Kaltzeit;
 - I. Roterde bis Kreßlehm: Grundmoräne der Junggünzzeit mit Kristallin-Blöcken; interglazial verwittert in der Günz/Mindel-Zeit
Schotter der Günzzeit mit langen Geologischen Orgeln;
- Obermiozäner Flinz-Tonmergel als Unterlage mit WSW—ONO-streichendem Talrelief der Oberkante.

Die allgemeine Bedeutung dieser dreimaligen „Glazialen Fazies-Folge“ wurde auf Grund sehr zahlreicher Bohrprofile und anderer Aufschlüsse festgestellt.

Resumé: Dans un fossé à conduite d'eau d'une longueur de 25 km et d'une profondeur maximale de 8 m au Sud de Munich on a pu trouver pour la première fois la série complète et continue des couches pléistocènes. En voilà cette série du haut vers le bas!

- IV. Löß supérieur du wurmien à côté de gravier de Niederterrasse dans les bassins.
 - III. Limon rouge et orange de l'interglaciaire rissien/wurmien
Graviers rissiens, par endroits moraine graveleuse
Limon de Löß moyen de la période froide du Riß inférieur.
 - II. Sol rouge — limon orange: Moraine de fond (avec des blocs cristallins) du Mindel supérieur, décomposée dans la période interglaciaire Mindel/Riß
Graviers du Mindel avec des inclusions de limon en forme de courtes cylindres verticales, produits par des tournants d'eau au fond du glacier ("Geologische Orgel")
Limon de Löß inférieur de la période froide du Mindel inférieur.
 - I. Sol rouge — limon orange: Moraine de fond (avec des blocs cristallins) du Günz supérieur, décomposée dans la période interglaciaire Günz/Mindel
Graviers avec de longs Geologische Orgeln.
- „Flinz“, marno-argileux du Miocène supérieur, formant le sous-sol du Pléistocène sur lequel on trouve des vallées à direction OSO—ENE.

L'importance générale de cette triple série de faciès glaciaire a été constatée à l'aide de nombreux sondages et d'autres affleurements.

INHALT

	Seite
Einleitung	124
I. Das Profil des Wasserrohrgrabens	125
1. Der Verlauf des Grabens	125
2. Ergebnisse unter dem Kreuzpullacher Hochzonen-Behälter	126
3. Das Gleißental-Profil	128
Der Günzschotter oder „Älterer Deckenschotter“	128
Der Mindelschotter oder „Jüngerer Deckenschotter“	129
Der Günz/Mindel-Lehm	129
Die Füllung des Gleißentales	130
Die Bedeutung der Bohrung 1	130
Die Schwelle SW von Ziegelei Laufzorn	130
Die Entstehung der Geologischen Orgel-Pfeifen	131
Weitere Beobachtungen in der Laufzorners Schwelle	133
Kryoturbande Störungen	135
4. Die breite Schwelle von Hompesch-Stierötz-Geräumt	135
5. Die Reißerie zwischen Ludwigsgeräumt und Isartal	136
6. Die Rohrgaben-Aufschlüsse an beiden Abhängen des Isartals	137
Günzschotter	139
7. Der Wasserrohr-Abschnitt zwischen Isartal und der Neurieder Straße im Forstenerieder Park	140
Untergrund im W des Isartales	141
II. Vergleich mit dem Untergrund im O der Gleißentalschwelle	142
III. Weitere neue Aufschlüsse über das vorwürmische Pleistozän	148
1. Der Klettergarten; zur Nagelfluhverkittung	148
2. Das ältere Pleistozän in den neuen Straßenbauaufschlüssen südlich von Icking	150
Die Bedeutung der Reißablagerungen für die Würmzeit	151
IV. Bohrerergebnisse in der Schotterebene SO vom Gleißental	152
Bohrerergebnisse im O von Arget	152
V. Über das Flnz-Relief	154
VI. Vergleichende Überlegungen zu entfernteren Gebieten	156
1. Zum Pleistozän in Oberschwaben	156
2. Zum Pleistozän im Salzach-Vorlandgletscher (Osteil)	158
3. Zur Fortsetzung der Warmzeiten des Pleistozäns im europäischen Rußland	159
„Glaziale“ und „Interglaziale Faziesfolge“	159
Asymmetrische Wärmekurve; pleistozäner Doppel-Rhythmus	161
Schriften	161

Einleitung

Die hier mitgeteilten Beobachtungen und Schlußfolgerungen gehen aus von den neuen Aufschlüssen eines über 25 km langen, tiefen Wasserrohr-Grabens südlich der Stadt München. Diese sind zugleich das Ergebnis einer langjährigen Zusammenarbeit mit Dr. Ing. Gustav HABER, München. Sie geschah im Interesse der Wassererschließungsarbeiten der Städtischen Wasserwerke. Bei diesen beratenden, von mir geleiteten Unternehmungen konnten Hunderte von Bohrungen, viele geophysikalische Messungen, kilometerlange Rohrgräben und nun auch Stollen-Aufschlüsse geologisch gründlich untersucht werden. Die gewonnenen geologischen Erfahrungen werden nachfolgend veröffentlicht.

Die Ergebnisse waren in Beziehung zu setzen zu den sehr umfangreichen geologischen Kartenaufnahmen vorher durch meinen Schüler Dr. W. S. BUCHARDT, durch Dr. R. LEBKÜCHNER und anschließend durch Dr. G. HABER. Die Untersuchungen betrafen hauptsächlich das bestehende Münchener Trinkwassergebiet im Mangfalltal am Taubenberg und das zukünftige Versorgungsgebiet im Loischachtal unterhalb von Garmisch-Partenkirchen. Weil auch die besten Wasserzuleitungen von da nach München teils über Murnau und westlich am Würmsee vorbei, teils über Ohlstadt—Habach—

Eurasburg—Baierbrunn geologisch zu erkunden waren, entsteht allmählich ein durch viele Bohrungen ergänztes Schichtprofil zwischen München und den Alpen.

Nach einer ersten Publikation über das Münchener Wasserversorgungs-Gebiet im Mangfallbereich nahe dem Taubenberg auf Grund einer Kartierung 1 : 5000 durch Dr. G. HABER und drei eigenen Arbeiten über das Würminterstadial in den Kiesgruben der Murnauer Gegend sowie dessen Beziehung zu dem von Dr. Edith EBERS entdeckten älteren Würm-Interstadial von Hörmating folgt nun eine weitere Untersuchung über das oberbayerische Pleistozän. Sie wurde angeregt durch die ausgezeichneten Aufschlüsse, in dem langen und oft 7 m tiefen Wasserrohrgraben, der vom Gleißental gegen Westen nahe Baierbrunn das Isartal quert und 13 km südlich vom Stadtkern Münchens zum ersten Mal das gesamte Schicht- und Bodenprofil des älteren und jüngeren Pleistozäns vom Tertiär bis zum Würmglazial ohne Unterbrechung enthüllte.

Auch an dieser Stelle haben wir für das große und tatkräftige Verständnis zu danken, welches diesen geologischen Erkundungsarbeiten seitens des technischen Referates des Stadtrates von München durch dessen Wasserwerks-Direktion entgegengebracht wurde. Es konnte so im praktischen Interesse die große Menge der in 11 Jahren neu geschaffenen, jedoch oft wieder eingedeckten Einblicke in den Untergrund so gründlich untersucht werden, daß gesicherte Begutachtungen möglich und erfolgreich werden konnten.

Gleichzeitig mit solch planvollem Vorgehen hat die Stadt München das geologische Wissen um den Untergrund Oberbayerns außerordentlich gefördert. Für die Drucklegung der Profile hat die Direktion der Städtischen Wasserwerke einen Betrag genehmigt, wofür ich meinen besten Dank ausspreche.

I. Das Profil des großen Wasserrohr-Grabens

1) Der Verlauf des Grabens

Vergleiche Tafel I und Abb. 7

Die in Abb. 2 südlich von München gezeichnete, geknickte Linie zeigt den allgemeinen Verlauf des über 25 km langen Wasserrohrgrabens der städtischen Wasserwerke München. Er beginnt an dem Kreuzpullacher Hochzonen-Behälter (kleines Viereck) und quert das Isartal, um im Forstenrieder Park gegen N München zu erreichen. Tafel I gibt ein zehnfach überhöhtes geologisches Profil des östlichen Abschnittes, Abb. 7, ein Längsprofil, das westlich daran anschließt. Diese beiden Graben-Längsstücke zusammen mit 3 Bohrungen

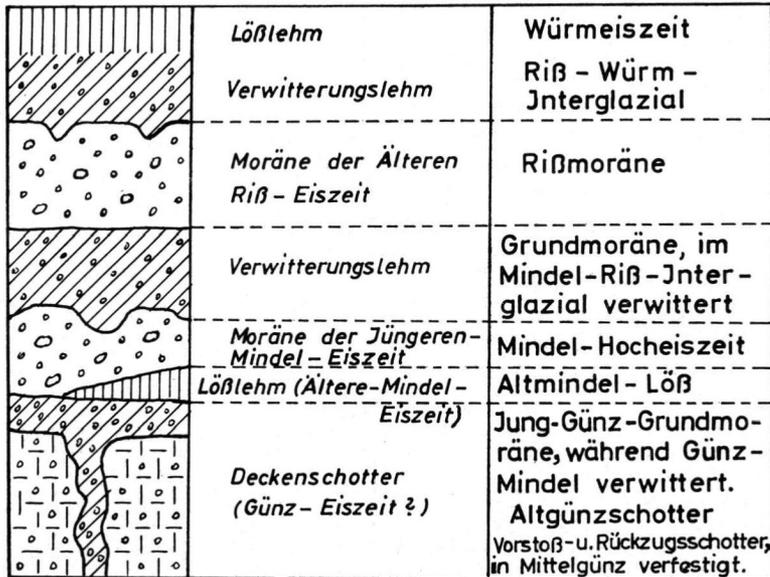


Abb. 1. Pleistozäne Schichtfolge unter dem Hochzonenbehälter von Kreuzpullach nächst dem Gleißental (Taf. I) nach J. KNAUER 1938. Links Deutung KNAUER, rechts Deutung KRAUS.

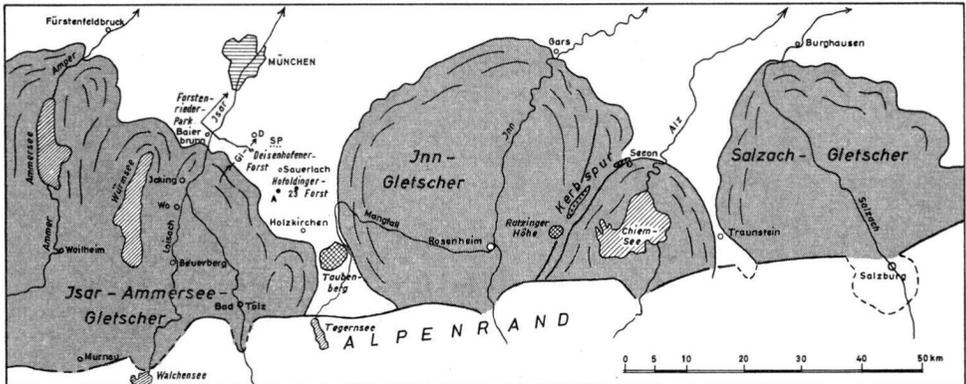


Abb. 2. Übersicht der östlichen Vorlandgletscher der Würmeiszeit in Oberbayern mit der Schotterebene zwischen München und dem Taubenberg. A: Arget; 23: Bohrung 23; D: Deisenhofen; Gl: Gleißental; SP: Spitzenwerk der Stadt München; kleines Viereck W daneben: Hochzonenbehälter von Kreuzpullach; Wo: Wolfratshausen.

und mit den Taleinschnitten von Gleißental (Gl, Abb. 2) und Isartal bringen für unsere Kenntnis des vorwürmischen Pleistozäns zusammenhängende Aufschlüsse, wie sie in dem klassischen Diluvialfeld von Albrecht PENCK bisher nicht beobachtet werden konnten.

Schon die bei dem tiefen Aushub für die Anlage des Kreuzpullacher Hochzonen-Behälters und der Anschlußleitungen der Stadt München 1930—1936 erstellten Aufschlüsse hatten J. KNAUER 1938 (Geolog. Landesuntersuchung am bayerischen Oberbergamt) wichtige Neubeobachtungen ermöglicht.

2) Ergebnisse unter dem Kreuzpullacher Hochzonen-Behälter

Abb. 1 und Lage des Behälters auf Abb. 2

Obwohl J. KNAUER die entstehenden und meist alsbald wieder eingedeckten Aufschlüsse nur gelegentlich untersuchen konnte, vermochte er doch schon Grundzüge der dortigen altpleistozänen Schichtfolge festzustellen.

In der bis 9 m tiefen, 200 m langen und 100 m breiten Baugrube war von oben nach unten zu sehen (in Abb. 1 links Deutung KNAUER, rechts meine Deutung) unter etwa 1 m Lößlehm:

- Etwa 1 m Lößlehm
- 0,5—2,0 m Gelbbrauner Verwitterungslehm mit einzelnen entkalkten kalkalpinen und kristallinen Geröllen (Riß/Würm-Interglazialboden)
- 1,8—2,0 m Sandig-lehmiger, ungeschichteter Kies mit einzelnen geschrammten Geschieben; unverkittete Schotter-Moräne („Ältere“ Rißzeit)
- 0,3—1,8 m Rotbrauner, entkalkter und sehr stark steiniger Verwitterungs-Lehm (Mindel/Riß-Interglazial)
- 1,5—2 m Ungeschichtete Schotter-Moräne mit großen erratischen Kristallin-Blöcken; zahlreiche geschrammte Geschiebe. Besonders viel Kristallin-Geröll. Unverfestigt, gegen NO in stark verfestigte Moränen-Nagelfluh übergehend. Deren Oberfläche ist stark zerfressen und mit tiefen Gruben von Verwitterungstaschen versehen. Schottermoräne (Mindel; mit der tieferliegenden Deckenschotter-Nagelfluh nicht identisch, weil diese in den benachbarten Steinbrüchen fluviatil ist und fast nur aus kalkalpinen Geröllen besteht).

Darunter im westlichen Grubenteil:

- Bis 1,8 m Lößlehm, gegen Süden auskeilend („Ältere“ Mindel-Vereisungs-Phase).
- 0,4—1,0 m Steiniger Verwitterungslehm, auch mit langen geologischen Orgeln in den Deckenschotter hinabgreifend (Tafel III, Fig. 6 bei J. KNAUER 1938). Deckenschotter.

In unserer Abb. 1 nach J. KNAUER hat dieser seine Beobachtungen profilmäßig zusammengestellt. Er schloß aus seinen Ergebnissen, daß es in der Mindeleiszeit 2 Hauptvereisungen gegeben habe. Die ältere ist freilich nur durch den Lößlehm gekennzeichnet. Das Gletschereis war damals noch nicht weit über das Vorland geflossen. Nur in der jüngeren Vereisungsphase ist der Gletscher über unser Gebiet vorgerückt und zwar weiter als später während der Riß-Eiszeit.

J. KNAUER's zweiter Schluß war: es gehöre der basale Deckenschotter nicht, wie Albrecht PENCK glaubte, in die Mindeleiszeit, sondern mindestens in die Günzeiszeit, womöglich sogar in eine „Donau-Eiszeit“. Für die letztere Möglichkeit konnte nun aber aus den ausgezeichneten neuen Aufschlüssen, die nachfolgend geschildert werden, auch kein nur geringfügiger Hinweis aufgefunden werden.

Ebenso wenig dürfte aus dem Umstand, daß sich über dem Günz/Mindel-interglazialen Verwitterungsboden zunächst ein (danach verlehmt)er Löß und erst über diesen eine Mindel-Kiesmoräne abgelagert hat, der Schluß möglich sein, der Löß gehöre einer „älteren Mindeleiszeit-Phase“, nämlich „Mindel I“ an (J. KNAUER 1938, S. 42, 44).

Ein sich allmählich entwickelndes Eiszeitklima wird während der doch wohl langdauernden Zeit der Gletscheranschwellung und Eisfüllung des Gebirges im Alpenvorland infolge des alpinen Luftdruck-Maximums zunächst ein kaltes Steppenklima mit periglazialen Lößstaub-Transporten verursacht haben. Als dann, nach dieser älteren Mindelzeit, die alpinen Haupttalglatscherströme immer weiter in das Alpenvorland hinausflossen, wurde — während der jüngeren Hocheiszeit also — der Löß (wahrscheinlich dank der anschließenden kalten Regenzeiten) entkalkt und so von den Moränen des nun ankommenden Gletschers zugedeckt. Daß ein starkes Gletscherwachstum nicht nur Kälte, sondern auch wachsende Niederschläge voraussetzte, ist schon bekannt.

Somit sehe ich keinen Grund, zwei scharf getrennte Mindeleiszeit-Phasen anzunehmen. Diese Sedimentfolge ist — wenigstens auf einer Landschwellenzone, wie sie am Gleißental ja vorliegt — durchaus verständlich. Es handelt sich um den sedimentären Normalablauf einer Großklimaschwankung. Unsere zusammenhängenden Aufschlüsse haben diese normale Faziesfolge auch bewiesen für die Riß- und Würm-Klimaschwankung.

Es fällt auf, daß im Bereich der Hochzonenbehälter-Grube über steinigem Günz/Mindel-Lehm eine Schotter-Moräne der Mindeleiszeit mit reichlichen Kristallin-Geröllen und Blöcken und gekritzten Geschieben (angeätzt?) beschrieben wurde. Da handelte es sich offenbar nur um eine lokale Moränenfazies mit einigen „geschrämten“ Geschieben. Sie hat J. KNAUER offenbar wegen der Lage außerhalb der sonst bekannten Rißmoränenzone zu dem Schluß geführt, daß die Mindelvereisung auch im Isarbereich weiter als der Rißgletscher in das Vorland vorgedrungen ist.

Zutreffend wurde dieser Schluß erst, weil sich nunmehr herausstellte, daß nicht die Schottermoräne im Behälter-Aushub, wohl aber der sie überdeckende steinreiche Lehm eine tiefverwitterte Grundmoräne ist. Unsere langaushaltenden Grabenaufschlüsse haben gezeigt, daß KNAUER's Mindelschotter-„Moräne“ weiterhin keinen Hinweis für Eisrandnähe erkennen läßt und daher besser als „Mindelschotter“ zu bezeichnen ist.

Noch eine weitere Schlußfolgerung innerhalb der im übrigen den Beobachtungen ausgezeichnet angepaßten Deutungen KNAUER's ist zu prüfen:

Warum nahm der Genannte an, daß seine rißeiszeitliche (unverkittete) Moräne einer älteren Rißeiszeit angehörte? J. KNAUER wollte eine solche auf Grund seiner Kartenaufnahme Blatt Landsberg, Teilblatt Holzkirchen 1929; Teilblatt München-Starnberg 1931 außerhalb der Würmmoränen (vgl. unsere Abb. 2) abtrennen. In seinem Profil „von Höllriegelskreuth“ (eigentlich von Kreuzpullach) sollte der ältere Lößlehm schon allein Repräsentant der Günzeiszeit sein, so daß diese dann als „Donauzeiszeit“ erschien. Die ältere

Rißmoräne soll weiter außen, die jüngere weiter innen liegen. An beide Stillstandslagen schloße sich ein eigener Schotter an.

Diese — angesichts allzuwenig tiefer Aufschlüsse — schwierigen Fragen, besonders die Frage danach, ob der jüngere Stillstand zur Riß-Abschmelzzeit oder nach einem vorletzten, bedeutenden Abschmelzrückzug durch einen neuen Eisvorstoß zustande kam, sind noch ganz ungeklärt. Darum bedarf zugleich eine Abtrennung eines Riß I von einem Riß II jeweils der Begründung. Es gibt gewiß anderswo zwei verschieden hohe Riß-Terrassen. Aber deren Wertigkeit steht noch dahin. Wir werden unten bei Besprechung unseres Grabenprofils an der Kreuzung Karolinen/Ludwigs-Geräum auf diese Frage zurückkommen. Die fortgeschrittene Erkennung der sehr ausgedehnten Altwürm-Schotter und deren mögliche Verwechslung mit Rißschotter wird gleichfalls zu bedenken sein.

Die hier kritisierten Versuche der scharfen Zergliederung der — abgesehen von Interstadialen — einheitlichen Eiszeiten entsprangen offenbar dem Glauben (B. EBERL, J. KNAUER u. a.) an die Richtigkeit der so schön exakt aussehenden Klimakurve von MILANKOVIČ. Man suchte fleißig nach Beweisen in den pleistozänen Ablagerungen und verlor etwas die Kritik.

3) Das Gleißental-Profil

Auf Tafel I rechts wurde in 10facher Überhöhung die Schichtenfolge dargestellt, welche beiderseits der alten, heute wasserfreien Entwässerungsrinne des Gleißentals durch den Wasserrohrgraben vollständig aufgeschlossen wurde. Abb. 3 gibt eine Profilskizze der beiden älteren Glazialschotter und deren Überlagerung durch die über sie vorgerückten Grundmoränen, die stark verwittert sind und auch in Orgellöchern in beide Deckenschotter hinabgreifen.

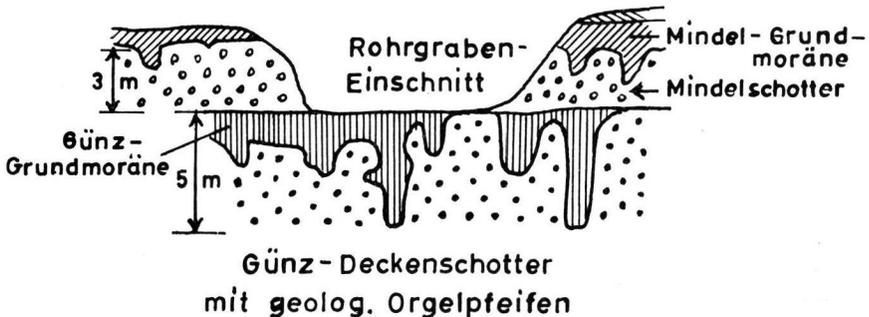


Abb. 3. Der Günzschotter mit den großen, der Mindelschotter mit den kleinen geologischen „Orgelpfeifen“, beide bedeckt durch die als Grundmoränen erkannten, in den nachfolgenden Zwischenzeiten tief verwitterten, steinigen Lehmen. Westhang des Gleißentales.

Man sieht mittelfest verkitteten Günzdeckenschotter, daneben teilweise bedeckt von bis 1 m mächtigem, steinigem, kräftig kreßbraunem Verwitterungslehm. Dieser greift hier bis 4 und 6 m tief in geologischen Orgelpfeifen oder „Zapfen“ in den Günzschotter hinab. Über den oberen Orgelpfeifen-Enden kann auch sogleich Mindelschotter beginnen, der wieder überlagert ist von Lehm, der von oben her in den Schotter hinabgreift mit weniger tiefen Orgelpfeifen.

Der Günzschotter oder Ältere Deckenschotter

ist in dem Wasserrohrgraben maximal 5 m tief aufgeschlossen. Nach den Bohrungen in der Nachbarschaft ist er etwa 14 m mächtig und liegt unmittelbar über dem obermiozänen Flinz. Der Schotter zeigt kaum Schichtung, ist hier mittelfest zu Nagelfluh verkittet und enthält nur wenige kristalline Gerölle. Dort, wo gegenüber dem Ort der Abb. 3 an dem östlichen Gleißentalabhang der Wasserrohrgraben-Aufschluß wieder anstieg zu dem da-

neben beginnenden Kreuzpullacher Hochzonenbehälter, war der Günzschotter nur 3 m mächtig aufgeschlossen. Hier erweist er sich weniger verkittet, offenbar infolge einer späteren Teil-Auflösung des ehemals kräftig verkittenden Kalkzements. Eine hier beobachtete starke Schotterverlehmung mag sich aus der Hanglage erklären. Die Gerölle sind kräftig verwittert, außerdem gegen oben von einer ziemlich dicken Kalkkruste umhüllt.

In den verschiedenen, jetzt schon verwachsenen Steinbrüchen am Gleißental ist dieser untere Deckenschotter teilweise massiv zementiert. In ihm konnte man durch Jahrzehnte die von ihrem Lehminhalt entleerten geologischen Orgelpfeifen angeschnitten studieren. Irgendwelche Anzeichen von Eisrandnähe des Günzschotters konnten hier nicht festgestellt werden.

Der chemisch kräftig zersetzte k r e ß b r a u n e Lehm greift örtlich bis über 1 m mächtig über die Lehm-gefüllten Orgelpfeifen hinweg und zeigt in diesen keinen Unterschied.

Daß es sich hier um sehr intensiv verwitterte G r u n d m o r ä n e handelt, das zeigte sich an den im weiteren Verlauf des Grabens sichtbaren kristallinen Blöcken in ihm. Die in dem Lehm noch eingeschlossenen Steine sind chemisch zersetzt; die Blöcke sind zu Grus geworden. Das ist offenbar die Verwitterungs-Wirkung der nach dem Abklingen des Glazialklimas während des folgenden Günz/Mindel-Interglazials herrschenden Warmzeit. Über die Ergebnisse der chemischen Analyse dieser Böden berichtet E. C. KRAUS 1965.

Der Mindelschotter oder Jüngere Deckenschotter

liegt hier an dem mit 30° aus dem 100 m breiten Gleißental aufsteigenden Wasserrohrgraben ohne eine Zwischenschicht über dem Günz/Mindel-Boden. Gleich SO-lich des Gleißentales hat man jedoch, wie wir hörten, in der Baugrube des Hochzonenbehälters nach J. KNAUER statt dem Mindelschotter auf dem Günz/Mindelboden noch einen von 0 m auf 1,8 m anschwellenden Lößlehm (Abb. 1). Da wir in unserem Präwürm-Gesamtprofil drei verschieden alte Lößlehm-Zwischenlagen haben, sprechen wir hier von dem „U n t e r e n L ö ß l e h m“. Es liegt nahe anzunehmen, daß hier spätestens das kräftig fließende Gewässer, welches den Mindelschotter herbeibrachte, einen Teil des Unteren Lößlehms fortgespült hat.

Der Mindelschotter mißt am Gleißental nur 1,5—3 m. Im Gegensatz zu dem Günz-Deckenschotter fällt an dem Mindel-Deckenschotter sogleich die bedeutende Menge der Kristallin-Gerölle auf. Anzeichen für eine glaziale Moränenfazies fehlen. Dieser Jüngere Deckenschotter liegt mit bemerkenswert ebener Unterfläche über dem Günz/Mindel-Lehm.

G ü n z / M i n d e l - L e h m

Dieser kreßbraune Lehm enthält in dem Wasserrohrgraben SW von der Ziegelei Laufzorn lauter weich oder grusig zersetzte Gesteine, darunter viele kristalline aus den Alpen. Von diesem steinigen Lehm ragen auch in den Mindelschotter Orgel-Pfeifen hinab, die jedoch alle kürzer sind als die in den Günzschotter eingelassenen und durchschnittlich 2—3 m Länge haben. Wieder ist kein Unterschied erkennbar zwischen der — sehr chaotischen — Zusammensetzung des Mindel/Riß-Lehms über den Orgelzapfen und in diesen.

Nach oben ziemlich fluidal, geht dieser kreßbraune, mitunter etwas rötliche Lehm mit vielen Steinen über in eine immer hell bräunlichgelbe Schicht von entkalktem Löß, also einen „Mittleren Lößlehm“. Er mißt 1—2 m und hält weithin aus. Eine Ausnahme zeigt eine Stelle bei etwa 170 m Grabenlänge ab Gleißental, wo man über dem Günz/Mindel-Kreßlehm statt des Mittleren Lößlehms den basal blockführenden und moränenschottrigen R i ß s c h o t t e r sieht.

Bald senkt sich im Graben die Oberkante des Mindel/Riß-Lehms gegen NW, so daß dann dieser Rißschotter bis zu der Kiesgrube bei Längs-Kilometer 1,656 den Hauptteil der Grabenwände ausmachte. Er ist, wie Bohrung 1 ergab, über 7 m mächtig und reich an kristallinen Geröllen.

Auch über diesem Schotter, in dem keine Nagelfluh-Verkittung vorhanden ist, liegt ein bis 1,5 m starker, meist rotbrauner Lehmboden. Er greift mit breiten Trichtern, oft auch mit schmalen, nur 8—15 cm dicken Zapfen in den Rißschotter hinab. Nur bis 1 m lang werden diese senkrechten, man möchte sagen „jungen Orgelpfeifen“ in dem Rißschotter. Ganz deutlich enden diese Verwitterungslehm-Taschen oder -Trichter mit einer bis 20 cm breiten Zone besonders stark verwitterter Gerölle gegen den noch frischen Rißschotter. Auch weißliche, kaolinische Entfärbung, pulvrig zerfallendes Dolomit-Geröll und schwarze, offenbar durch MnO_2 gefärbte, mürbe Gerölle gibt es hier. An den echten Orgelröhren im Günz- und Mindel-Schotter fehlt diese Randfront hochgradiger Zersetzung.

Die Füllung des Gleißentales

Bevor wir die Beschreibung des Rohrgrabens mit Bohrung 1 fortsetzen, können die in der Senke des Gleißentales selbst durch den Graben aufgeschlossenen, jüngeren Schichten gekennzeichnet werden.

Von oben, also von der heutigen Gleißentalsohle in rd. 589—590 m NN, fand sich folgendes Schichtprofil:

- 1—1,5 m kiesiger Lehm bis lehmiger Kies. Seine gelegentlich etwas gegen S und O geneigte Basalschicht zeigt bis 35 cm dicke Stücke oder Linsen von hellbraunem Feinsand, übergehend in eine Art Lößlehm.
- Über 1 m Schotter, gegen oben lehmig, gegen unten unregelmäßig verkittete Nagelfluh.
- 0,7 m brauner, etwas kiesführender Lehm.
- 0,1 m schwarzer, humoser Lehmboden mit Nestern von schwarzen Laubblättern;
- fast 1 m schokoladebrauner Lehm; er war nur kurze Zeit aufgeschlossen.

Leider ist es nicht gelungen, das Alter der Pflanzenblätter zu bestimmen. Es dürfte sich um Talalluvionen handeln. Sie werden in das heute trockenliegende Gleißental eingelagert worden sein, das trotz seiner teilweise harten Nagelfluhen einst durch die Würmschmelzwässer des Isartalgletschers kräftig zerschnitten worden war.

Die Bedeutung der Bohrung 1 (Tafel I).

Etwa bei Längskilometer 1,75 des Wasserrohrgrabens konnte die Fortsetzung der alt-diluvialen Schichten am Gleißental durch Bohrung 1 geklärt werden. Unweit der Kiesgrube im Rißschotter mit Nagelfluhbänken fand sich bei der Bohrung unter diesem eine Bank von Mittlerem Lößlehm und unter diesem 3 m stark der rotbraun verwitterte Mindel/Riß-Lehm. Er griff mit vhm. kurzen Orgelröhren hinab in eine Mindelschotter-Nagelfluh, die am Gleißental nur bis 3 m, in der Bohrung aber 17 m besaß.

Dementsprechend beginnt der hier erbohrte, dunkelbraune Verwitterungsboden der Günz/Mindel-Interglazialzeit erst in 579,3 m NN, also 13 m tiefer als am Gleißental. Die Deckenschotter-Oberkante liegt in 578 m NN.

Weil die übrigen Schichten in Bohrung 1 jenen am Gleißental ähneln, wird durch die etwas anschwellende Mächtigkeit des Mindel-Deckenschotters eine in der Mindelzeit zur Ausfüllung gekommene Talung angezeigt. Deren Gestalt im einzelnen ist natürlich noch unbestimmt. Wir sehen aber aus den geringen Mächtigkeiten des Vorwürm-Diluviums am Gleißental und am Hochzonen-Behälter, daß im Gleißentalbereich eine Landschwelle vorlag.

Die nächste Schwelle hat dann der Aufschluß des Wasserrohrgrabens vom Oberndorf-Geräumt an aufgedeckt.

Die Schwelle südwestlich von Ziegelei Laufzorn

Am Waldrande SW der Ziegelei, wo der Graben aus seiner O-W-Richtung gegen NW in das Sauschütt-Geräumt umbiegt, streicht oben gegen NW der Rißschotter in die Luft aus. Gleichzeitig keilt aber auch unten gegen NW die Mindelschotter-Nagelfluh gegen NW aufsteigend aus.

Der Mindelfluß, der seinen Schotter nur dünn ausbreiten konnte, empor bis auf die Gleißental-Schwelle, fand während seiner Laufzeit an der „Laufzorner Landschwelle“ sein NW-Ufer. Die Folge ist, daß auf dieser Schwelle die beiden Verwitterungslehme: der über dem Günzschotter und der bisher über dem Mindelschotter gelegene Verwitterungslehm unmittelbar übereinander zu liegen kamen (Tafel I). Beide tragen hier auf sich, wie üblich, einen hellgelblichen 1—2 m mächtigen Lößlehm; nämlich den „Unteren“ bzw. den „Mittleren“ Lößlehm.

Wollte man unsere Profildarstellung in Tafel I dadurch abändern, daß man die Mindelschotter-Nagelfluh westlich unter die Laufzorner Schwelle bis an die Nagelfluh an dem Isartal fortlaufen läßt, so würde man in der Laufzorner Schwelle oben das Übereinander unserer beiden Verwitterungslehme mit ihrem Lößlehmdach und die Höhenlage des Günz/Mindel-Lehmes über dem Mindelschotter, also eine unmögliche Lage bekommen.

Aber nun: Wie ist das möglich, daß der Verwitterungslehm eines (Mindel-) Schotters sich selbständig macht, um allein sich weiter auszubreiten — auch ohne den Schotter, aus dem er stammt, unter sich zu haben? Der Mindelschotter ist ja, wie die Tafel I zeigt, gegen NW ausgekeilt!

Ohne Zweifel ist jener „Schotter-Verwitterungslehm“ genau der gleiche wie in seiner Fortsetzung in Bohrung 1 und über dem Mindelschotter im Gleißental; und derselbe „Verwitterungslehm“, der dort über dem Günzschotter liegt, der auch die langen Orgelpfeifen in diesen hinabsenkte, erscheint nun wieder zu unterst in der Laufzorner Schwelle.

Ich bezeichnete nun auf Tafel I diese „steinigen Verwitterungslehme von beiden altpleistozänen Schottern“ als „Grundmoränen“ über diesen.

Die Berechtigung hierzu ergab sich nämlich am 3. November 1961, als längs dem Sauhöf-Gräben der hier bis über 7 m tiefe und oben rd. 15 m breite Wasserrohrgraben im SW von Laufzorn der Beobachtung zugänglich gemacht worden war. Zusammen mit Dr. G. HABER konnten folgende Profile notiert und fotografiert werden:

- 1,5 m Gelblichgrauer, degradierter Lößlehm (davon die Probe Nr. IV) gegen unten mit blaß-weißlichem Belag auf den Klufflächen.
- 4—5,5 m Krefbrauner fettig-lettiger Lehm von oben bis unten mit stark verwitterten, teils gerollten, teils eckigen Steinen jeder Korngröße, ohne jede Schichtung. Die Steine sind weich, zerfallen. Besonders gegen unten hat man Blöcke teils aus ehemaligen Karbonatgesteinen, teils aus Gneis oder Phyllit. Eine Stelle zeigte einen eckigen bzw. runden Gneisblock von Kubikmeter-Größe mitten im Mindel-Verwitterungsboden. Zu unterst im Graben ragte unter diesem an den Wänden noch eine Schicht von hellbräunlichem Lößlehm über die Grabensohle empor. An den Klüften des Bodens hatte sich ein schwarzbrauner MnO_2 -Belag angesiedelt. Die Findlingsblöcke waren völlig vergrust, und ihre in den Graben noch hineinragenden Teile vom Bagger unschwer herausgeschnitten worden.

Es ist somit völlig klar, daß hier nicht etwa das normale Verwitterungsprodukt eines Mindelschotters vorliegen kann, der hier darunter fehlt, sondern eine ehemals Mergelreiche, echte Grundmoräne, ein „Geschiebemergel“, mit einer großen Zahl erratischer Blöcke von bis 2 m noch sichtbarer Kantenlänge.

Diese Grundmoräne war im Aushub für den Hochzonenbehälter mangels solcher Blöcke von J. KNAUER als solche nicht erkannt worden, auch nicht von meinem verehrten Lehrer und früheren Vorgänger, Professor Dr. A. ROTHPLETZ.

Die Entstehung der geologischen Orgel-Pfeifen

Mit August ROTHPLETZ war ich vor 1914 mit bei dessen Untersuchung des Orgel-Problems in den schon damals kaum mehr im Abbau begriffenen Deckenschotter-Steinbrüchen am Gleißental. Dem Genannten kam es damals sehr an auf die Beschaffenheit der Nagelfluh-Rohrwand unmittelbar dort, wo die steinreiche, braune Lehmfüllung der betreffenden Orgelpfeifen gelegen hatte. Diese Füllungen waren zu jener Zeit an den Stein-

bruchwänden bereits ausgefallen. Die Rohrwand-Kontaktfläche war — das sah man schon damals und noch klarer 1961/62 in dem frisch ausgebaggerten Wasserrohrgraben — nicht etwa eine stark zersetzte Verwitterungsfront zwischen der Rohrfüllung und der Nagelfluh-Rohrwandung. Nur wenige von den (vorwiegenden) Karbonatgeröllen ragen ein wenig in das Rohr vor. Auch sie sind fast intakt. Im übrigen sieht man meist eine glatte Rundung der Rohrwandung. Natürlich kommen aber auch die Festigkeits-Unterschiede der Nagelfluhbänke mitunter dort zum Ausdruck, wo die Röhren schwache Einengungen zeigen. Aber eine Verwitterungszone mit der scharfen Geröll-Zerstörung der Geröll-Skelette, mit den Braunstein-Ausscheidungen usw., wie sie etwa unter dem rötlich-kreßfarbenen Boden über dem Rißschotter bekannt ist, fehlt an den Orgeln. Mit Recht dürfte daher A. ROTHPLETZ 1913 und 1916 aus dem Fehlen einer solchen Randverwitterungszone an den Wandungen der Orgelpfeifen auf einen großen Unterschied geschlossen haben zwischen normalen Verwitterungstaschen oder -Trichtern und Orgelröhren. Diese Röhren schienen ihm damals „irgendwie“ vorher ausgestrudelt worden zu sein und anschließend gefüllt durch einen bereits mehr oder weniger verwitterten, steinigen Lehm.

Mit unserem Problem beschäftigte sich auch O. M. REIS 1922, S. 156 f. Wie die meisten Beobachter hielt auch er die Orgelentstehung als alleinige Folge der Verwitterung. Darum schien ihm die Tatsache sehr unverständlich, daß die Röhrenfüllung schon rein quantitativ unmöglich der Verwitterungsrückstand allein der sie vorher füllenden Nagelfluhmasse sein kann. Man müsse daher, so führte er aus, annehmen, die Röhren hätten sich vorher zu breiten und hohen Trichtern erweitert. Deren Verwitterungsreste hätten sich, allmählich nach unten sinkend, in der Röhre angesammelt. Wie sich solche breiten, hohen Trichter und spitzen Rohren in einer dicken Nagelfluh, die dann verwitterte, bilden konnten, sagte er nicht.

Bei diesem Gedanken war auch übersehen, daß diese tiefen Röhren oft gesellig 2, 1, ja oft nur $\frac{1}{2}$ Meter voneinander entfernt in guten Aufschlüssen, wie gerade am Gleißental, zu finden sind. Da hätten doch die Trichter oben ineinander übergehen müssen. Wieso oben eine allgemeine und chemisch intensive Raumverwitterung der ganzen Nagelfluhe, vom Beginn der engen Röhren ab aber eine sauber eklektische Verwitterung allein in einzelnen Löchern? Es fehlt eine lineare Anordnung der Röhren, die auf eine Erleichterung der Lochverwitterung hinweise. An der Normalverwitterung, die wir auf Riß- oder Niederterrassenschotter sehen, entstehen basal die vielen Trichter, mit deren Verbreiterung und Vertiefung die Verwitterungsfront abwärts vordringt. Der rostbraune bis rotbraune Verwitterungsboden hat einen Außenrand von völlig zerstörten Geröllen, von kaolinischen bzw. von Braunstein-Ansammlungen. Nichts davon und auch keine Randfärbung dieser Art lassen die frischen, noch lehmgefüllten Röhren an dem Randkontakt gegen die Nagelfluh erkennen! Gewiß, die Röhren stehen senkrecht, die Raumverwitterungsfront liegt waagrecht. Aber man vermißt einen verstehbaren Grund für das Eklektische der doch auch nach unten vorgearbeiteten Röhren-Verwitterung.

Wir kennen tatsächlich nur eine natürliche Bildungsmethode, welche senkrechte Löcher bis zu 6 m tief in festen Fels vortreiben kann: das ist das Ausstrudeln des mehr oder weniger mit Sand oder Geröll bewaffneten Wassers. So konnten doch alle unsere Klammern und Riesentöpfe entstehen. Diese sind freilich meist weniger regelmäßig und haben größere Durchmesser. Aber solche sitzen ja nicht in der Nagelfluh, sondern in Kalk, Dolomit Sandstein oder Kristallin. Eine unvollständig zementierte Nagelfluh dürfte anderes Bohren ermöglichen, indem sie genügend Geröll und Sand dem Wasserwirbel liefern. Experimente können solche Möglichkeiten klären.

Das „Irgendwie“ der in schmalen Röhren konzentrierten Tiefbohrung im Kleinen konnte A. ROTHPLETZ nicht, das „Zuwenig“ eines Verwitterungsrückstandes nur der in einer Nagelfluhröhre vorhandenen Gesteinsmasse konnte O. M. REIS nicht beantworten.

Wir sind in der Frage heute einen Schritt weiter, wenn wir erkannt haben, daß dieser Verwitterungslehm über und in den geologischen Orgelpfeifen ursprünglich Grundmoräne gewesen ist. Das war kein Nagelfluhschotter. Sowohl über der Günz- wie über der Mindel-Nagelfluh verwitterten die Grundmoränen der Spätgünz- bzw. der Spätmindel-Eiszeit. Aber vorher hatte das Eis der Gletscher über den Frühgünz- bzw. über den Frühmindel-Schotter (bereits mit einem Minimum an Verkittung) seine Grundmoräne ausgebreitet, und unter dem oben tauenden Gletschereis entstehen diese Ausstrudelungen des Schmelzwassers, die Riesentöpfe, verschieden gestaltet je nach dem Gestein.

Der hohe Gehalt einer Grundmoräne an Pelitschlamm, den sie durch den langdauernden Basaltransport aus dem dabei zerriebenen Gestein erhielt, der auch als „Gletschermilch“ zutage tritt und wohl den Hauptbestandteil der glazialen Bändertone bildet, dieser aus dem überwiegend kalkalpinen Gestein gemahlene Mergel ist die Hauptkomponente der „Geschiebemergel“. Zugleich war er die Voraussetzung für die regional gleichmäßig wirksam gewordene Raumverwitterung unserer beiden altpleistozänen Grundmoränen. Dabei konnte der Pelit das verwitternde, CO₂-führende Niederschlagswasser kapillar festhalten und kapillar erneuern. Über das wirksam gewesene interglaziale Klima Näheres bei E. C. KRAUS 1965.

Die ausstrudelnde Energie des bohrenden Schmelzwassers, das durch die Gletscherspalten des hier 100 oder mehr Meter dicken Eises herabstürzte, stand also zur Verfügung. Wenn Löcher, aber keine Lochreihen oder Kerben in der Stromrichtung des Gletschereises entstanden, so mag dies zusammenhängen mit der bereits erreichten Randlage des Isargletschers. Hier gab es wohl nur kleine Oszillationen oder Stillstand, vielleicht schon Toteis. In bereits begonnene Bohrlöcher auf der Nagelfluh setzte herabstürzendes Schmelzwasser, wenn auch mit Unterbrechungen, immer wieder neu seine Bohrmühle in Bewegung.

Weil also während der beiden ersten Eiszeiten unten Schotter, darüber aber Grundmoräne gelegen war, versteht man nun unschwer die sonderbare Verteilung der Verwitterungslehme: oben regional raumgreifend, unten allein in Orgelpfeifen. Diese waren erfüllt von etwas Schmelzwasserschutt, zur Hauptsache noch mit Grundmoräne. Darüber und in den Orgelpfeifen verwitterte der Pelit-reiche Geschiebemergel nachfolgend während der Günz/Mindel- bzw. Mindel/Riß-interglazialen Warmzeit.

Dabei herrschten in den Pelit-Kapillaren der Grundmoräne sowie in den bereits bestehenden geologischen Orgel-Pfeifen grundsätzlich andere Verwitterungsbedingungen als man sie in dem obersten Teil eines an Kalk- und Dolomitgeröllen reichen, wasserdurchlässigen Schotters der letzten Zwischeneiszeit kennt — obwohl sehr wahrscheinlich während jeder Zwischeneiszeit annähernd das gleiche warm-feuchte Wechselklima wirksam gewesen war. Darum gibt es innerhalb unserer Grundmoränen auch nicht die Erscheinungen der in einen Schotter hinabrückenden Verwitterungsfront, Erscheinungen, welche wir vorher vermißten.

Gleichartiges Klima dürfte in Abhängigkeit von der Gesteinsart abweichende fossile Böden hinterlassen haben. Aber die Orgelpfeifen selbst sind subglazialer Entstehung.

Weitere Beobachtungen in der Laufzornner Schwelle (Vgl. Abb. 4)

Der flache Aufstieg der Schwelle SW Laufzorn ermöglichte es im Wasserrohrgraben hier wieder Günz-Ablagerungen zu studieren („1“ und „2“ in Abb. 4). Über dem Flinz folgt normal der wechsellvoll, gegen unten meist nicht zu Nagelfluh verkittete Günzschotter. Er wird als Vorstoßschotter der ersten Eiszeit anzusprechen sein. Über ihm folgt das Sediment des weitesten Gletschervorstoßes, die Junggünz-Grundmoräne, und darüber mit kryoturibat gestörter Folge der „Untere Lößlehm“. Er wurde am Gleißental nur im Aushub für den Hochzonenbehälter gefunden.

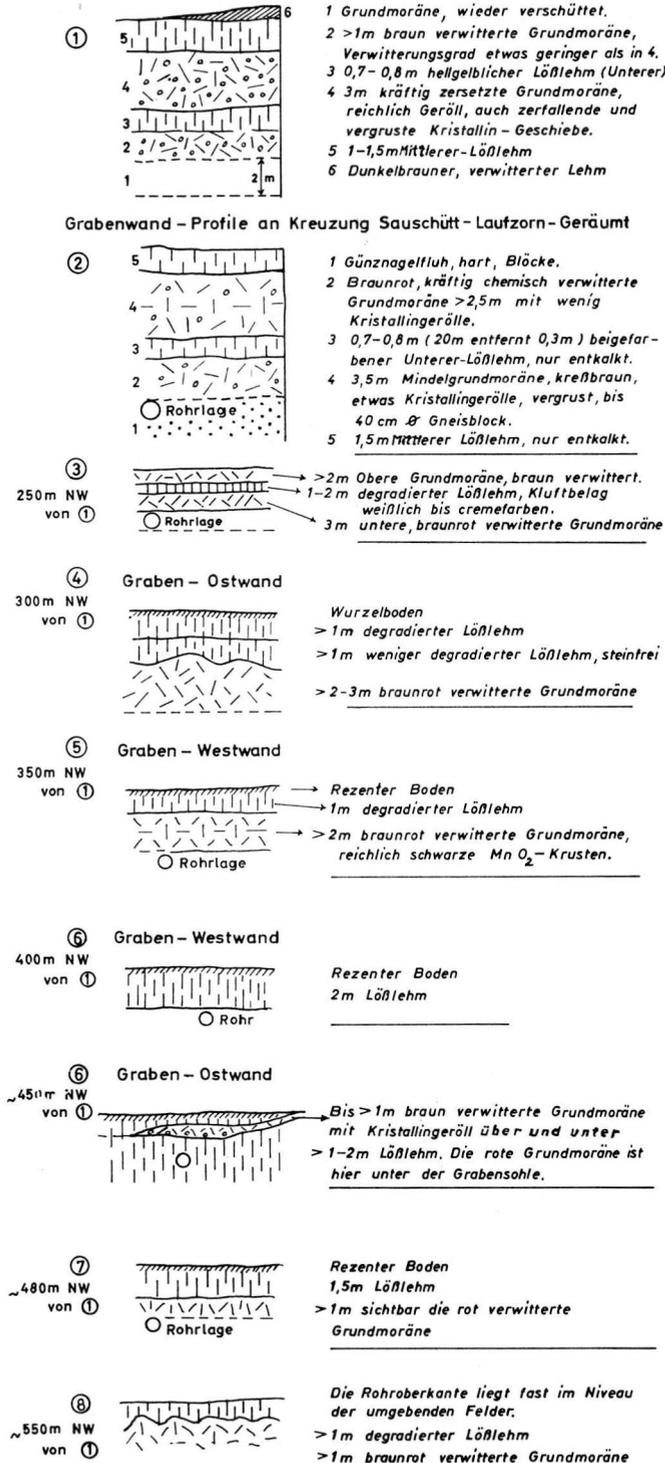


Abb. 4. Spezialprofile der auf Tafel I mit Zahlen im Ring versehenen Stellen auf der Laufzorn-Hompesch-Schwelle.

Von dem Auskeilen des Mindelschotter gegen die Laufzornerschwelle und von dem unmittelbaren Übergreifen des tief verwitterten Lehms, der sich mit seinen Blöcken als Jungmindel-Grundmoräne erwies, hörten wir. Er geht nach oben unter kryoturberen Grenzstörungen genau so in Lößlehm, den „Mittleren Lößlehm“, über, wie die Junggünz-Grundmoräne nach dem „Unteren Lößlehm“.

Die Jungmindelmoräne schließt im NW des Oberndorfer Geräumts besonders viele erratische und vorwiegend kristalline Blöcke ein. Sie stecken in einer käsig-weichen Grundmasse, die noch etwas intensiver zersetzt zu sein scheint als die Günzgrundmoräne. Auch spricht man nicht gern von „Blöcken“, wenn sie grusig zerfallen und vom Bagger ohne weiteres so wie die weiche Umgebung mit ihrem Grus ausgehoben werden konnten.

Darf man voraussetzen, daß die Günz- und die Mindel-Grundmoräne annähernd durch das gleiche wiederkehrende Wechselklima verwitterte, so könnte man diesen an manchen Stellen nicht unerheblich stärkeren Zersatz der Mindelmoräne zurückführen auf die bekanntlich längere Dauer der Verwitterungszeit im großen Mindel/Riß-Interglazial. Weil die Tiefen der Orgelpfeifen im Mindelschotter höchstens halb so lang sind als die im Günzschotter, und wir schließen konnten, daß diese Pfeifen subglazial und nicht durch warmklimatische Verwitterung entstanden sind, spricht die geringere Orgel-Rohrlänge auch nicht gegen jenen Schluß. Diese Längen-Differenz kann eher noch mehr für die subglaziale Orgelentstehung sprechen.

Sehr verbreitet und auffällig sind die schon erwähnten kryoturberischen Schichtstörungen im Übergang von der Günz- bzw. der Mindelgrundmoräne unten zu dem Unteren bzw. Mittleren Lößlehm oben. Steigen doch die braunroten oder kreisfarbenen Grundmoränen mitunter wie flatternde Fahnen oder in verwischten Flecken oder Schollen, auch bogig verwickelt schräg, mitunter steil nach oben in den bräunlichgelben Unteren bzw. Mittleren Lößlehm empor.

Die mehr am NW-Teil der Laufzorn-Schwelle im Wasserrohrgraben möglich gewordenen Beobachtungen sind in den Graben-Profilen der Abb. 4 (unter „3—5“) festgelegt. Tafel I zeigt, daß sich die Schwelle gegen NW flach absenkt. Dabei wurde der Untere Lößlehm durch die direkt auf die Günz-Grundmoräne übergreifende Mindel-Grundmoräne weggeschnitten. Sehr ungewöhnlicher Weise taucht dafür gegen NW über der Mindelgrundmoräne und über deren normal aufsitzendem Mittlerem Lößlehm noch einmal die Mindelmoräne mit ihrer Lößlehm-Bedeckung auf. Wegen der zehnfachen Überhöhung des Profils in Tafel I sieht dieses Bild fast tektonisch aus. Aber von der Oberkante der Günz-Grundmoräne bis zu jener des höheren (Mittleren) Lößlehms mißt man hier mit 5 m nicht einmal die ganze Grabentiefe. Diese wird gegen NW rasch geringer. Die Grabenrandhöhen von 607,88 m NN und 608,18 m NN waren, als wir diese Stelle untersuchten, durch eine Planierraupe bereits stark bis auf den Mittleren Lößlehm abgetragen („6“ in Abb. 4).

Es entstand hier in der Schwellenzone die einzige, kurze Unterbrechung unseres im übrigen zusammenhängenden Wasserrohrgraben-Profiles. Zugleich verschwand nach unten die Günzserie der Laufzornschwelle. Aus der nur geringen Mächtigkeit der hier gedoppelten Mindelserie und entsprechend ihrer weichen Konsistenz wird man einen Abgleitvorgang zur periglazialen Eisbodenzeit verantwortlich machen können für die ungewöhnliche Doppelung. Dies um so mehr, als 50 m entfernt in („6“ in Abb. 4) auch ein in den Mittleren Lößlehm zungenartig hineingeglittener Ausläufer dieser abgleitenden Mindelgrundmoräne im Graben aufgeschlossen war.

In unseren beiden Grundmoränen wechselt die Rotfärbung infolge Verwitterung. Diese Farbe überwiegt in „2“—„4“ der Abb. 4. Die im Osten meist braune Mindelgrundmoräne erscheint gegen NW zu mehr rötlich.

4. Die breite Hochschwelle von Hompesch—Stierötz-Geräunt

Wir haben hier keine, etwa durch eine Zwischenlage von Unterem Lößlehm abgegrenzte Günzgrundmoräne, sondern wohl allein die teilweise recht lettige, rotbraune

Mindelgrundmoräne mit ihrer Überdeckung durch den Mittleren Lößlehm. Über 800 m Wasserrohr-Länge sah man nur diese Mindelserie, beginnend mit den durch „7“ und „8“ der Abb. 4 wiedergegebenen Stellen.

Nordwestlich der Querschnaise des Stierötzt-Geräums senkt sich das Gelände zu einem sanften, 180 m breiten und knapp 4 m tiefen Tal. Es ist durch den Mittleren, bräunlich-gelben Lößlehm in die braunrot verwitterte und wieder reichlich Kristallingesteine enthaltende Mindelgrundmoräne eingesenkt. Über dieser sieht man wieder kräftig kryptoturbate Grenzstörungen. Sie müssen nach der Mindel/Riß-Verwitterung und noch nach der Sedimentation des Mittleren Lösses, also wohl in der begonnenen periglazialen Eisbodenzeit des Riß entstanden sein.

In der Mitte zwischen Stierötzt- und Ludwigsgeraumt liegt am Grunde des hier über 6 m tiefen Wasserrohrgrabens das größte uns bekannt gewordene erratische Geschiebe: ein ziemlich eckig umgrenzter, weißlicher Biotitgneis-„Block“, der völlig vergrust ist. Soweit ihn der Graben angeschnitten hat, ragte er über dessen Sohle 1,5 m empor und mißt bei 3 m aufgeschlossener Breite 6 m Länge. Über ihm sieht man 3 m mächtig die braunrote Mindelgrundmoräne mit vielen, gleichfalls zerfallenden, runden oder eckigen Geschieben. Zu oberst breitet sich auch hier der bräunlichgelbe Mittlere (Frühriß-) Lößlehm aus.

Die Laufzorn-Schwelle ist kaum abgegrenzt von der Hompesch-Stierötzt-Schwelle. Gemeinsam bilden sie eine recht flache Schwellenzone, die mit 1550 m Breite in SO—NW von dem Rohrgraben durchschnitten wurde.

5. Die Riß-Serie zwischen dem Ludwigsgeraumt und dem Isartal

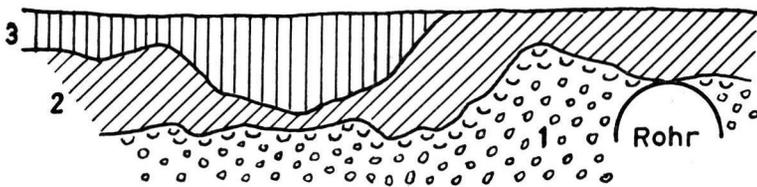


Abb. 5. Schichtprofil von Rißschotter mit Riß/Würmboden (kryptoturbat gestört) und „Oberem Lößlehm“ (Tafel I, Westteil). 10. IV. 1962.

Grabenwand am Ludwigsgeraumt südl. Diensthütte, Forstenrieder Park. 1: Grober Riß-Schotter, lehmig, gegen oben verwittert, oft weißlich zersetzt, mitunter schwach zementiert; 2: Rotbrauner Riß-Würm-Interglazial-Lehm, kiesreich. Gegen unten braunschwarze Nester von Mn O₂-Geröll, das umrindet ist und stark ausgelaugt, längs Klüften zerfallend. 3: Gelblicher Lößlehm, wenig Gerölle führend.

170 m NW von dem genannten flachen Tal senkt sich das ältere Pleistozän gegen NW ab, so daß über dem Mittleren, Frühriß-Lößlehm die Riß-Serie sich nach oben fortsetzt. Zunächst besteht sie hier nur aus wenig (1—3 m) mächtigem Rißschotter, in den von oben mit kurzen Trichtern der normal roterdige, interglaziale Verwitterungsboden von 0,4—1 m Dicke eingreift. Nach Ablauf dieser chemisch intensiven Verwitterung der Riß/Würm-Interglazialzeit lagerte sich darüber nun wiederum ein blaßbräunlicher, dann verlehmt Lößlehm, der „Obere“, offenbar aus der Kaltsteppenzeit des Frühwürms (Abb. 5). Deren periglaziale kryptoturbate Verlagerungen sind fortan in dem Graben sehr gut zu beobachten gewesen.

Dort, wo der Graben umbiegt aus der NW- in die O—W-Richtung des „Schilcher Stern“ und wo zugleich das Wörnbrunner Geraumt gekreuzt wird, endet die Darstellung der Tafel I und beginnt das Profil der Abb. 7. Sie zeigt, daß die gleichmäßige Verbreitung der Riß-Serie beiderseits die Land-Oberfläche bis an den Oberrand des Isartales bildet.

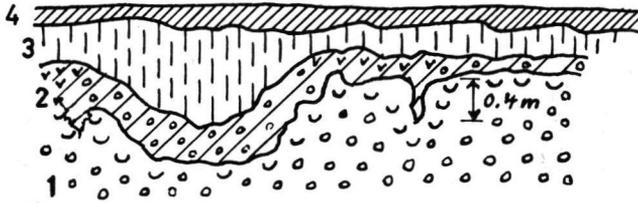


Abb. 6. Schichtprofil nahe W des Graben-Knicks Schilcher Stern/Wörnbrunner Geräumt (Ostrand von Abb. 7). 19. IV. 1962.

Grabenwand 30 m SO Grabenbiegung osö. Sauschütt. 1: Kiesreiche Riß-Grundmoräne, gegen oben stark zersetzt. 2: Lehm Boden, Gerölle stark zersetzt (Haken: Rotfärbung). 3: Lößlehm bis >1,2 m. 4: Waldboden.

In dem Rohrgraben waren weitere Beobachtungen möglich: Bis zum Schilcher Stern/ Maximiliansgeräumt nur auf 4 m tief, vertiefte sich der Graben dann auf 5 m. Abb. 6 gibt das Übergangsbild der Rohrgrabenwand am Ostrand der Abb. 7. Der Rißschotter ist recht lehmig und zeigt Übergänge zur Schottermoränen-Fazies. Sein Verwitterungsboden stammt also nicht aus Grundmoräne wie der Warmzeitboden nach der Günz- und Mindelzeit. Die Roterdefärbung des im allgemeinen kreißbraunen Bodens der altpleistozänen Grundmoränen ist aber dieselbe. Dagegen ist die Gestalt der abwärts vordringenden Verwitterungsfront mit ihren — in abgeschwächter Form ja auch auf der nachwürmisch verwitterten Niederterrasse sichtbaren Basal-Trichtern und mit den dem Rißboden eigentümlichen schmalen, bis etwa 40 cm langen Zapfen an Stellen der bevorzugten Versickerung der verwitternden Lösungen abweichend von den bereits S. 132 gekennzeichneten Orgelpfeifen unter den alten Grundmoränen.

Unter dem aufliegenden frühwürmischen „Oberen Lößlehm“ unserer vom Würmeis nicht mehr erreichten Zone wiederholt sich die vorher erwähnte kryoturbe Lagerungsstörung. Zusammen mit dem Lößlehm mißt die Riß/Würmboden-Mächtigkeit bis 2 m.

Der Rißschotter geht durch Einlagerung von bis kopfgroßen Blöcken (zum Teil aus Gneis), durch Zunahme des mergeligen Pelits, durch Erscheinen von gekritzten Geschieben und fehlende Schichtung im östlichen und westlichen Abschnitt unserer Grabenstrecke bis an das Isartal in Kiesmoräne, noch nicht in Geschiebemergel über. Hier dürfte durch eine Kiesreiche Moräne der letzte, kurze Gletschervorstoß vor Beginn der Riß/Würm-Warmzeit abgebildet worden sein (vgl. die Kreuze in Abb. 7).

Da auch in der Würmeiszeit zuletzt (nach der Verwitterung des Paudorfer Interstadialbodens) der raumgreifendste Eisvorstoß geschah — abgebildet durch die Jungwürmgrundmoräne —, wiederholte sich in allen Eiszeiten, wenn auch in verschiedener Moränenausbildung erkennbar, der größte Eisvorstoß im Isargletschergebiet kurz vor dem Beginn der jeweiligen Abschmelzzeit.

6. Die Rohrgraben-Aufschlüsse an den beiden Abhängen des Isartales (Abb. 7)

Zwei Bohrungen an dem SO-Abhang sowie Grabenaufschlüsse an der NW-Böschung des Isartales geben wenigstens hier einmal Aufschluß über die an den bewaldeten und durch Rutschungen unklar gewordenen Talhängen bisher so undurchsichtig gebliebene Situation am Isartal. In Bohrung 5 der Städtischen Wasserwerke München fand sich nächst der Oberkante des Tales ab 610,3 m NN Folgendes:

- Bis 0,6 m Kreißbrauner Verwitterungslehm der Riß/Würm-Warmzeit
- „ 3,7 m Rißschotter bis Schottermoräne
- „ 7,1 m Rißschotter-Nagelfluh
- „ 11,8 m Rißschotter
- „ 12,4 m wohl Rißmoräne
- „ 14,2 m grauer, sandiger Mergel

- „ 18,0 m Schottermoräne
- „ 29,1 m Nagelfluh mit dichtem Kalkzement, wahrscheinlich Mindel-eiszeitlich
- „ 31,4 m Schotter
- „ 35,2 m mergeliger Sand
- „ 45,0 m Kies; Linsen von Nagelfluh mit dichtem Kalkzement; wahrscheinlich Günz-eiszeitlich.
Ende der Bohrung bei 565,3 mNN.

In der auf der SO-Böschung des Tales in 581,06 m NN angesetzten Bohrung 6 zeigte sich unter 0,7 m Hangschutt:

- Bis 3,6 m rötlich-brauner Lehm
- „ 11,6 m Schottermoräne, offenbar der Rißeiszeit
- „ 26,8 m Nagelfluh mit dichtem Kalkzement, wahrscheinlich der Mindelzeit.

Diese Bohrung durchmaß vermutlich eine am Hang abgerutschte Scholle. Die Bohrungen wurden ausgeführt, um zu klären, wie weit der Rohrgraben in lockerem Schutt oder in festem Anstehenden zu liegen kommen wird. An dieser Talböschung konnte man in tieferer Lage flach in das Gehänge einfallende Nagelfluhplatten über und unter Hangschutt. Ich hielt sie nicht für anstehend, weil ähnliche Platten oder große Blöcke am Hang das abfließende Wasser stauen, den Hang erweichen, was den hangwärtigen Teil der Schollen zum Absinken veranlaßt, während der äußere Schollenteil auf trockenem Untergrund dagegen relativ steigt. Diese daher langsam gegen den Hang rotierenden Schollen (aufsitzende Bäume zeigen in ihrem Wuchs diese Rotation) stehen natürlich nicht an, was die Bohrung und der Hangschutt im Grabeneinschnitt bestätigt.

Der Flinz-Untergrund wurde in beiden Bohrungen nicht erreicht. Er wurde aber unter den Talalluvionen der Isar vom Graben überall angeschnitten und reicht an der anderen, NWlichen Talseite bis mindestens 556,6 m empor. Hier fand sich folgendes:

Günz-Schotter

Unter dem Niveau der Klettergartenstraße bei 563,79 m NN liegt zunächst, von oben beginnend:

- a) rund 1 m mächtig ein jung verwitterter, feiner brauner und lehmiger Sand mit Geröll-Linsen (viel Kristallin und Flysch) darunter
- b) ein bis 0,9 m mächtiger grober Schotter, der nach unten vorgreift in
- c) eine ziemlich lehmige, unsortierte Kiesmoräne, z. Teil verkittet. Darin 2—3 Kristallingerölle je m² wie im Günzschotter; insgesamt 3 m mächtig aufgeschlossen. Gegen oben ist dieser Moränen-Schotter zu braunem Lehm verwittert.

Etwa 3 m östlich von dieser Schichtfolge war der an Kristallingeröll (mitunter Gneis) sehr arme Günzschotter in 5,8—8,3 m Tiefe erbohrt worden. Er liegt hier bei 556,6 m NN auf blaugrauem Flinzmergel, der ab 12,8 m Tiefe grünlichgrau gefleckt ist.

Höher oben am NWlichen Isartalhang wurde an der nächsten Verflachung zwischen 576,3 und 577,4 m NN am 24. 10. 1962 im Rohrgraben wieder der Günzschotter angeschnitten und rd. 6 m mächtig aufgeschlossen. Hier ist er durch geologische Orgelröhren zerschnitten und durch dichtes Kalkzement verfestigt. Ich fand nur 1 Quarzgeröll im Schotter. Von der Lehmfüllung einer Röhre wurde Probe Nr. V aufgesammelt.

Gegen oben erwiesen sich die Günzgerölle als kräftig verwittert. Sie zeigen viel Dolomit und Kalkstein von Trias, Lias, von dunklen Kössener Kalken, einzelne rote Kalke, dunkelgraue Kieselkalke, Fleckenkalke, fast keinen Sandstein. Ein sicheres Geröll aus Flysch oder Helvetikum war nicht zu entdecken.

Nach ihrer Struktur scheint diese Günznagelfluh zuerst verkittet gewesen zu sein, dann aber verlor sie, wenigstens teilweise, ihren Kalkzement und erhielt Löcher und Höhlungen. Denn ihre nachfolgende Neuverkittung ist sehr massiv. Der neue, etwas bräunliche, dichte Kalk füllte nun die Löcher und Höhlungen von einer Größe, wie sie sich bei einer primären Schotterablagerung unmöglich hätten bilden können.

Diese sekundär versinterterte, versteinerte *Massiv-Nagelfluh* fiel mir auch in Bohrkernen auf, welche in Arget-Bohrungen aus Günz- oder auch aus Mindelnagelfluhen stammen (vgl. S. 152 und 153), immer aber nur im Altpleistozän. Jüngere Nagelfluhen fand ich bisher immer im Primär-Zustand. Man müßte diese Fragen in Dünnschliffen weiter verfolgen.

Von den beiden, verschieden hoch am SWlichen Isartal-Abhang auftretenden Günzschottern dürfte hier der untere um 12 m vom oberen als Scholle gegen das Tal zu abgeglitten sein. Dies wahrscheinlich auf der wassertragenden, daher als Schmiermittel wirkenden Oberkante des Flinzmergels. Eine größere Abgleitscholle fanden wir am SO-Hang des Tales.

Auch die Oberkante des Mindelschotters war in unserem Rohrgraben wieder gut feststellbar. Konnte ich doch bei rd. 591 m NN 2 etwas dickere, aber auch kürzere Orgelröhren mit brauner Lehmfüllung (Probe gesammelt) photographieren. Hier steckt — in offenbar auch vorher schon ausgekolkten Röhren — der Verwitterungsboden der Mindel/Rißwarmzeit im obersten Teil des Mindelschotters.

Abgesehen von den Lehm-gefüllten Orgelpfeifen wird auch er überlagert durch den *Rißschotter*. In diesem nimmt der Anteil an kristallinen Geröllen nach oben noch weiter zu. Ganz wie zu oberst auf dem südöstlichen Isartal-Gehänge, so ist nun auch hier im NW der rund 15 m mächtige Rißschotter zu einer kaum geschichteten Schotter-Moräne geworden. In sie hinab greift wieder wie über der Talhöhe im SO ein 1—2 m mächtiger, kräftig orange- bis kreßfarbener Boden, wieder nicht mit Orgelpfeifen, sondern mit Trichtern.

Auf diesem Interglazialboden der Hochterrasse sieht man nur noch wenig auskeilenden Sand oder Geröll mit vielem Kristallin. Das wurde vielleicht schon frühwürmisch abgelagert. Aber weithin sind die Terrassenfluren beiderseits des Isartal-Einschnittes durchaus nicht — wie man mangels guter Aufschlüsse aus morphologischer Sicht so angenommen hatte — Würm-Niederterrassen, sondern Hochterrassen der Rißzeit: Diese regieren auch hier die Reliefgestalt der Landschaft!

7. Der Wasserrohr-Abschnitt zwischen dem Isartal und der Neurieder Straße im Forstenrieder Park längs dem westlichen Ludwigsgeraüm

Der Wasserrohrgraben ist nun gegen NW längs dem Ludwigsgeraüm in die Rißterrassen-Oberfläche von N Buchenhain oder von 1,5 km S Bahnhof Höllriegelskreuth zunächst 5 m, dann nur noch 4—2 m tief eingeschnitten. Noch immer ist der Rißschotter mehr oder weniger lehmig. Auch neigt er zur Fazies einer Schottermoräne. Seine Verwitterungsrinde stimmt überein mit jener der im SO des Isartales weitergehenden Hochterrasse. In die nur sanfte und breite Talsenken aufzeigende Terrassenebene ist mehrfach bis 1,5 m Lößlehm eingelagert. Die unvollständige Nagelfluhverfestigung des Mindelschotters sieht man nahe W der Diensthütte P. 596.8 am alten Steinbruch. Hier zieht die sehr flache Rinne des „Ottertales“ in S—N durch, an der man gegen eine mitunter 1—2 m mächtige braunrote Lehmmasse erkennt. Nach der Kartierung von G. HABER erheben sich SO der Ottertalgung 3 flache Höhen, wahrscheinlich der Riß-Endmoräne.

Der Riß/Würm-Verwitterungslehm des Rißschotters in dem Wasserrohrgraben geht offenbar gegen SW über in eine ebenso verwitterte Riß-Grundmoräne, die gleichfalls auf Rißschotter liegt. Diese Grundmoräne scheint am Isargletscher-Außenrand teils in jene Randhügel, teils in die lehmige, kiesreiche Fazies des Rohrgrabens überzugehen.

Die verwitterte braunrote Grundmoräne ist der Mindel/Riß-Grundmoräne sehr ähnlich. Die Verwitterungsbedingungen eines warm/feuchten Wechselklimas dürften so ziemlich dieselben gewesen sein in beiden Interglazialen. Vgl. E. C. KRAUS 1965.

Der Untergrund im Westen des Isartales

In dem fast ebenen Terrassenfeld des Forstenrieder Parkes verfügen wir über die Aufschlüsse des langen Rohrgrabens, eines diesen gegen SW über 10 km lang fortsetzenden Kabelgrabens, sowie über die nördlich anschließenden Wasserbohrungen und die für den neuen Hochzonenbehälter NW Baierbrunn durchgeführten Bohrungen. Überall beherrscht die Erdoberfläche der zähe kreß- bzw. dunkelockerfarbene, oft kräftig braunrote Verwitterungsboden der Riß/Würm Interglazialzeit. Er kann bis 2,8 m dick werden oder abgespült sein bis auf seine basalen Trichter. Nur in den sanften Einbiegungen der Terrasse überdeckt ihn eine, offenbar aus Riß-Kies umgelagerte, dünne Gerölldecke oder etwas Lößlehm der Würmeiszeit, deren Moränen nicht mehr bis hierher gegen NO vorgeschoben wurden. So ist die Lage auch beiderseits der Neurieder Straße, welche den neuen Rohrgraben begleitet, der nordwärts bis Solln fortzieht. Die sehr fleißige bodenkundlich-geologische Kartenaufnahme von W. KÖHNE auf Blatt Baierbrunn 1921 mußte sich allein auf ganz seltene Anrisse, sonst auf Bohrstock-Untersuchungen und auf das Relief stützen. Unsere sehr reichlichen Neu-Aufschlüsse, kürzlich noch vermehrt durch 2 bis 12 m tiefe Kiesgruben, mußten uns zu abweichenden Vorstellungen führen. Wir lernten als Hauptträgerin der Terrassenfläche im Süden die mit gekritzten Geschiebeblöcken versehene, schichtungslöse Rißschottermoräne kennen, die lauter Übergänge nach dem etwas mergeligen, gut geschichteten Rißschotter zeigt. Zwar ist diese Rißmoränen-Fazies genähert der Erdoberfläche bis 10 m Tiefe vorwiegend entwickelt. Aber in den verschiedenen Teilbohrungen 1,5 km NW von Baierbrunn wurde sie festgestellt, auch in Tiefen zwischen 25—28 m, 3—20 m, 14—20 m, sogar 20, 5—30 m; und dies in 4 sehr nahe nebeneinandergelegenen Bohrungen. 50 m daneben hat eine Bohrung überhaupt keine Moränenschotter, sondern allein geschichteten Rißschotter festgestellt.

Man sieht, daß hier die A. PENCK'sche Glazialserie: Endmoräne — Übergangskegel — Schmelzwasserschotterterrasse fehlt und sie zum mindesten während der Spätrißzeit auch morphologisch kaum ausgeprägt war. Wir befinden uns in einem an Schmelzwasserschotter überreichen Niederungsfeld mit starker Rand-Oszillation eines wahrscheinlich wenig dicken Gletscherendes. Man wird auch denken müssen an Eisschollen-Nester, umhüllt von Schmelzwasserschotter, deren Kameslandschafts-Formen eingedeckt wurden.

Um sich stratigraphisch zurechtzufinden in dem bei unseren zahlreichen Bohrungen im Forstenrieder Park festgestellten Schotter- und Nagelfluh-Untergrund bis hinab auf den obermiozänen Flinz, müßte man die typisch interglazial verwitterten Grundmoränen oder mindestens die Schotter-Verwitterungslehme der älteren Zwischeneiszeiten haben. Aber die über 25 Bohrprofile zeigen, daß diese Kreß- bzw. Roterdeböden hier meist nicht mehr erhalten sind. Man mag auch zwischen geologischen Orgeln durchgebohrt haben. Offenbar wurden in den jeweiligen Flußtal-Niederungen die entstandenen Warmböden bald, spätestens beim Vorstoß der Schmelzwasser-Schotter der Mindel- bzw. der Rißzeit großenteils schon erodiert.

Allein in der Bohrung 2, 4,7 km NW der Isar nahe der Kreuzung der Olympiastraße mit dem Ludwigseräum, konnte folgendes, einigermaßen vollständige Schichtprofil festgestellt werden:

Geländehöhe des Ansatzes 589,3 m NN.

- 0— 0,6 m Mutterboden
- 12,5 m Rißschotter
- 21,0 m Massive Mindel-Nagelfluh
- 22,2 m Mindelschotter
- 24,0 m Schotter mit hellbraunem Lehm, gegen unten lettig
- 38,0 m Sand und Ton des Flinz.

Hier fehlt wahrscheinlich eine Günz-Vertretung, ähnlich bei Bohrung 5 und 6. Letztere zeigte bei 573,6 m NN Geländehöhe am Link-Geräum 1 km südlich von Unterdill unter

(offenbar) bis 26,4 m Rißschotter, basal mit vermergeltem Sand, teilweise graubraunen Lehm. Unter ihm bis 28,4 m Tiefe Schotter und Sand über dem Flinz. 2 km von Bohrung 2 war in Bohrung 1 (Gelände 598,1 m NN) unter 16,5 m Rißschotter die sehr harte Mindel-Nagelfluh bis 18,8 m Tiefe gefunden, wobei im Schotter graubraun vermergelter Sand angetroffen wurde. Bis 21,4 m kam dann (über dem Flinz) noch mit 2,6 m Mächtigkeit ein wechselnd verkitteter, wohl dem Günz zugehöriger Schotter.

Alle anderen Bohrungen der Städtischen Wasserwerke München fanden keine braunen Verlehmungsreste. Wohl aber gelang es, auf dem wassertragenden Relief des Flinzes im W des Isartales eine 1,4 m breite, von SSW gegen NNO gerichtete Hauptgrundwasser-Rinne aufzufinden.

Beiderseits des Augustengeräums, also 1,5 km NW des Grabenprofils am W-Ende von Abb. 7 wurde je eine größere Kiesgrube neu eröffnet. Unter dem Riß/Würmboden ist der Rißschotter etwas lehmig und über 12 m aufgeschlossen.

In den bereits beschriebenen und den weiteren Bohrungen des Parkes ist der Rißschotter zwischen 9 und 26 m, der Mindelschotter zwischen 5 und 38 m Mächtigkeit festgestellt. Günz-Sediment fehlt oder ist nur dünn. Dabei wird der Mindelschotter höchstens zur Hälfte durch harte Nagelfluh vertreten, so wie in Bohrung 1 der Tafel I.

II. Vergleich mit dem Untergrund im Osten der Gleißental-Schwelle

Bei dem Spitzenwerk der Stadt München im Deisenhofener Forst, also östlich von der Gleißental-Oberhachinger Schwelle, würde ein Wasserrohrgraben, wie die Bohrungen OSO von dem Kreuzpullacher Hochzonen-Behälter zeigten, in der bewaldeten Terrassen-Ebene gleichfalls nur Rißschichten mit dem Riß/Würm-Verwitterungsboden aufschließen.

Für die Betrachtung des Untergrundes stehen hier längs dem Fuchsgeräumt 13, längs dem Königsgeräumt 21 Bohrungen, am Schilchergeräumt weitere 11 Bohrungen I—XI zur Verfügung.

Auch diese, teilweise recht nahe aneinander angesetzten Bohrungen, die mit wenigen Ausnahmen die Flinz-Oberfläche erreichten, bewiesen, daß der Übergang der diluvialen Schotterfazies zu wechsellagerter Verkittung mit verschiedener Mächtigkeit sowie in Sandfazies oft sehr rasch vor sich geht. Darum ist es falsch, wenn man glaubt, die in den Bohrungen gefundenen Schichtgrenzen mit geraden Linien miteinander verbinden zu können. Bei solchen Verbindungsversuchen müssen alle geologischen Erfahrungen zu Rate gezogen werden.

Am Fuchsgeräumt und Schilchergeräumt

ist in 10 Bohrungen die Grenze zwischen den zur Riß- und den zur Mindelzeit gehörigen Schichten ziemlich gesichert. Für die Zuteilung war dabei wieder maßgebend die Zwischenschaltung der Verwitterungslehme, auch die der massiveren Nagelfluhverkittung der Mindelschotter. Schließlich sind die hier vorherrschend sandigen Günz-Ablagerungen nachgewiesen durch die über ihnen öfter eingeschalteten Günz/Mindel-Verwitterungslehme und durch die Flinzunterlage.

Eine vollständige Schichtserie kann z. B. angeführt werden von der Bohrung II k: Ansatz in Höhe 603,68 m NN.

- Unter 0,2 m Mutterboden
- bis 5,2 m grauer Riß-Grobkies
- „ 10,0 m Riß-Nagelfluh
- „ 13,0 m gelber Lehm der verwitterten Mindelgrundmoräne
- „ 20,1 m graue Nagelfluh des Mindelschotters
- „ 25,2 m etwas lehmige Nagelfluh
- „ 29,0 m braune Mindel-Nagelfluh
- „ 30,0 m brauner Lehm der Günz/Mindel-Warmzeit
- „ 31,5 m Günz-Nagelfluh
- „ 33,0 m mittelgrober Kies auf Flinz, erbohrt bis 33,5 m.

In 10 Bohrungen ist die Oberkante der Mindelschichten ziemlich gut gesichert, in 8 Bohrungen auch die Obergrenze der Günzschichten. Danach ließen sich die durchschnittlichen Mächtigkeiten wie folgt bestimmen:

- 9 m Riß-Ablagerungen,
- 18 m Mindelablagerungen,
- 6,7 m Günzablagerungen.

Im Königsgeräut

wurden einige Besonderheiten festgestellt. So fand sich innerhalb der Rißablagerungen in Bohrung I 4 (Ansatz 586,2 m NN) unter lockerem Schotter zwischen 3,2 und 5,8 m Tiefe ein 2,6 m dicker brauner Lehm. Offenbar noch zum Riß gehörig liegt darunter wieder Nagelfluh. Unter ihr beginnt zwischen 9,1 und 19,1 m Bohrtiefe offenbar die interglazial tief verwitterte Mindelgrundmoräne mit braunem Letten und etwas Nagelfluh, unterlagert von etwas lehmigem Mindelschotter, bis bei 27,2 m Bohrtiefe 6 m Günzsand über dem Flinz beginnt. Der Sand könnte umgelagerter Tertiärsand sein.

Ein ähnlicher Fall zeigte sich in Bohrung I, wo sich unter Rißschotter und über Riß-Nagelfluh ein 0,9 m mächtiger, brauner Lehm einschaltet. Der Verwitterungslehm der Mindel/Rißzeit mißt hier nur 0,5 m.

Bohrung I: Ansatz in Höhe 586,38 m NN.

- Unter 0,4 m Waldboden (lehmig)
- bis 2,2 m Mittel- bis Grobkies des Riß
- „ 3,1 m brauner, geröllführender Lehm
- „ 4,9 m mittelgrober Schotter
- „ 10,7 m Riß-Nagelfluh
- „ 11,2 m brauner, geröllführender Lehm der Mindel/Riß-Zeit
- „ 18,4 m Mindel-Nagelfluh mit Kies
- „ 20,6 m Kies mit Nagelfluh
- „ 24,8 m Mindelschotter
- „ 34,4 m grauer Günzsand
- „ 35,0 m Flinz.

Nahe dieser Bohrung brachte Bohrung I 4 (Ansatz in 586,2 m NN):

- Unter 0
- bis 0,9 m Waldboden (lehmig)
- „ 2,4 m lehmiger Spätriß-Schotter
- „ 3,2 m grober Riß-Schotter
- „ 5,8 m brauner Frühiß-Lehm
- „ 9,1 m Nagelfluh mit Geröll des Frühiß
- „ 11,7 m harter brauner Letten der Mindel/Riß-Zeit
- „ 19,1 m brauner Lehm mit Nagelfluh von Mindel-Grundmoräne
- „ 27,2 m lehmiger, gegen unten mehr durchlässiger Mindelschotter
- „ 33,2 m Günz-Sand
- unter 34,0 m Flinz.

Ich konnte nicht feststellen, ob es sich innerhalb der Rißschichten um normalen, lehmigen Verwitterungsboden *in situ* oder um eingespülten Verwitterungslehm auf sekundärer Lagerstätte handelt. Im ersteren Fall haben wir eine zeitlich-klimatische Untergliederung der Rißzeit. Wir haben ja in zahlreichen Fällen zwei wohl unterscheidbare Rißschotter-Terrassen in Oberbayern. Es blieb unklar, wie weit Geländebeobachtungen eine erhebliche, etwa interstadiale Klimaänderung bestätigen können.

Die beiden nachfolgenden Bohrungen lassen, falls die stratigraphische Einordnung zutrifft, ein weiteres Problem offen:

Bohrung II 3 (Ansatz in 589,45 m NN):

- Unter 0,4 m Waldboden (lehmig)
- bis 6,0 m Riß-Grobkies
- „ 9,9 m Riß-Nagelfluh
- „ 15,70 m brauner Lehm mit Nagelfluh der Mindel/Riß-Zeit
- „ 20,35 m graue Mindel-Grundmoräne; darüber verwittert;

- „ 28,40 m Mindel-Mittel- bis Grobschotter, gegen unten reiches Grundwasser führend
- „ 33,40 m sehr sandiger Günstkies
- „ 35,5 m grauer Günstsand
- „ 63,5 m Flinz.

Bohrung II 4 (Ansatz 589,70 m NN):

- Unter 0,4 m Waldboden
- bis 6,10 m Mittel- bis Grobschotter des Riß
- „ 10,40 m Riß-Nagelfluh
- „ 11,90 m brauner Letten der Mindel/Riß-Zeit
- „ 15,80 m graue Moräne
- „ 17,10 m brauner Letten mit etwas Kies
- „ 19,40 m graue Moräne
- „ 20,10 m grauer Mindel-Letten
- „ 21,80 m gelblicher Kies
- „ 26,10 m gut Wasser-führender Schotter
- „ 26,80 m brauner Günst/Mindel-Lehm
- „ 27,40 m sehr sandreicher Günst-Kies
- „ 35,70 m grauer Günstsand
- unter 36,50 m Flinz.

In dieser letzten Bohrung zeigte sich, daß über Schotter bzw. grauem Letten der Mindelzeit eine ziemlich mächtige (in II 3: 10,4 m; in II 4: 9 m) Grundmoräne ausgebreitet ist. Im Fall der Bohrung II 3 sieht es so aus, als hätte die Mindel/Riß-Verwitterung die Grundmoräne nur 5,8 m tief verwittert. Im Fall der Bohrung II 4 wäre die Zeit dieser Verwitterung geteilt gewesen: Zuerst 1,3 m tief, und dann, nach langdauernder Eisrückverlegung und nachfolgendem Grundmoränen-Vorstöß in der neuen Grundmoräne erneut 1,3 m tief. Dies also in der langdauernden Mittel/Riß-Interglazialzeit.

Auch hierbei wäre es nötig zu wissen, ob jeweils eine bodenständige Lehmverwitterung oder nur eine Lehm-Einschwemmung geschehen ist. Ich nehme eher eine jeweilige Verwitterung *in situ* an.

In jedem Fall wäre eine Unterbrechung der Grundmoränen-Ausbreitung, das heißt also der Gletschereisbedeckung, durch eine Rückverlegung des Eisrandes vor sich gegangen — mindestens so weit, daß eine Lehmeinschwemmung möglich geworden war.

Bei Bohrung II 4 ist eine zweimalige, bei Bohrung II 3 nur eine einmalige Eisrand-Oszillation geschehen.

Nehmen wir an, es könnte nur ein- bzw. zweimal Lehm eingeschwemmt worden sein, so muß bedacht werden, daß Lehm bei einem weiteren Transport durch Wasser sortiert wird und nicht mehr als Lehm ankommen kann außer über Eisboden. Wie aber soll man eine nahe genug gelegene Verwitterungsdecke wahrscheinlich machen? Wir befinden uns ja noch im Bereiche einer — wie unsere ausgezeichneten Grabenaufschlüsse gezeigt haben — an kristallinem Geschiebe und an großen Blöcken reichen Jungmindel-Grundmoräne. Unser Beobachtungsgebiet war damals also noch nicht im äußeren Eisrandgebiet der Mindelvereisung. Denn die Randmoränen haben ja wegen der Gletscherrand-Oszillationen gegen oder über die Schmelzwasser-Schotterfelder üblicherweise eine Moränenschotter- oder Blockschotterfazies. Wie soll in einem so gearteten Grundmoränenraum ganz nah benachbart eine durch lange Zeit intensiv zu Rot- oder Kreßlehmmassen verwitterte Lieferzone gelegen haben?

Angesichts solcher Schwierigkeiten scheint die andere Vorstellung vorzuziehen zu sein, nach der damals der Jungmindel-Gletscherrand für lange Zeit so weit zurückgeschmolzen war, daß eine kreß- oder roterdige Wechselklima-Verwitterung möglich war. Und zwar wäre jenes Interglazialklima zweimal nach einem Grundmoränenvorstoß wirkungsvoll gewesen. Im Fall der nächstgelegenen Bohrung II 3 fiel eine erneute Grundmoränen-Ablagerung nur aus, besteht also eine Schichtlücke.

Die Konsequenzen für eine zweigliederige Klima-Entwicklung in der Mindeleiszeit, deren Zerschneidung durch eine eigene interglaziale Warm-Zeit von sehr langer Dauer, wäre um so schwieriger, je feuchtwärmer das eingeschaltete Klima gewesen sein muß. Und es sind doch gerade durch unsere unzweideutigen Wasserrohrgraben-Aufschlüsse nicht die geringsten Andeutungen für einen Zerfall des einheitlichen Mindel-Schotter- und Mindel-Grundmoränen-Ablaufes zu beobachten gewesen.

Demgegenüber erscheinen 2 noch dazu einander nächstbenachbarte Bohrergergebnisse mit verschiedener Deutungsmöglichkeit viel weniger beweiskräftig. Zudem hatte ich keine Gelegenheit, die Bohrproben zu untersuchen bzw. analysieren zu lassen. Der Verdacht besteht, daß Bohrproben verwechselt wurden. —

Die gut einzuordnenden 10—13 Bohrergergebnisse im Bereich des Königsgeräums (Deisenhofener Forst) ließen folgende durchschnittliche Schichtmächtigkeiten ableiten:

für Riß-Ablagerungen	10 m,
„ die im Mindel/Riß-verlehnte Grundmoräne	7 m,
„ den Mindelschotter	6 m,
„ die sandigen Günzablagerungen	8,6 m.

Eine vergleichende Übersicht über die derzeit besonders günstigen Beobachtungen soll die nachfolgende Tabelle ermöglichen.

Tabelle der Schicht-Mächtigkeiten (m)

Fundorte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
m NN	605,7	580	607	610,54	608,8	610,3	608	590	573,6	603,7	586,38			
R/W-Boden	1-3		1-2	-	-	0,66	1-2	1	0,6	-	-	-	-	
R-Schotter	0-3		6	0	0	17 Schott.	15 Mor.	12,5	25,8	15	2,2 (0,9 L) 7,6	9	10	
M i n d e l	Grundm.-Lehm	5	4,7	M.-LöB 1-4	1-5 2	0	0-0,5 Lehm	0	0,5 Lehm	3	0,5 L	0	7	
	Schotter	2,5	10,9	17	0	0	>18	18	10	2	9	13,6	18	6
G ü n z	Grundmor.- Lehm	1-1,5 Orgel		13 Lehm	Unt.LöB 4	0	?	0,5-1 Lehm	2 Lehm	0	1 Lehm	-	-	-
	Schotter, Sand	>5		4	>4?	?	?	2-5	0	0	3	9,4	6,7	8,6

Flinz-Höhe mNN ? 568,47 572,5 ? 2 2 560 551 545,2 570,68 552

- | | | | |
|----|---|--|----------------------|
| 1 | Gleißentalschwelle nahe Hochzonenbehälter | } Sch w e l l e | } Grünwalder Forst |
| 2 | Bohrung 24 (Gleißental) | | |
| 3 | Bohrung 1,8 km W Hochzonenbehälter. Teilsenke | } S e n k e | } Forstenrieder Park |
| 4 | Laufzorn-Geräumb | | |
| 5 | Hompesch-Stierötz-Geräumb | } S c h w e l l e | } Grünwalder Forst |
| 6 | Isartal SO-Höhenrand | | |
| 7 | Isartal NW-Höhenrand | } S e n k e | } Forstenrieder Park |
| 8 | Bohrung 2; Ludwigsgeräumb/Olympiastraße | | |
| 9 | Bohrung 6,1 km S Unterdill | } N a h e d e m S p i t z e n w e r k i m
Deisenhofener Forst | } S e n k e |
| 10 | Bohrung II k, Schilchergeräumb | | |
| 11 | Bohrung I | } N a h e d e m S p i t z e n w e r k i m
Deisenhofener Forst | } S e n k e |
| 12 | Durchschnitt Schilchergeräumb | | |
| 13 | Durchschnitt Königsgeräumb | | |

Als ehemalige Schwellengebiete — wenn auch nicht für die gesamte Pleistozän-Zeit — erweisen sich

- 1) 2) die Gleißentalschwelle mit ihren geringen Mächtigkeiten, auch bezüglich der Schotter; aus gleichem Grund
- 4) 5) die Laufzorn- und Stierötz/Hompesch-Schwelle
- 8) 9) die Teilschwellen im Forstenrieder Park.

Als ehemalige Niederungs-, vielleicht Teilsenkungsgebiete mit reichlichem Schotter mit meist gering erhalten gebliebenen Grundmoränen und schon vorhandenen bzw. reichlichen, oft sandigen Günzablagerungen die

- 3) Teilsenke zwischen den Schwellen im Wasserrohrgraben, die
- 6) 7) Isartalsenke mit ihrem wohl schon zur Rißzeit begonnenen Tal-Einschnitt, die Gruppengemeinschaft
- 10)-13) als breite Senkungszone im Osten der Gleißentalschwelle, reich an Schotter und mit reichlichem Günzsand.

Zählt man die Pleistozän-Mächtigkeiten der Schichten bis hinab zum Flinz einerseits auf den Schwellen, andererseits aus den Senken zusammen, so zeigt sich für die Füllungen der Senken eine rund dreifache Schicht-Mächtigkeit.

Die durchschnittliche Flinzhöhe in unserem engeren Beobachtungsfeld beträgt 570—565 m, jene der Senken 558 m NN.

Zur Wertung dieser Zahlen und zur paläogeographischen Entwicklung

Natürlich sind auch in diesem Falle die Mächtigkeiten der vertretenen Schichten nur die Rest-Mächtigkeiten der einst ausgebreitet gewesenen terrestrischen Sedimente. Wenn man sich daher fragt nach den wesentlichen Vorgängen, die sie erzählen, so wie nach der Zeit, während deren der hier erscheinende Unterschied von Schwelle und Senke geschah, so fehlt es bei einem Schluß allein aus dem heute übriggebliebenen Schichtbestand nicht an Schwierigkeiten. Jener Unterschied der Hoch- bzw. Tieflage kann keineswegs auf einen einzigen Akt bezogen werden. Er ist hier die Summe überwiegend mannigfacher exogener Vorgänge während des Pleistozäns.

Die bedeutendsten Mächtigkeiten stellen nicht die Moränen, angeschleppt vom Gletscheris — von den Lößablagerungen ganz zu schweigen — oder gar von den für Dezimierung sorgenden Verwitterungsgebilden. Vielmehr sind es in unserem Raume die Schmelzwasser-Schotter — die des anrückenden oder des oszillierenden bzw. zurückschmelzenden Gletschers; weniger zur Günzzeit als zur Mindel- und Rißzeit. Die Aktionen der Warmzeiten erschöpften sich mehr durch Verwitterung und Erosion mit Umlagerung der glazialen Sedimente und Verformung von deren Relief — wie wir das heute auch erleben. Der Material-Antransport aus dem Gebirge war während der Eiszeiten ungleich großzügiger.

Gleiches ist auch zu sagen von der Reliefgestaltung, die glazial und periglazial nicht so linear, sondern breiträumig verlief. Das betrifft daher auch den von uns trotz aller anderweitigen Vorgänge unzweideutig feststellbaren Gegensatz von Schwellen- und Senken-Bildung.

Schon die mäandrischen Gestalten der Schotter- oder Sand-erfüllten (zugleich Grundwasser-erfüllten) Reliefsenken des weichen Flinzuntergrundes sind dem wechselvollen Hin und Her der in diesem erodierenden Schmelzwässer der ersten Eiszeit, zusammen mit periglazialen Eisboden-Verflachungen zu danken. Auch die späteren Schotter, seien sie locker oder zu Nagelfluh verfestigt, liegen in breiten, nicht in linear-zwischeneiszeitlich eingeschnittenen Talungen. Außer von den diese Schotter bringenden Gewässern wurden sie von dem ausschürfenden und ausgrabenden Stromstrich der Vorlandgletscher als Zungenbecken geschaffen. Noch alluvial herrschen in den ehemaligen Vereisungsgebieten die während der Eiszeiten immer neu verformten und geformten, also glazialen Gestalten.

Von einem Vorgünz-Gletscher, der den Sanden und ziemlich dünnen Günzschottern schon Breitsenken dargeboten hätte, erfahren wir in unserem Würm-Isargletscherbereich nichts.

Wohl aber hat — wie wir wissen — über Flinz, Sanden und Schottern der Altgünzzeit eine Junggünz-Grundmoräne Platz genommen — ohne Zweifel unter kräftiger Exaration

und Abräumung bzw. Umlagerung von Flinz oder Altgünz-Sediment. Wir kommen auf diese wichtige Frage noch auf S. 153 zurück.

Die Zungenbecken des Günzeises wurden gefüllt durch die Altmindelschotter, nachdem die Günzgrundmoräne während der Zeit der warmfeuchten Interglazialklimas weich verwitterte und frühmindel-periglazial verflossen war. Als frühmindel-periglazial hat auch der Untere Löß zu gelten. Auch er formte mit geringen, aber weitausgedehnten Mächtigkeiten die damaligen Reliefgestalten nach und wurde offenbar entkalkt zu Lößlehm während der feuchtkalten Zeit des schon subglazialen Klimas.

Dem folgte das Glazialklima, dessen Folge die ihrem Vorstoßschotter nachrückende Spätmindel-Grundmoräne war. Wenn sich unter dieser fast überall noch der Untere Lößlehm erhalten konnte, wie unsere Rohrgrabenaufschlüsse bewiesen haben, so ist damit erkennbar, daß sich die Spätmindelgrundmoräne eingelagert hat in die vorgegebenen Reliefformen. Dies geschah auf den Schwellen. In den Senken gibt es keinen Lößlehm mehr, auch fast keine Grundmoräne mehr und nur noch spärliche Reste von Verwitterungslehm.

Hieraus ist zu schließen, daß auch eine gewisse Konstanz der Senken, nicht nur der Schwellen, die Zeit der interglazialen Verwitterung, Erosion und Umlagerung überdauert hat. In den Senken wurden durch die mäandrierenden Vorstoß-Gewässer des feuchter und kühler werdenden Klimas der herannahenden Rißeiszeit gleichzeitig mit der Entkalkung der Lössen auf den Schwellen die Moränen nach ihrer Mindel/Riß-Verwitterung ausgeräumt: die Moränen des vorher Senken vertiefenden Jungmindel-Gletschereises. Es wurden bis auf Lehmreste auch die Verlehmungsrinden des Mindelschotters beseitigt. Geologische Orgeln der Mindeleis-Basis wurden fast alle weggeräumt. Solche fanden wir daher nur noch auf den Schwellen. Die Schmelzwässer vor den vertieften Senken der anrückenden Rißgletscher-Front wurden ebenso überblasen mit dem Lößstaub des glazialen Hochdruck-Windes wie die noch vorhandenen Grundmoränen auf den Schwellen. Das nasse Klima brachte die entkolkenden Niederschläge. Der Löß wurde zum Mittleren Lößlehm.

Wieder schollen, jetzt im Jungriß, die alpinen Schnee- und Gletschermassen maximal an. Das Rißeis floß mit seiner Moränenlast weit hinaus und schloß sich zu mächtigen Vorlandeis-Kuchen zusammen. Wieder war in den durch die ausräumenden Vorstoßschotter vertieften Senken natürlich der Hauptstromstrich des hier am mächtigsten gewordenen Gletschers am kräftigstenausräumend tätig. Aus diesen Zungenbecken wurde ein großer Teil des Vorstoßschotters herausgeschoben. Die Grundmoräne wurden ausgewaschen und mit diesen Schottermassen zu dem lehmig-mergeligen Zwitter von Schottermoräne und Vorlandschotter.

Die geringste Ausräumkraft besaß das dünnste Eis auf den Schwellen, auf welche schon vorher nur wenig Schotter durch wenig ausräumende Randgewässer gelangt waren.

Man sieht eine Art Selbstverstärkung primär schon angelegter Unterschiede zwischen Schwelle und Senke. Trotz mancher gegenteiliger Vorgänge konnte sich doch dieser Gegensatz ziemlich ortsfest durch die Warmzeiten fortentwickeln.

Anscheinend erlahmte aber einmal die klimatische Überernährung der Jungriß-Gletscher. Sie schmolzen zurück während einer warmen Inner-Interstadial-Zeit. Darauf dürften die S. 143 mitgeteilten Bohrergergebnisse I und I 4 hinweisen. Sie werden die bekannten zwei großen Rißterrassen stadial begründen helfen. Ob wir S. 144 für die nicht einheitliche Jungmindel-Vereisung aus dem Bohrprofil II 4 auf eine wohl kürzerdauernde, jedoch auch eine Bodenentwicklung zweimal erlaubende Interstadial-Zeit schließen können, ist wenig gesichert.

Auch das Rißeis schmolz ab, ganz zurück in die hohen Gebirgskare. Das chemisch scharf verwitternde, warmfeuchte Wechselklima überschritt aus dem mediterranen Raum und vom

atlantischen Bereich her das Gebirge. Krebsschotter und rotlehmig verwitterten die Reißgrundmoränen, die Reißschotter und Schottermoränen während der Reiß/Würm-Interglazialzeit. Wieder kündigte der Eiswind-Löß, anschließend verlehmt zum Oberen Lößlehm, das Herannahen des zuerst mehr kalttrockenen, dann wieder feuchtkalten Klimas an. Wieder steigen, wie vor der Mindel- und vor der Reißzeit die Fahnen der verlehmteten Grundmoränen auf den Schwellen kryoturbar empor in den Lößlehm. Der periglaziale Eisboden hinterließ seine, die Eiszeit vorbereitenden Strukturen und Verflößungen.

Die Würmvorstossschotter waren in unserem Beobachtungsräum minimal. Über alle lokalen und zeitweise abweichenden Vorgänge hinweg sehen wir aus dieser paläogeographischen Entwicklungsgeschichte einen großzügigen, teilweise auch anderwärts erkennbaren Gang der Ereignisse. Wir fassen ihn noch S. 159 f. zusammen. Vorher sollen Stichproben auf Grund anderer neuer Beobachtungen im S und SO die weitere Verbreitung unserer Beobachtungen darlegen.

III. Weitere neue Aufschlüsse über das vorwürmische Pleistozän

Die ausgezeichneten, fortlaufenden Aufschlüsse in dem südlich von München vollständigen Pleistozän-Profil, verbunden mit der bedeutenden Zahl der gleichfalls durch die städtischen Wasserwerke von München ausgeführten neuen Bohrungen regen die Frage an, wie weit im Alpenvorland gebirgswärts ähnliche oder doch zusammenpassende Beobachtungen möglich geworden sind. Auch diesbezüglich helfen uns neue Aufschlüsse, die ich zusammen mit G. HABER untersuchen konnte. Zudem wird uns das unweit nördlich von dem Wasserrohrgraben am Isartal schon bekannte Wandprofil des Klettergartens der Münchener Bergsteiger einen interessanten Vergleich mit den Bohrerergebnissen im anschließenden Forstenrieder Park liefern.

1. Der Klettergarten

am westlichen Isartal-Steilhang liegt nächst südlich eines Elektrizitätswerkes. Als geübter Kletterer hatte Herr Dr.-Ing. G. HABER genaueste Kenntnis von der sich hier erhebenden Nagelfluhwand. Sie mißt etwa 20 m.

Bei einem gemeinsamen Besuch wies er hin auf die deutliche Zweiteilung der dortigen Nagelfluh: Deren unterer Teil ist sehr massiv verkittet und von zahlreichen Klüften durchsetzt. Diese enden etwa in der halben Wandhöhe nach oben an einer waagrechten Wandfuge. An ihr sieht man einen etwa bis 1 m mächtigen braunen Verwitterungslehm, der seitwärts auskeilt. Die Nagelfluh darüber ist weniger dicht verkittet, auch fehlen ihr die Klüfte von unten. Es herrschen mehr waagrechte Bankfugen.

Es entspricht unseren Erfahrungen an dem südlich benachbarten Wasserrohrgraben, daß man hier zwei verschieden alte, durch eine interglaziale Verwitterungszeit voneinander getrennte, zementierte Schotter vor sich hat. Es ist die Fortsetzung der Günz-Nagelfluh unten und der Mindelnagelfluh oben, nämlich der älteren und der jüngeren Deckenschotter. Der Verwitterungslehm dazwischen ist der Rest der Günz/Mindel-interglazialen Verwitterungszeit. Die Zementierung der Günznagelfluh und deren Zerklüftung dürfte bereits vor diesem Interglazial fertig gewesen sein. So versteht man den Mangel der Klüfte oben.

Weil unsere Bohrungen im anschließenden Forstenrieder Park im Gegensatz zu der massiven Klettergartenwand bedeutend weniger Nagelfluh angetroffen haben, seien hier allgemeinere Bemerkungen zur Nagelfluh-Bildung angefügt.

Zur Nagelfluh-Verkittung

Westlich des Isartaleinschnittes, also westlich von Pullach—Höllriegelskreuth erlauben die Wasserbohrungen bis hinab zum Flinz die Fortsetzung der Günz- und Mindel-Deckenschotter zu kontrollieren. Aber die massive Klettergarten-Wandplatte fand sich hier nicht.

In der 1,2 km westlich vom Klettergarten ausgeführten Bohrung Nr. 4 fand man bis zum Flinz hinab keine Nagelfluh! Außer der Reißnagelfluh-Teilbänke in den Bohrungen 1, 8 und 9 enthielten die Mindelschotter der Bohrungen 1—3, 5, 7—9 und 11 noch die meiste Nagelfluh, durchschnittlich in jeder Bohrung 8,2 m Nagelfluh. Dagegen hat die im Klettergarten besonders hart zementierte Günznagelfluh in den sämtlichen 12 anderen Bohrungen keine Nagelfluh-Vertretung im Günzschotter!

Von zu wenig orientierter Seite liest man oft, die zu große Menge der Deckenschotter-Nagelfluh erschwere gegen unten zum Flinz hin eine Wassergewinnung aus dem Grundwasser sehr stark. Diese falsche Ansicht kann nur von der Oberflächen-Verbreitung der Nagelfluh herrühren. Unsere Erfahrungen, auch in den anderen Teilen der großen Münchener Schotterebene, beweisen das Gegenteil. Gerade die mit den basalen Pleistozänschottern gefüllten breiten Furchen auf dem Flinz führen den Grundwasser-Haupthorizont. In diesem meist der Günzzeit angehörenden Schotterniveau hat man ein CO_2 -Ca-Gleichgewicht und keinen Anlaß zur Kalkzementierung im Grundwasser. Keineswegs für den Untergrund des Forstenrieder Parkes allein gilt dies, sondern in gleicher Weise für alle durch Bohrungen gut bekannten Gebiete unserer Schotterebene wie nach G. HABER 1959, S. 9 und 38 auch für das Mangfalltal am Taubenberg: die massive Nagelfluhverkittung an den durchlüfteten Talhängen, besonders auch mit Deckenschotter, kann sich sehr rasch — seitlich und vertikal — innerhalb der Talrandzonen verlieren.

Die Nagelfluh ist folglich kein Leitgestein, das höheres Schotteralter beweisen könnte. Auch diese alte Erfahrung muß noch immer in Erinnerung gebracht werden. Dazu gehört die Erfahrung, daß die Tal-nahe Ent- und Be-Lüftung (L. REUTER 1938, S. KLEIN 1940 u. a.) bei kalkreichen Schottern eine beschleunigende Nagelfluhbildung zur Folge haben kann.

Die auch bei meinen Kartierungsarbeiten in verschiedenen Klimazonen immer wieder beobachtete Begünstigung der Nagelfluh-Verkittung dort, wo über einem Kalkgeröllreichen Schotter eine kalkreiche Moräne liegt und verwittert, bestätigt sich ebenso (Fr. WEIDENBACH 1937; S. KLEIN 1940 u. a.). Denn der zerreibende Eistransport in Kalkgestein-reichen Moränen erzeugt ja Mehl, Schlamm (Gletschermilch!) in großer Menge. In dieser Zerkleinerung ist der Kalkgehalt durch CO_2 -haltiges Wasser leichter auflösbar; es versickert mit ihm in durchlüfteten Schotter und verkittet diesen sofern hier wenigstens zeitweise Wasser und CO_2 entweichen können.

Besonders umfangreiche Kalkmengen müssen den Jungmoränen der Jung-Günz- und dann der Jungmindelzeit nachfolgend interglazial entzogen worden sein durch das feuchtwarme Wechselklima. Wenn uns daher die oft besonders massive Zementierung des Altmindelschotters unter der nun entkalkten Jung-Mindelmoräne auffiel, so erscheint dies wohl verständlich. Auch der Löß ist entkalkt.

Andererseits kann aus dem Mangel jeder Nagelfluh-Zementierung des Günzschotters — nicht unter der Junggünzgrundmoräne im Wasserrohrgraben zwischen der Gleißental-schwelle und dem Isartal, wohl aber unter dem Forstenrieder Park — darauf geschlossen werden, daß eben dort keine Junggünz-Grundmoräne am Außenrand mehr abgelagert worden war. Sie fehlt dort in den Bohrprofilen. Dagegen ist darin Mindel- und Reiß-Moräne über Mindel- bzw. Reiß-Nagelfluhen festgestellt.

Diese Umstände wiederholen sich auch im Untergrunde des Deisenhofener Forstes, wo die zahlreichen Bohrergebnisse im weiteren Bereich des Spitzenwerkes in den meist sandigen Ablagerungen der Günzzeit keine Zementierung erkennen ließen. Außerdem liegt ja in diesem Stockwerk seit alters über dem Flinz das Hauptgrundwasser, welches offenbar die Kalkausscheidung überwiegend verhindert. Wenigstens darüber hätte eine starke Zementierung stattfinden können, doch wurde hier nur wenig Nagelfluh beobachtet.

2. Das ältere Pleistozän in den neuen Straßenbau-Aufschlüssen südlich von Icking

Westlich über dem Isartal an der Isartalbahn, 27 km im S von München, wurde nahe südlich des Dorfes Icking 1962 die Bundesstraße verlegt, verbreitert und unter dem Eisenbahngeleis durchgeführt. Bis über 10 m tiefe Einschnitte in das flachwellige Jungmoränen-Gelände konnten dabei 250 m im S der Ickinger Kirche beginnend bis zum Waldrand geologisch untersucht werden. Abb. 8 zeigt, daß auch hier im NNO-Hauptteil dieses Profils

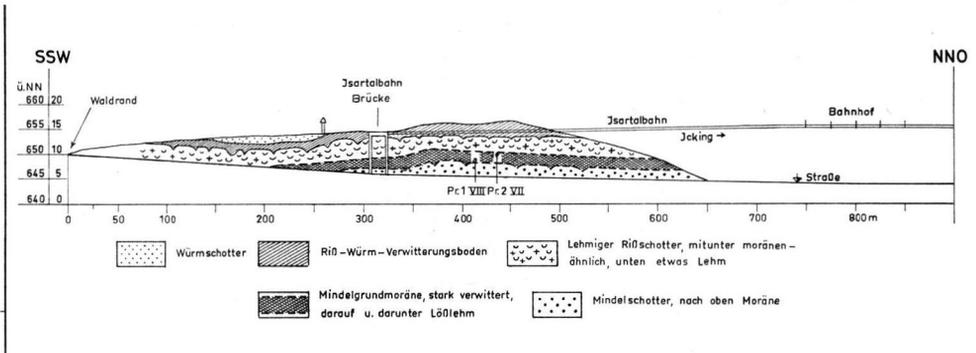


Abb. 8. Die durch die Straßen-Verlegung südlich von Icking (Abb. 2) entstandenen neuen Aufschlüsse. 19. IV. 1962. G. HABER bemerkte sie rechtzeitig.

wieder bis 2 m Mindelschotter sichtbar wurde, der mit schön gekritzten Geschieben auf seine Eisrandnähe bzw. auf seinen Übergang in Mindel-Schottermoräne schließen ließ. Nur wenig kristalline Geschiebe sind darin zu sehen. Darüber liegt ein nur dünner und gegen die Eisenbahnbrücke zu auskeilender Lößlehm (Probe VIII), bedeckt von einer

- bis über 1 m mächtigen Grundmoräne, stark braunrot verwittert und mit vielen Steinen. Sie ist normal überlagert durch
- 0,7 m braunen, degradierten („Mittleren“) Lößlehm (Probe VII) mit MnO_2 -Belag auf den steilstehenden Klufflächen, sowie mit einer Dachsicht von
- 0,5 m braunem, sandig-kiesigen Lehm. Noch höher folgt eine im SSW
- bis 3 m mächtige Rißschotter-schicht. Auch dessen reichliche gekritzte Gerölle (mit viel Kristallin) zusammen mit stark erdiger Verschmutzung bestätigt den Übergang zu einer Schottermoräne. (Oben.)

Der typische, chemisch kräftig verwitterte, aufliegende Boden der Riß/Würm-Interglazialzeit mit fetter Konsistenz und rötlichbrauner bis Kreß-Farbe wird schließlich nur noch von einer

dünnen Lage frischen, seicht verwitterten Würmkieses bedeckt.

In Abb. 9 ist diese Schichtfolge zu einem Sammelprofil vereinigt.

10,5—11,3 km liegt unser Profil Abb. 9 SSW von der Stelle, an der das Isartal von unserem Wasserrohrgraben gequert wird, oder 12,6 km SW von dessen Kreuzung des Gleißentales (Abb. 1; Tafel I). Unsere dort bereits $\frac{1}{2}$ Jahr vorher gewonnenen Beobachtungen erleichtern die Deutung des Ickinger Profils sehr. Denn die Faziesfolge ist in beiden Gegenden weitgehend dieselbe. Die Analyse der gesammelten Proben in beiden Gebieten wird in einer getrennten Publikation besprochen (E. C. KRAUS 1965).

Die geringe Mächtigkeit des Rißschotters, der auch bei Icking eisrandnah ist, spricht wieder dafür, daß auch hier ein für Schwellen typisches Schichtprofil vorliegt. Eine fast 12 m tiefe Ausschachtung bei der Suche nach einer Abwasser-aufnehmenden Kiesschicht an einem Haus-Neubau, welcher in Icking bei rd. 680 m NN über der früheren Kiesgrube liegt, ergab bis rd. 674 m NN eine kreßfarbig verwitterte Moräne, darunter Kreßlehm wahrscheinlich der Riß/würm-interglazialen Zeit. Ich halte diese hochgelegene Moräne für eine ungewöhnlich stark mit letztinglazialem Lehm überfütterte Würm-Grundmoräne.

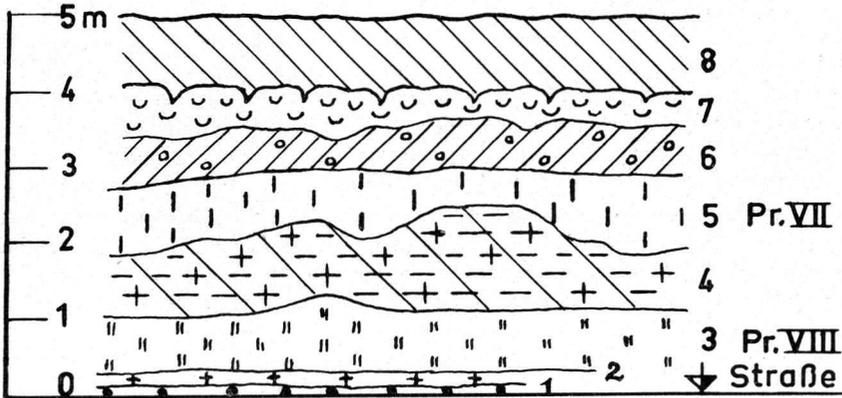


Abb. 9. Profil neben der Isartalbahn-Brücke südlich Icking. 19. IV. 1962.

- | | | |
|---|------------|--|
| 1 | Über 0,1 m | gelbe Moräne, seitlich übergehend in grauen, lehmigen Moränenkies; über Mindelschotter 1 a |
| 2 | 0,2 m | rotbraun verwitterte Grundmoräne |
| 3 | 1,2 m | brauner, „Tieferer Lößlehm“ degradiert mit MnO_2 -Belag auf steilen Klufflächen. Von hier Lößlehm-Probe VIII |
| 4 | 1,5 m | braunrot verwitterte, geröllführende Grundmoräne; Spätmindel |
| 5 | 0,7 m | brauner „Mittlerer Lößlehm“ (Frühriß) von hier Lößlehmprobe VII |
| 6 | 0,5 m | kräftig brauner, sandig-kiesiger Lehm |
| 7 | 0,2–2 m | lehmigverschmutzter Rißschotter mit Übergängen zu Moränenschotter. Darüber |
| 8 | –3 m | Riß/Würm-Verwitterungsboden, bedeckt von etwas Würmschotter. |

Daß südlich von Icking — anders als in den langgestreckten Aufschlüssen des Wasserrohrgrabens — eine dünne Lößlehmsschicht unmittelbar über Mindelschotter liegt (Probe VIII), mag sich damit erklären, daß hier der Gletscherrand bereits über ein lößbedecktes Vorland vorgerückt ist. „Mittleren Lößlehm“ fanden wir als Probe VII über der Jungmindel-Moräne auch im großen Wasserrohrgraben.

Unter ihr liegt hier der „Untere Lößlehm“ unmittelbar über der verwitterten Junggünz-Grundmoräne. Beide Lößlehme stammen offenbar aus der beginnenden Mindelzeit als bei Icking, also innerhalb des im Wasserrohrgraben abgebildeten pleistozänen Randprofils, bereits ein erster Fluvioglazialschotter die Günzgrundmoräne bedeckt hatte, welcher außen, SW Laufzorn (im W der Bohrung 1 von Tafel I) noch nicht auf die Laufzornerschwelle emporgreifen konnte. Da klimatisch die Lößbildende Staubsteppenzeit wohl nicht zu einer Zeit der daneben vorstoßenden Fluvioglazial-Schotter paßt, wird man die sedimentären Produkte dieser Zeiten als von getrenntem Alter stammend ansehen müssen.

Eine andere Abweichung von unserer randlichen Profilvereihe im Wasserrohrgraben ist der Fund der Schicht 6 in Abb. 9, also von $\frac{1}{2}$ m kräftig braunem, sandig-kiesigem Lehm. Diese dünne, nur nahe der Isartalbahn-Brücke beobachtete Zwischenlage scheint ein kryptorbat vom „Mittleren Lößlehm“ entblößt gewesener, vorher schon verwitterter Oberteil der Jungmindel-Grundmoräne zu sein. Er dürfte auf Frühriß-Eisboden abgeglitten sein. Ein größeres Beispiel dieser Art wurde bereits im Wasserrohrgraben bei „5“, Tafel I beobachtet.

Die Bedeutung der Rißablagerungen für die Würmzeit

Es sei hingewiesen auf die immer zahlreicher werdenden klaren Aufschlüsse, die bei den vielen Neubau-Gründungen in München zu beobachten waren und noch beobachtet werden können. Nicht allein im Forstenrieder Park wird die Haupteinheit der Oberfläche nach Ausweis unseres langen Wasserrohrgrabens keineswegs durch die meist dünnen und ganz fehlenden Würmsedimente gebildet, sondern durch die Oberfläche der Rißschotter und deren letztinterglazialen Verwitterungslehm bzw. durch ältere Sedimente. So sah im süd-

lichen München bei der Boshetsrieder Schule schon F. MÜNNICHSDORFER 1922, S. 129, Deckenschotter, der bei Kanalarbeiten mit 5 m tiefen geologischen Orgeln aufgeschlossen wurde. Unweit nördlich davon in Mittersending bildet die Terrassenebene nicht Niederterrassenschotter, sondern Riß-Hochterrassenschotter. Das beweist dessen dort klar aufgeschlossener Verwitterungslehm. Durch eine Flachbohrung wurde in Solln bekannt, daß hier sogar der Flinz beinahe die Erdoberfläche erreicht. Gleiches zeigte kürzlich der Keller-aushub für einen Neubau an der Sendlinger Straße: Flinz 2 m unter der Straßenhöhe.

Es sind heute dank der sehr regen Bautätigkeit schon genug Beobachtungen bekannt, nach denen mindestens die Riß-Hochterrasse, aber nicht der so oft ganz fehlende Niederterrassenschotter mit seinen z. T. angeblichen Stufen die Hauptformung des Gegenwartsreliefs — nicht allein in der weiten Münchener Umgebung, sondern weithin in Oberbayern — hinsichtlich des Schichtbestandes beherrscht.

Gewiß wurde noch nach der Rißzeit stark erodiert, wurden jüngere Talrinnen gefunden, sind Rißzeit-Formen aus wenig bestandsfähigem Material periglazial eingeebnet, und schmücken die Drumlins und Endmoränen der letzten Eiszeit die Landschaft.

Aber wenn man genügend tiefe Einblicke durch Bohrungen oder tiefe Einschnitte gewinnt, so zeigt sich, daß das heutige Volumen unserer Jungendmoränen zum großen Teil stofflich bereits vorwürmisch dagewesen ist. Das Würmeis hat es wenig vermehrt und zur Hauptsache Rißsediment nur neu geformt. Die Hauptelemente der letzten Eiszeit dürften weniger Moränen, als die altwürmischen Schottermassen bei uns gewesen sein.

In der hohen exogenen Bedeutung der Riß- und Riß/Würm-Zeit scheint im übrigen eine gesteigerte Rührigkeit der endogenen Kräfte besonders während der beiden letzten Interglazialzeiten zum Ausdruck gekommen zu sein.

IV. Bohrergebnisse in der Schotterebene südöstlich vom Gleißental

9 km im SO des Kreuzpullacher Hochzonenbehälters liegt das Dorf Arget („A“ in Abb. 2). Zur Wassergewinnung für München wurde von da aus in östlicher Richtung eine Reihe von Bohrungen bis auf den Flinz ausgeführt, bis in den Hofoldinger Forst hinein.

Wir sind hier in der breiten, unterirdischen Talung der östlichen Schotterebene, welche — wenn auch etwas tiefer als im NW beim Deisenhofener Spitzenwerk — erhebliche Grundwassermengen birgt. Die typische Eigenschaft der flachen Senken während des Pleistozäns ist auch hier verwirklicht: Mächtige Schottermassen wurden nacheinander, zwischen Zeiten der weiteren Senken-Vertiefung und -Ausräumung, während der zumeist glazialen Klimaabschnitte übereinandergeschüttet. Es fehlt an interglazial tief verwitterten Moränen oder Schottern, wie sie die der Verwitterung länger ausgesetzten Schwellengebiete kennzeichnen.

In dieser breiten S-N-Talung des Untergrundes konnten die Schmelzwässer zu Beginn der verschiedenen Eiszeiten zuerst ausräumen und dann zufüllen. So fehlen auch hier Böden und Lößdecken fast ganz. G. HABER bearbeitete die Bohrungen geologisch.

Bohrergebnisse östlich Arget

Bohrung 23. 3,1 km östlich Arget; Ansatzhöhe 637,63 m NN.

- 0 bis 0,4 m brauner, kräftig verwitterter Geröll-Lehm des Riß/Würm;
- „ 2,5 m mergeliger Kies, gegen oben größere Steine
- „ 9,8 m sehr mergeliger Kies, grau
- „ 10,4 m vermergelter grauer Grobsand mit wenig Schotter
- „ 22,0 m bis 30 cm große Steine, Schotter sehr vermergelt, Mergel-Nester
- „ 22,4 m Sehr harte, stark vermergelte Mindel-Nagelfluh, gelbgrau
- „ 23,9 m gelbe Grundmoräne, etwas Geröll, viel Mergel
- „ 26,4 m Grundmoräne, grau und hellgelb, Nagelfluhstücke, viel Mergel
- „ 29,6 m dichtver kittete Nagelfluh, Steinmergel, gelbgrau, z. T. mehlig zersetzte Gerölle

- „ 30,5 m Mergel-Grundmoräne, gelbockerfarbig, einzelne gekritzte Geschiebe
- „ 35,0 m Nagelfluh, dicht, wie 26,4—29,6 m tief
- „ 36,1 m hellgraue bis bräunliche Grundmoräne
- „ 39,8 m hellgraue, dicht versteinete Nagelfluh
- „ 40,2 m gelblich-hellgraue Grundmoräne, Mergel-reich, Steine bis 18 cm groß
- „ 41,0 m gelbgraue, ockerfarbig gefleckter Tonmergel; braust noch mit verd. HCl; Günz/Mindel-Zwischeneiszeit
- „ 48,8 m hellgrau-gelbliche, mergelige Moräne mit Kies, Steine bis 14 cm; auch Nagelfluh
- „ 49,5 m hellgrauer bis ockergelber mergeliger Kies; Steine bis 10 cm
- „ 52,1 m grauer Günzschotter, Steine bis 12 cm; kleine Mergel-Nester. Ab 50,15 m (587,5 m tief) Grundwasser;
- „ 56,0 m mergelreicher, grauer Sand, wenig Schotter, einige Steine bis 10 cm. Mergel-Nester
- „ 56,8 m grauer Grob- und Mittel-Sand; etwas Feinkies, kaum vermergelt
- „ 61,6 m blaßblaugrauer, oben sandreicher Schotter. Steine bis 20 cm
- „ 64,7 m hellgrauer Schotter, Steine bis 15 cm; kaum vermergelt
- „ 65,2 m dichtverkittete Nagelfluh mit Steinen und Grobkies
- „ 68,0 m Nagelfluhlinsen wechseln mit hellgrauem Schotter, Grobsand
- „ 69,1 m Flinzmergel-Ton, gelb und ockerfarben (569,63 m NN).

Bohrung 28: 900 m östlich Arget. Ansatzhöhe 644,81 m NN.

- 0 bis 0,75 m graubrauner, humoser Lehm
- „ 11,0 m hellblaugrauer Rißschotter mit vielen bis 20 cm gr. Steinen, vermergelter Sand
- „ 13,9 m braungelber, staubsandiger Lößlehm, glimmerhaltig; einzelne zersetzte Gerölle: Mindel/Riß-interglazial
- „ 14,9 m gelbbrauner Lehm, oft mit Geröllen. Gegen unten sehr dicht verkittete Nagelfluhlinsen mit Steinen
- „ 15,5 m gelblich-ockerbrauner Mergel mit Steinmergel-Einlagen, wenig grobe Gerölle
- „ 18,1 m hellgraue, grobe Steine-führende Nagelfluh sehr dicht verkittet; Steine
- „ 19,5 m brauner Lehm in einem Loch von dichter Mindel-Nagelfluh, grobgeröllig, große Steine
- „ 43,2 m dicht verkittete Nagelfluh wechselt mit 8 Steinmergelbänken
- „ 43,5 m hellgraue Grundmoräne
- „ 44,1 m wohl Grundmoräne mit Kies und Steinen bis 10 cm, hellgrau, sehr dichte Nagelfluh
- „ 44,4 m braungelbe Grundmoräne. Steine bis 20 cm groß
- „ 44,7 m graue, dichte Nagelfluh, grobgeröllig
- „ 46,5 m braungelbe Grundmoräne, Steine bis 20 cm
- „ 46,9 m Nagelfluh
- „ 51,2 m braungelbe Grundmoräne, Steine bis 20 cm
- „ 55,4 m hellbläulichgrauer, mergeliger Schotter, einige Steine bis 20 cm. Grundwasserspiegel bei 54,3 m (590,5 m NN)
- „ 56,6 m dsgl., wenig vermergelt; viel Steine bis 30 cm groß
- „ 61,8 m hellbläulichgrauer Grobkies, viel Steine bis 15 cm, stellenweise dichte Nagelfluh
- „ 68,4 m Günz-mittel- bis feinkiesiger Sand, grau, vereinzelt Steine bis 12 cm
- „ 69,1 m graubläuliche, grobgeröllige Nagelfluh. örtlich dicht
- „ 69,3 m schwach mergeliger, grauer Sand, wenig Mittel- bis Feinkies
- „ 71,4 m hellbläulichgrauer Schotter und Sand, etwas dichte Nagelfluh
- „ 72,1 m schwachmergeliger grauer Sand, wenig Kies; eingelagert bis 4 cm starke, grobkörnige; Sandsteinbänke
- „ 73,1 m grünlichgrauer ockerig gefleckter grobsandiger Ton, etwas Glimmer: Flinz (572,71 m NN).

Diese beiden in W—O 2,2 km voneinander liegenden Bohrungen zeigten unter dem typischen Riß/Würm-Verwitterungsboden bis 24 m tief (615,6 m NN) bzw. 11 m tief (633,8 m NN) Rißschotter aufgeschlossen. Größere Steine und erheblicher Mergel-Gehalt sprechen auch hier für eisrandnahen Kies.

Die Rißbasis dürfte in Bohrung 23 erkennbar sein durch das Erscheinen der nicht für Riß, sondern für Mindel- und Günznagelfluh bezeichnenden sehr hart, also dicht zementierten Nagelfluh (vgl. oben!) In Bohrung 28 ist sie durch die fast 5 m mächtige Zwischenschaltung von gelbbraunem Verwitterungslehm mit stark zersetzten Geröllen gekennzeichnet.

Während in Bohrung 23 dem Reiß-Sediment abwärts alsbald die dichte, massive Mindelnagelfluh mit Grundmoräne folgt, schaltete sich in Bohrung 28 erst noch, 7 m mächtig, eine Serie von Lößlehm, gelbem und braunem Verwitterungslehm oder „Mergel“ mit Steinmergel- und Nagelfluhbänken ein. Hier blieb also aus der langdauernden Mindel/Reiß-Zwischeneiszeit ein erheblicher Sedimentrest übrig. Die tiefere, harte Mindelnagelfluh wechselt hier mit reichlich Grundmoräne, die wir in unseren nördlicheren Profilen noch nicht unverwittert kennen. Immerhin zeichnet sie sich in beiden Bohrungen aus durch ihre gelbbraune Verwitterungs-Lehmfarbe. Aber man vermißt doch hier im SO der breiten, vorwiegend Schotter erfüllten Mindel-Talung die intensiv chemische Verwitterung der dünnen Grundmoränen wie wir sie — gleichzeitig entstanden — auf unseren Schwellenzonen der Mindel- und Nachmindelzeit beobachten konnten. Im SO waren wohl diese Grundmoränen, die Senke füllend, erheblich mächtiger. Daher konnten die in der Talung zunächst ausräumenden Schmelzwässer allein den tief verwitterten Oberteil der Grundmoräne entfernen, aber nicht die intakteren, tieferen Grundmoränen-Schichten.

Die Günz/Mindel-Interglazialzeit dürfte schließlich angezeigt sein durch diesmal in Bohrung 23 (zwischen 41 und 49,5 m Tiefe) erhaltene, ockergelbe Mergel mit einem Zwischenspiel von mergeliger Moräne mit etwas Nagelfluh. Ein Rest jener ersten Warmzeit mag in Bohrung 28 durch die gut 4 m mächtige braungelbe Grundmoräne dargestellt sein, welche ihre Lehmfarbe wohl verdankt aus der Gletscher-Aufbereitung von verwittertem Sediment der Günz/Mindel-Zwischeneiszeit.

Gut gekennzeichnet scheint uns wieder in beiden Bohrungen die Günz-Eiszeit. Denn der Sandreichtum, den wir für diese Zeit auch schon in den Spitzenwerk-Bohrungen des Deisenhofener Forstes gegen unten so auffallend kennen lernten, kehrt auch hier wieder: In Bohrung 23 beginnt er — betrachtet gegen unten zu — 52,1 m tief, also bei 585,5 m NN, in Bohrung 28 61,8 m tief, also bei 583,0 m NN.

Sehr bezeichnend für die diagenetisch so oft stark zementierten Bänke des Altpleistozäns sind auch hier in beiden Bohrungen die angetroffenen Nagelfluh- und Sandsteinbänke (vgl. oben!).

Die pleistozäne Schichtmächtigkeit steigt allgemein unter der Schotterebene gegen S.

V. Über das Flinzrelief

Die vielen, gelegentlich der Wassersuche durch die Städtischen Wasserwerke Münchens ausgeführten Bohrungen — von den Versuchen mit der geoelektrischen Methode sei hier abgesehen — wurden durch die Erdölfirmer bei der Erdöl- und Erdgas-Prospektion an Zahl noch weit übertroffen. Die seismischen Erkundungen machten es jeweils nötig, bis auf die Flinzoberfläche hinabzuboahren — wobei allerdings, da für die Erdölinteressen unwesentlich, die Gliederung des Pleistozäns nicht weiter beachtet wurde. Aber es konnte das Flinzrelief in ganz unerwarteter und höchst erfreulicher Vollständigkeit bestimmt werden.

Auf Grund unserer Erfahrungen mit den altpleistozänen Ergebnissen konnte Herr Dr. Ing. G. HABER auf Veranlassung der Städtischen Wasserwerke München die geologisch vertretbare Reliefgestalt in Höhenkurven aus der von der Mobil Oil A.G. sehr dankenswerter Weise überlassenen Reliefpunkt-Darstellung ableiten.

Einer Publikation dieses theoretisch wie auch praktisch sehr interessanten Entwurfes selbst, der noch ergänzungsfähig ist, will ich nicht vorgreifen. Wir hatten bereits für hydrogeologisch wesentliche Teilgebiete klare Vorstellungen über den unterirdischen Normalverlauf einer Anzahl von Talungen im Flinzrelief, denn in diesem bewegt sich unser wertvolles Grundwasser. Dieses hat gegenwärtig im Bereiche der großen Schotterebene zwischen den

Aufschüttungen und Reliefgestalten des Loisach-Isargletschers der Würmeiszeit im Westen und des Inngletschers im Osten im allgemeinen eine N- bis NNO-gerichtete Fließrichtung.

Doch gilt dies allein für das höhere, über niedere Flinzschwellen abfließende Grundwasser. Es bewegt sich in höheren Günz- und noch in tieferreichenden, Hohlraum- und Poren-bietenden Mindelschichten. Dieses höhere Fließniveau ist wenig beeinflusst durch höhere Flinzschwellen.

Dagegen muß sich das tiefere Grundwasser, das insgesamt durchschnittlich etwa 5 bis 15 m Mächtigkeit hat, durch die Talungen und Rinnen des Flinzreliefs fortbewegen. Verhältnismäßig festere Tonmergel- und Feinsandschichten und teilweise aus ihnen schon mehr oder weniger weit umgelagerte Massen bilden dieses Relief.

Diese Längssenken sind offenbar das Ergebnis der überaus mannigfaltigen Skulpturen, welche das mit Geröll und Sand ankommende Gewässer in den weichen Flinz-Untergrund eingegraben hat. Dabei ist natürlich die Abdachung maßgebend gewesen für die Wassertransport-Richtungen, also auch für deren Bahnen, für die Hauptrinnen.

Ich erwähne als Beispiel nur die Rinnenskulptur, welche durch die W—O-Reihe der Bohrungen östlich von Arget, sowie durch die seismischen Schußbohrungen dort bekannt geworden ist.

Bei diesen Schußbohrungen wurden jeweils über größere Entfernungen geradlinig angeordnete Reihenbohrungen ausgeführt, die in verschiedenen Richtungen verliefen. Auf jeder Reihe waren die Bohrpunkte durchschnittlich 400 m voneinander entfernt, während zwischen den Reihen ein Abstand von 1,5 bis 2,5 km besteht. So wurde die große Konzessionsfläche, deren Schußpunkte uns zugänglich waren, ziemlich gleichartig von einem Bohrnetz überspannt.

Gemäß dieser Flinztielen-Bestimmungen liegt das Dorf Arget z. B. über einer flachen Flinzschwelle von 580 bis 583,4 m NN. Ost zu Nord von Arget folgen sich die Wasserbohrungen zunächst im Abstand von 1 km, dann von 500 m. Knapp südlich von dieser Bohrreihe verläuft das Tiefste einer subterranean Talrinne, deren Achse von 600 m südlich Bohrung 28 nun auffallend gleichgerichtet in ONO-Richtung absinkt aus Höhe 572 m NN über 565, 560, 555 bis Aying auf 550 m NN. Dies auf eine WSW—ONO-Entfernung von mindestens 10 km!

Nun gibt es natürlich manche Richtungs-Abweichungen anderer Talungen. Aber ein Blick auf Herrn Dr. HABER's Karten-Entwurf zeigt, daß die Flinzrelief-Richtungen weit überwiegend zwischen SW—NO und W—O pendeln. Auch senken sie sich insgesamt in dieser ONO-Haupttrichtung, wobei schwache Talwasserscheiden natürlich vorkommen.

Talrichtungen entstanden schon vorpleistozän. Aber die heute erfaßbaren Talrichtungen müssen zur Zeit der Regen- und Abschmelzwässer der älteren Günzzeit bereits wesentlich fertig gewesen sein. Dies bevor die Täler endgültig zugefüllt waren durch die Sande und Schotter dieser Zeit. Seitdem dürften durch das langsam fließende Grundwasser nur unwesentliche Rinnenränder verformt worden sein. Unser basales Grundwasser fließt somit noch heute durch die feinen Poren der Sedimente, welche im Altgünz in die betreffenden Talrinnen des Flinzreliefs eingefüllt worden sind. Diagenetische Zementations-Wechsel dürften die Fließrichtungen des tieferen Grundwassers trotz der starken pleistozänen Klimaschwankungen kaum stark beeinflussen haben. Der eiszeitliche Eisboden hat in unseren Breiten wegen der geothermischen Tiefenstufe wenigstens nach Ablauf der Mindelvereisungen die Grundwassertiefen nicht mehr erreicht.

Die Bildungszeit unseres Flinzreliefs kann man auf eine halbe Jahrmillion schätzen. Wir haben es offenbar zu tun mit einer außerordentlichen Konstanz des subterranean Flinz-

reliefs und der in ihm sich vollziehenden Grundwasserströmung. Diese Konstanz wird auf zwei Hauptgründe zurückzuführen sein: Erstens auf die große Gleichmäßigkeit des lockeren Flinzuntergrundes und zum anderen auf eine in jener Altgünzzeit bestehende Hauptabdachung der Flinz-Oberfläche gegen ONO. Die Vorflut gegen die Donaurinne, die wir schon seit dem Pliozän kennen (E. KRAUS 1915), lag für den Raum der Schotterebene Richtung ONO.

Das harmoniert bestens mit anderen Beobachtungen: Der pliozäne Quarz-Restschotter hat sich im nordöstlichen Niederbayern gegen die Donau zu gesammelt. Die älterpleistozänen Deckenschotter sammelten sich am Südrand des östlichen Jungtertiär-Hügellandes und nördlich der Vorlandgletscher (Inn-, Chiemsee- und Salzachgletscher), also von der Schotterebene gegen ONO.

Diese Verlagerungstendenz gegen ONO beherrschte die exogenen Vorgänge während des ganzen Pleistozäns im Alpenvorland, soweit das Wasser dabei die Hauptrolle spielte. Der Grund war aber kein klimatischer, sondern ein endogener. Die Abdachung wurde natürlich nicht exogen, sondern durch subkrustale Massenverlagerung geschaffen und bis heute beibehalten. Diese Tendenz ist nur die Fortsetzung der bekannten, jungtertiären Haupttransport-Bewegungen in unserer Molasse-Vortiefe. Dabei waren zusätzlich zu den Relief-Abtransporten aus den emporsteigenden Alpen und der aufstrebenden Böhmisches Masse noch die gleichfalls endogen bedingten Vortiefen-Kippungen gegen O, dann wieder gegen W wirksam. Sie konnten durch die im Interesse der Erdölprospektion in der süddeutschen Vortiefe sehr erfolgreich durchgeführten Faziesstudien geklärt werden.

Ein weiterer schwacher Teilantrieb endogener Art wurde für die Entwicklung des südbayerischen Pleistozäns bedeutungsvoll. Denn nur eine sanfte Heraushebung der Iller/Lechplatte brachte im W die Verschachtelung und Heraushebung der älterpleistozänen Sedimente, und nur eine sanfte Eindellung im O für den weiteren Bereich der großen Schotterebene ließ hier auch höhenmäßig (mit wenigen Ausnahmen) das Altpleistozän mit seiner Flinzunterlage unter dem Jungpleistozän, wie dies unsere Profile durchweg erkennen lassen. Der Anschluß auch der Schotterebene an die junge Hebungstendenz des Gebirges hob schließlich die südliche Schotterebene etwas höher als ihre Nordfortsetzung, so daß wir heute von der „schiefen Münchener Ebene“ sprechen.

VI. Vergleichende Überlegungen zu entfernteren Beobachtungsfeldern

1. Zum Pleistozän in Oberschwaben

Die völlig klaren Pleistozän-Zusammenhänge in dem großen und tiefen Wasserrohrgraben südlich von München veranlassen mich zu einigen Überlegungen über die Diskrepanz in der Mindel/Riß-Nomenklatur zwischen der Riß-Iller-Lechplatte am NNO-Rande des Rheingletschers und der unverschachtelt gebliebenen Pleistozänfolge am NO-Rande des Ammersee-Loisach-Isar-Vorlandgletschers südlich von München.

Die klaren Ausführungen von Fr. WEIDENBACH und H. GRAUL im Exkursionsbericht 1950, sowie der Aufsatz des Letztgenannten zur Revision der pleistozänen Stratigraphie im schwäbischen Alpenvorland 1962 fassen kurz die bestehenden Fragen zusammen. Auch wird die gegenüber Albrecht PENCK veränderte Beobachtungsgrundlage, und damit die Notwendigkeit etwas abweichender Deutungen betont.

Andererseits haben unsere neuen Aufschlüsse — wenigstens für dieses oberbayerische Gebiet — die Viergliederung von A. PENCK glänzend bestätigt. Ich muß es für unwahrscheinlich halten, daß es in Westeuropa noch mehr so massiv kalte und weitausgreifende Eiszeiten gegeben hat als die 4 PENCK'schen — angesichts der Tatsache, daß sich die Würm-Eiszeit, wie wir heute zu wissen glauben, durch den Nachweis von zwei interstadialen Verwitterungsböden beiderseits des Atlantischen Ozeans gliedern läßt. Dies nicht allein in unseren Lößgebieten und südlich davon, also in Mitteleuropa, son-

dern — durch C^{14} -Bestimmungen immer wieder bestätigt — ebenso gleichzeitig auch in Canada (DREIMANIS 1960) und in USA (G. M. RICHMOND 1957), wo die 4 Eiszeiten: Nebraskan, Kansan, Illinoian, Wisconsin und letztere mit 2 Interstadialböden festliegen für die Rocky Mts.

Eine weitere Überlegung: Die Altersbestimmung von Terrassenschottern überwiegend oder gar allein auf Grund weniger, isolierter Höhenbestimmungen ihrer Basisfläche halte ich — bekanntlich mit zahlreichen Autoren — für sehr unsicher. Denn besonders die oft groben Basisrölle kamen natürlich nicht heran weitausgedehnt auf einer Ebene, sondern in Tälern. Wenn man z. B. „Jungrißschotter“ von einem „Mittelrißschotter“ nur trennt wegen einer 7 m verschiedenen Terrassenhöhe und einer allein an wenigen Punkten bestimmten, abweichenden Basishöhe, so verlangt man für eine wesentliche Alters-trennung noch bessere Argumente.

Ein Geologe wird immer bemüht sein, eine Entwicklungsgeschichte wie die des Pleistozäns als Fortsetzung zu sehen der vorher im gleichen Raum feststellbaren Ereignisse — nicht nur u. a. des Klima-Ganges, sondern auch der endogen bedingten Bodenbewegungen. Nicht nur die Alpen, sondern auch deren Vortiefe im Norden bergen die sicheren Spuren der baugeschichtlichen Vorgänge, wobei sich besonders solche während und noch nach der Mindel/Rißzeit abgezeichnet haben (E. C. KRAUS 1955). Nur wer die pliozänen Vorgänge unberücksichtigt läßt, wer allein die exogenen Diluvialvorgänge studiert, kann noch an ein Vakuum an Bodenbewegungen während pleistozäner Zeit glauben.

Die Feststellung, daß älterpleistozäne Verwitterungsböden von 2—4 m oder noch mehr Metern Mächtigkeit, also „Riesböden“, gar nicht Verwitterungsprodukte darunter gelagerter Schotter sind, sondern von tiefgehend verwitterten Grundmoränen, die als sedimentärer Abschluß von einer Eiszeit und durch ihre interglazial-intensive Verwitterung von der nachfolgenden Warmzeit berichten, diese Feststellung dürfte auch in Oberschwaben Früchte tragen können. Die viel genauer als bisher zu studierenden zwischeneiszeitlichen Verwitterungsböden sind dort, wo sie erhalten blieben, die Haupt-Zeugnisse der Grundgliederung innerhalb der so mannigfachen eiszeitlichen Sedimente (vgl. E. C. KRAUS 1965).

Nachdem besonders im Bereiche der Münchener Schotterebene immer neu durch ihre typischen Verwitterungsböden das morphologische Zusammenlaufen verschiedenalter Schotter zu nahezu gleichhohen Terrassen-Flächen erwiesen ist — erstaunlich regelmäßig der Hochterrassen- mit den Niederterrassen-Flächen — so wird man davor gewarnt, aus einer einheitlich scheinenden Terrassenstufe zu schließen auf einen altersmäßig einheitlichen Schotterkörper. So hilfreich in den so oft Aufschluß-freien und oft bewaldeten Pleistozän-Gebieten die morphologische Methode sein kann, so sehr vermag sie auch zu täuschen.

Nach seinem Aufstieg aus der See-Senke wenig beengt bis an die Donau konnte der mächtige Rheingletscher ausgedehnte Schotterfluren in den verschiedenen Fluvioglazial-Zeiten ausschütten. Die östlicheren Schotter-Äquivalente der Vorlandgletscher zwischen Iller und Salzach/Inn konnten nicht gleich freizügig ausstrahlen. Sie wurden zurückgehalten — abgesehen von dem Isar- und Inndurchbruch — durch den nordwärts aufsteigenden Gelände-Südrand des bis zur Donau reichenden jungtertiären Hügellandes. Eiszeitlich denudiert zieht dessen Flinz südwärts unter dem Pleistozän fort mit der für einen Unterteil der Münchener Schotterebene (oben S. 155) gekennzeichneten Rinnenskulptur. Ob diese Altgünz-zeitliche Flinz-Oberfläche annähernd gleich alt ist mit der vermutlich prä-diluvialen schönen Fastebenen-Oberfläche jenes Hügellandes im Norden, wann jene hemmende Hügelland aufgestiegen ist und seine erosive Zerschneidung begann — das läßt sich wohl aus den schönen Untersuchungen in Niederbayern ableiten.

Die jetzt verschachtelte, freier entfaltete Schotterstufen-Landschaft zwischen Riß und Lech hat noch höhere Terrassen aufzuweisen als die eingengteren Schotter im Osten. Damit hat es aber wohl noch nicht mehr Eiszeiten beziehungs-

weise klimageschichtlich bedeutsame Schwankungen am Rheingletscher gegeben. Zu der Unbeugtheit an seinem Rande kommt wohl nur noch als weiterer stufenbildender Faktor eine unregelmäßige, exogen quittierte Heraushebung, der Reiß-Lechplatte während pleistozäner Zeit, während östlicher das Gebiet der Münchener Schotterebene absank.

Diese Überlegungen möchten mithelfen bei der Behebung der nomenklatorischen Diskrepanzen in dem zwar vorbildlich untersuchten, aber nicht durch gleich vollständige Aufschlüsse begünstigten Pleistozän Oberschwabens.

2. Zum Pleistozän im Salzach-Vorlandgletscher (Ostteil)

Im österreichischen Ostteil des Salzachgletschers dürften die von L. WEINBERGER 1953, 238 f., mitgeteilten Unterschiede zwischen „Älterem“ und „Jüngerem“ Deckenschotter für deren Trennung durch eine Interglazialzeit hinreichend sprechen — obwohl nicht jedes Argument gleich gewichtig erscheint. Den in der Ziegelei Bosch bei Mauerkirchen schön aufgeschlossenen Löß mit Lößlehmlagen (Abb. 4 bei WEINBERGER) dürfte genannter Verfasser richtig als eine Schichtfolge der dreigeteilten Würm-Sedimente aufgefaßt haben. Aber der Schotter unter dieser Lößserie liegt nach unserer Beobachtung — soweit aufgeschlossen — nördlich des Ammer-Isar-Vorlandgletschers normal auf Reißschotter, aber nicht auf jüngerem Decken-, also Mindel-Schotter. Es sind mir keine Beweise dafür bekannt, daß dies im östlichen Salzachvorlandgletschers nicht ebenso sei. Der Gegensatz zwischen den Deckenschottern hier scheint also ein solcher zwischen Mindel- und Reißschotter zu sein. Die Bearbeiterin des bayerischen Westteils von dem Salzachgletscher, Frau Dr. Ed. EBERS, hat dort keine Anhaltspunkte für die Anwesenheit eines älteren Deckenschotters der Günzzeit finden können. Statt den beiden mir von ihr gezeigten Reißschotter-Fluren im Westen hat L. WEINBERGER nur eine einheitlich werdende — doch hat er 2 Reißmoränen-Wälle. Ebenso ungewöhnlich ist — abgesehen von der geringeren Konglomerierung seines „Jüngeren Deckenschotters“ — daß bei L. WEINBERGER dieser Schotter nicht weniger als durchschnittlich 73% an Kristallingeröllen hat, wobei, wieder ganz ungewöhnlich, die Menge der Quarzgerölle jene des anderen Kristallins 3—4 mal übertrifft. Die über Mindelschotter so oft zu beobachtenden Geolog. Orgeln sind nach L. WEINBERGER (1953, 234) „derzeit alle zerstört“. Über Reißschotter fehlen sie freilich. Mit E. EBERS bin ich der Meinung, daß der so ungewöhnlich hohe Quarz- und Kristallingeröll-Gehalt herrührt von westlichen Ausläufern der diese Gerölle so reichlich führenden pliozänen Geröllschichten in dem östlich anschließenden Kobernauser Wald und Hausruck. Die Barriere der nördlichen Kalkalpen ist im Süden hier zu massiv, als daß (anderes) Kristallin in so großen Geröll-Massen vom Salzachgletscher hätte direkt aus Nordgrauwackenzone und Zentralalpen herantransportiert werden können.

Aus solchen Gründen wird man unter den dreigeteilten Würmlöß-Massen nicht mit Deckenschotter, sondern mit jüngerem Reißschotter zu rechnen haben.

Der damit aus einem Günz- in einen Mindelschotter des österreichischen Salzach-Vorlandgletschers umzubenennende ältere Schotter, jetzt „jüngere Deckenschotter“, trägt nun, so wie in Oberschwaben und südlich von München, einen „Riesenboden“. Es ist „eine etwa 3 m mächtige, dunkelrotbraune Verwitterungsschicht, die einst sicher viel mächtiger war“ (L. WEINBERGER 1953, 238); dies wegen der Hang-Lage dieser Böden, welche auch wieder die geologischen Orgeln unter ihnen (Mauerkirchen-Uttendorf) füllten. Derart mächtige Verwitterungsböden auf Kalkschotter sind unwahrscheinlich. So, wie auf den Landschwellen südlich Münchens, wo die erratischen Blöcke die Böden als verwitterte Grundmoränen bewiesen, dürften die steinigten „Riesenböden“ auch im Salzachvorlandgletscher-Bereich gleichen Ursprungs sein! Dem-

entsprechend können auch hier die bei Uttendorf besonders schönen Orgel-Röhren durch subglaziale Schmelzwasser-Ausstrudlung ihre von normalen Verwitterungstrichtern so abweichenden Gestalten erhalten haben.

Die von L. WEINBERGER dankenswerterweise so sorgfältig durchgeführten Beobachtungen erstreckten sich auch auf Orientierungs-Messungen der Achsenlage langgestreckter Gerölle (1953, 235). Dabei ergab sich, daß die Schmelzwässer des jetzt wahrscheinlich als „jüngerer Rißschotter“ zu benennenden Schotters durchschnittlich von SW gegen NO abgeflossen ist. Dies würde der schon oben S. 155 für die Günzschotter auf dem Flinzrelief südlich von München mitgeteilten Fließrichtung entsprechen.

Auch diesbezüglich werden weitere Messungen im Norden des Salzach-Vorlandgletschers vielleicht noch Korrekturen bringen.

3. Zur Fortsetzung der Warmzeiten des Pleistozäns im europäischen Rußland (UdSSR). „Glaziale und interglaziale Faciesfolge“

In seiner schönen Zusammenfassung hat A. I. MOSKWITIN 1960 insgesamt 5 Warmzeiten als feststehend besprochen. Wahrscheinlich 2 gehören davon in das noch wenig untersuchte Eo-Pleistozän, also in die Vorgünzzeit. Ob die Pollenführenden Sedimente der Aktschagyl- und der Apscheron-Transgression — wie es scheint — noch zum Pliozän zählen oder nicht, ist weniger wesentlich als die Feststellung, daß die Pollen jener kühlen Zeiten nicht für ein ausgesprochen eiszeitliches Klima sprechen. Diese Sedimente sind in Weißrußland (Bjelorussische SSR) und am Oberlauf der Wolga unter den ältesten Moränen entdeckt worden. Diese Moränen dürften der Oka-Eiszeit der Nord-Ukraine, also wohl unserer Günzeiszeit entsprechen. Die Fragen um das Alter der Borissow-Warmzeit sind wohl noch ungeklärt.

Von den 3 jüngeren, gesicherten Warmzeiten scheinen Lichwin in die Günz/Mindel-, Odinzowo in die Mindel/Riß-, Mikulino in die Riß/Würmzeit zu gehören. Die Mologoscheksna-Warmzeit schließlich scheint einer Würm I/Würm II-Interstadialzeit zu entsprechen. Doch muß das alles noch offen bleiben.

Auffallend ist, daß nach MOSKWITIN eine Regelmäßigkeit dieser Warmzeiten insofern erkannt wurde, als deren älterer Teil kräftig und meist beständig warm war, der jüngere Zeitabschnitt dagegen jeweils kühlfeucht.

Bei Betrachtung unserer Eiszeit-Fazies-Folge beobachtet man gleichfalls eine große Regelmäßigkeit: Am Ende jeder warmen Zwischeneiszeit wuchsen in den Alpen die Gletscher; sie füllten allmählich die Täler. Der über dem wachsenden Eis sich verstärkende hohe Luftdruck brachte den Eiswind ins Vorland, wo eine kalte Lösssteppe im Altmindel, Altriß und Altwürm den Unteren, Mittleren und Oberen Löß wachsen ließ. Zunehmende Feuchtigkeit erlaubte es mit den absinkenden Mittel-Temperaturen den Gletschern, sich weiter auszudehnen. Dieser Klima-Umschlag dürfte gleichzeitig in dem noch etwas wärmeren Alpenvorland während wasserreichen Sommern die Entkalkung des Lösses zu Lößlehm gebracht haben. Das Überwiegen noch der wäßrigen Niederschläge dokumentierte sich ja auch durch das Vorstoßen der breiten Schotterkörper während der älteren Hauptzeit des glazialen Gebirgsklimas. In allen 4 Eiszeit-Sedimenten hat man in unserem Vorland das Übermaß der Schottermassen.

Nachfolgend stellten sich ein oder zwei wärmere Interstadialzeiten ein. Seen breiteten sich aus; subarktische, meist nicht zur Bodenzonen-Reife gediehene Verwitterung betraf das trockene Land.

Nach diesen Rückschlägen folgte aber nun die maximale Ausdehnung der Vorlandgletscher. Es läßt sich hieraus — abgebildet durch die über die Zungenbecken hinaus vorgetriebenen Grundmoränen — doch wohl der Höhepunkt des Glazialklimas feststellen.

Große Ströme der Abschmelzschotter breiteten sich in den Talungen aus. Kurzfristiger als die Vorstoßzeiten mit ihren stark oszillierenden Gletscherrändern und mit Interstadialzeiten waren, wie die schwächtigen Rückzugsmoränen andeuten, nur die Aufenthalte während der großen Abschmelzzeit, welche die klimatischen Übergänge zur nächsten interglazialen Warmzeit anzeigte.

So jedenfalls zeichnete sich in unserem relativ randlichen Glazialbereich die Faziesfolge während jeder unserer Eiszeiten ab. Als relativ langdauernd erkennt man hier das Wachstum des glazialen Klimas. Erst im letzten Drittel seiner Wirksamkeit erreichte es sein Maximum und relativ rasch erscheint der Ablauf des großen Abschmelzens.

Es dürfte schon der Ausdruck eines typischen Klima-Ganges sein, wenn wir dessen erstaunlich gleichmäßige Folgen für alle 4 Eiszeiten feststellen. Denn auch das würmglaziale Maximum ist ja abgebildet durch den über den von mir aufgefundenen Paudorfer Interstadialboden oder über dessen Überreste geschehenen Vorstoß der Würmgrundmoräne bis gegen den Raum der mehr schotterigen Würmendmoräne (E. C. KRAUS 1955, 1960).

Es scheint berechtigt zu sein, diesen glazialen Gang der Ereignisse herauszuheben als „die Glaziale Faziesfolge“. Sie steht gegenüber der „Interglazialen Faziesfolge“, wie man die Regelmäßigkeit des warmzeitlichen Klima-Ablaufes „warm — feuchtkühl“ nach MOSQUITIN'S Schilderung, herausstellen könnte. Wie weit diese beiden Schemata in den verschiedenen zirkumpalpinen und in anderen Pleistozän-Gebieten tatsächlich erweisbar sind, wird sich zeigen. Klimaänderungen sind großräumig.

Die periglazialen Erscheinungen stellten sich, wie S. 135 mitgeteilt wurde, verstärkt ein während der langdauernden Zeit des Kältewachstums mit ihren häufigen Rückschlägen, welche die Eisbodenoberfläche zum Schmelzen brachten. Sie wurden im Schichtprofil nicht beobachtet während der großen Abschmelzzeit.

Das kontinentale osteuropäische Klima brachte die kontinentalen Klimazonen-Böden bereits in der Zeitspanne einer Zwischeneiszeit zustande. Anfangs herrschte warmes, meist Schwarzerde-, später mehr Podsol-bildendes Klima. Während der kürzeren Interstadien gab es nur vorübergehend Böden vom Braunerde- oder Rendzina-Typ. In wärmeren Interglazialzeiten haben sich in der UdSSR (im S-Teil der russischen Tafel) die „rotbraunen Tonböden“ gebildet (Szythen-, Syrttonböden).

Diese sind offenbar unsere Interglazialböden vom Typ der Rot- und Kreß-Erden, welche durch das Vordringen von atlantischem bzw. mediterranem Klima, das interglazial jedesmal nordwärts über die Alpen vordrang, entstehen konnten.

Man kann erwarten, daß weitere Studien in anderen Ländern klären, wie weit die Regelmäßigkeiten der glazialen und der interglazialen Faziesfolgen sich unter vergleichbaren Umständen wiederholen. Im Bewährungsfall stehen wir auf Grund geologischer Beobachtungen im Gelände vor einer vierfachen Doppel-Periodizität des pleistozänen Klimas. Jede Teilzeit beginnt nach gemäßigttem Klima mit verhältnismäßig langsamer Abkühlung bzw. rascher Wärmezunahme bis etwa im zweiten Drittel des Zeitabschnittes die maximale Kälte, in der ersten Hälfte die maximale Wärme erreicht und überschritten wird. Verhältnismäßig rasch vollzieht sich also der Übergang aus der Kaltzeit in die Warmzeit, langsamer das Umgekehrte, wobei die interstadialen Rückschläge noch hinzukommen.

So würde sich eine asymmetrische Wärme-Kurve ergeben wie sie Abb. 10 (abgesehen von den älteren Interstadien) versucht anzudeuten. Ein solches Bild kann natürlich die gewiß auch geschehenen kleineren Schwankungen nicht nachzeichnen. Dafür sind unsere geologisch-paläontologischen Hinweise im Randgürtel des Ammersee-Isargletschers zu grob. Die mitbeteiligte Komponente der Niederschlagsmengen scheint

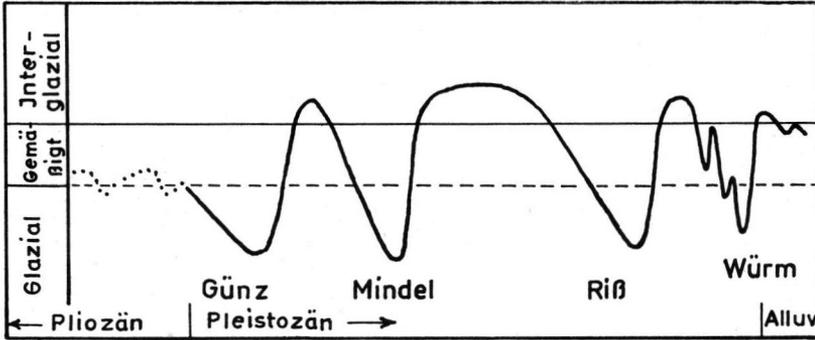


Abb. 10. Asymmetrische Klimakurve auf Grund eigener Beobachtungen und jener von MOSKWITIN im europäischen Rußland.

zur Hauptsache abzuhängen von der derzeitigen Verteilung des Atlantischen und des Kontinentalen Klimas an der Erdoberfläche.

Folgende Übersicht deutet für die Einzelheiten, unten das Klima der ersten, darüber das der zweiten Zeithälfte an.

Würm/Holozän	Gemäßig, früh eine schwache, atlantische Warmzeit	
Würm	Glazial, Maximum spät Kalt — Feucht	
Riß/Würm	Atlant.: Kühl — Feucht; Warm — Feucht	Kontinental: Kühl — Feucht Trocken — Warm
Riß	Glazial, Maximum spät Kühl — Feucht	
Mindel/Riß	Atlant.: Kühl — Feucht; Warm-feuchtes Wechselklima	Kontinental: Kühl — Feucht Warm — Trocken
Mindel	Glazial, Maximum spät Kalt — Feucht	
Günz/Mindel	Atlant., Kühl — Feucht; Warm-feuchtes Wechselklima	Kontinental: Kühl — Feucht Warm — Trocken
Günz	Glazial, Maximum spät Kalt — Feucht	

Dieser Versuch will den aus geologischen Beobachtungen in Südbayern gewonnenen Klima-Vorstellungen gerecht werden, und rechts entsprechend den Mitteilungen von A. I. MOSKWITIN 1960 über das europäische Rußland.

Schriften

- AMMON, L. VON: Die Gegend von München, mit geol. Karte - Festschr. Geographische Ges., München 1894.
- BLANCK, E.: Beitr. z. Kenntnis d. chem. und phys. Beschaffenheit der Roterden. - Journ. f. Landw. 60, 59-73. 1912. - - Beitr. z. regionalen Verwitterung in d. Vorzeit. - Mitt. Landw. Institut Breslau 6, 619-682. 1913. - - Über die Entstehung d. Roterden in der Diluvialzeit. - Journal f. Landw. 62, 141-147. 1914.
- BRUNNACKER, K.: Regionale Bodendifferenzierungen während der Würmeiszeit. - Eiszeitalter und Gegenwart 7, 43-48, 1956. - - Erl. Geol. Karte v. Bayern 1 : 25,000, Blatt Freising Nord, München 1962 a. - - Bemerkungen zum Profil Hörmating, Oberbayern. - Eiszeitalter und Gegenwart 13, 125-128. Öhringen 1962 b.
- BRUNNACKER, M. & BRUNNACKER, K.: Weitere Funde pleistozäner Molluskenfaunen bei München. - Ebenda 13, 129-137. 1962.

- BÜDEL, J.: Die angebliche Zweiteilung der Würmeiszeit im Loisach-Vorland bei Murnau (Südbayern) - Stuttgarter Geograph. Studien 69, 121-141. Stuttgart 1957. - - Die Gliederung der Würmkaltzeit. - Mitt. Geogr. Ges. Würzburg, Heft 8, 5-45. 1960.
- DEHM, R.: Das jüngere Tertiär in Südbayern als Lagerstätte von Säugetieren, besonders Dinotherien. - N. Jahrbuch Abh. 90 B, 30 S., 1949.
- DREIMANIS, A.: Preclassical Wisconsin in the eastern portion of the Great Lakes Region, North America. - Report Part IV, 108-119, Sess. Norden, Intern. Geol. Congress 1960.
- EBERL, B.: Die Eiszeitenfolge im nördlichen Alpenvorland. - Verlag Filser, Augsburg. 427 S., 1930.
- EBERS, E.: Die Eiszeit im Landschaftsbild des bayer. Alpenvorlandes. Verlag C. H. Beck, München 1936. - - Die diluviale Vergletscherung des bayerischen Traungebietes. - Veröffentl. Ges. Bayer. Landeskunde. 13/14. München 1939. - - Drumlinkerne, ältere Würmschotter und das Würminterstadialprofil von Hörmating/Oberbayern. - Eiszeitalter und Gegenwart 11, 64-76, Öhringen 1960.
- FINK, J.: Leitlinien einer österreichischen Quartär-Stratigraphie. - Mitteil. Geolog. Ges. Wien 53, 249-266. 1960. - - Der östliche Teil des nördlichen Alpenvorlandes (Exkursionsführer). - Mitteil. österr. Bodenkundl. Ges. Heft 6, 26-51, 1961. - - Die Gliederung des Jungpleistozäns in Österreich. Mitteil. Geol. Ges. Wien 54, 1-25, 1961.
- GERMAN, R.: Die Würmvereisung an Rhein- und Illergletscher zwischen Federsee-Becken und Günztal. - Geologica Bavarica 43, 1-73, München 1959. - - Deckenschichtenanalyse und Gliederung pleistozäner Sedimente. - Jahresh. Vaterl. Ver. f. Naturkunde Württ. 116. Jg., 69-77, Stuttgart 1962. - - Die Gliederung der Würmvereisung im deutschen Alpenvorland. - Report 21. Sess. Norden 1960, Part. IV, 120-126.
- GEYER, O. & GWINNER, M.: Führer zu d. Exkurs. 82. Tagung Oberrhein. Geol. Ver. Ulm 4.-8. IV. 1961. - 51 S., Stuttgart 1961.
- GRAUL, H.: Eine Revision der pleistozänen Stratigraphie des Schwäbischen Alpenvorlandes. - Petermanns Geograph. Mitteil. 1962, 253-271. - - Bemerk. zu e. konchylienführ. Lehm an d. Basis d. mindelzeitlichen Vorstoßschotter d. Rheingletschers im Riedlinger Becken. - Jh. Ver. vaterl. Naturk. Württ. 117. Jg. 172 f., 178-183, 1962. - - Zur Gliederung d. Altdiluviums zw. Wertach/Lech u. Flossach-Mindel. - Jahrb. Nat. Ges. Augsburg 2, S. 3, 1949.
- GRAUL, H., SCHÄFFR, I. & WEIDENBACH, F.: Quartärgeolog. Exkurs. durch d. Riß-Lechplatte 3.-5. 9. 1950. - Geologica Bavarica 6, 91-120, München 1951.
- HABER, G.: Geologie des Thalhamer und Reisacher Gebietes an der Mangfall, mit 2 farb. Karten 1 : 5000, 86 S., herausgegeben von den Stadtwerken München, Wasserwerke, 1959.
- KLEIN, S.: Die Nagelfluhbildung im Eiszeitalter. - Zentralblatt f. Min. etc. Jahrgang 1940, Abt. B, Nr. 10, 289-306.
- KNAUER, J.: Erläut. zu Blatt München West, Teilbl. Landsberg der Geognost. Karte von Bayern 1 : 100 000, München 1929. - - Erläut. zu Blatt München West, Teilbl. Starnberg. - Dsgl. München 1931. - - Über den Nachweis einer älteren diluvialen Großvereisung in Süddeutschland. - Verhandl. III. Inqua-Konf. Wien, Sept. 1936, 2 S., Druck: Geol. Bu.-Anst. Wien 1936. - - Diluviale Talverschüttung und Epigenese im südlichen Bayern. - Geolog. Bavarica 11, 32 S., München 1952. - - Die Mindelzeit, die Zeit größter diluvialer Vergletscherung in Süddeutschland. - Abhandl. d. Geol. Landesuntersuchung am Bayr. Oberbergamt, Heft 29, 35-45, München 1938.
- KOEHNE, W.: Erläuter. zu Blatt Baierbrunn d. geol. Karte v. Bayern 1 : 25 000, München 1914. - - Dsgl. zu Blatt Gauting, München 1915.
- KOHL, F.: Bodenkundliche Exkursion in die Umgebung von München. - Geologica Bavarica 6, 167-183, München 1951.
- KRAUS, E. C.: Geologie d. Gebiets zw. Ortenburg u. Vilshofen in Niederbayern an d. Donau, mit geol. Karte 1 : 25 000. - Geognost. Jahreshefte Jg. 28, 91-168, München 1915. - - Der Blutehm auf der süddeutschen Niederterrasse als Rest des postglazialen Klima-Optimums. - Geognost. Jahreshefte 34, München 169-222, 1921. - - Der Abschmelzungs-Mechanismus des jungdiluvialen Eises im Gebiet des ostpreussischen Mauersees. - Jahrb. Preuß. Geolog. Landesanstalt f. 1923, 44, 221-242. - - Die Bodenkunde als Methode in der Morphologie. - Peterm. Geograph. Mitteil., Jg. 1923, 1-6. - - Die Quartärtektonik Ostpreußens. - Jahrb. Preuß. Geol. Landesanstalt f. 1924, 45, 633-723, Berlin 1925. - - Über die jüngsten Bewegungstendenzen der Alpen. - Geologische Rundschau 43, 108-138, 1955. - - Die Zweigliederung der südbayerischen Würmeiszeit durch eine Innerwürm-Verwitterungsperiode. - Eiszeitalter und Gegenwart 6, 75-95, Öhringen/Württ. 1955. - - Die beiden interstadialen Würmböden in Südbayern. - Ebenda 12, 43-59, Öhringen 1961. - - Herr BÜDEL und die Gliederung der Würmeiszeit. - Ebenda 13, 227-230, Öhringen 1962. - - Ein Beitrag zur Kenntnis der vorwürmischen Böden im Süden von München. - Druckfertig 1965.

- KUBIÉNA, W.: Zur Mikromorphologie, Systematik und Entwicklung der rezenten und fossilen Lößböden. - *Eiszeitalter und Gegenwart* 7, 1956. - - Prinzipien und Methodik der paläopedologischen Forschung im Dienste der Stratigraphie. - *Z. d. Deutschen Geol. Ges.* 111, 643-652, Hannover 1959.
- MOLL, W.: Bodentypen im Kreis Freiburg i. Br. - *Ber. Nat. Ges. Freiburg i. Br.* 49, 5-58, 1959.
- MOSKOWITIN, A. I.: Über warme und kühlere Interglaziale in der UdSSR. - *Berichte der Geolog. Gesellschaft DDR*, Heft 1/2, 1960, 5-20, 3 Taf.
- MÜNICHSDORFER, F.: Das geolog. Querprofil von München. - *Geognost. Jahresh.* 34. Jg., 1921, 125-132. München 1922.
- PENCK, A.: Das Klima der Eiszeit. - *Verh. 3. Inqua-Konf.* 1936, Wien, 83-97, 1938. - - Die Alpen im Eiszeitalter I. - Verlag Tauchnitz, Leipzig 1901-1902; 1908. - - Alte Breccien und junge Krustenbewegungen in den bayer. Hochalpen. - *Sitz.-Ber. Preuß. Akad. d. Wissenschaften, ph.-math. Kl.* 14. V, 1925, 330-348. XVII, 1925.
- POSER, H. & HÖVERMANN, J.: Untersuchungen zur pleistozänen Harz-Vergletscherung. - *Abh. Braunschweig. Wiss. Ges.* 3, 1951.
- QUENSTEDT, W.: Geologisches aus Altmünchen. - *Zeitschr. d. Zwiebelturm* 15. Jg., Heft 3, 16 S., 1960.
- REIS, O. M.: Über einzelne Beobachtungen im Diluvium der Umgegend von München. - *Geognost. Jahresh.* 34, 143-158, 1921.
- RICHMOND, M.: Three pre-Wisconsin glacial Stages in the Rocky Mountain Region. - *Bull. Geol. Society of America* 68, 239-262. Febr. 1957.
- RICHTER, K.: Morphometrische Gliederung von Terrassenschottern. - *Eiszeitalter und Gegenwart* 2, 1952.
- ROTHPLETZ, A.: Die Strudellöcher im Münchener Deckenschotter. - *Peterm. Geogr. Mitteil.* 59, I, 237, 1913. - - Die Osterseen und der Isar-Vorlandgletscher. - *Mitteil. Geograph. Ges. München* 12, 2. Heft, 99-314, Übersichtskarte u. Karte 1 : 25 000, 1917.
- SALGER, M.: Verwitterung und Bodenbildung auf diluvialen Schotterterrassen. - *Heidelb. Beitr. z. Min. u. Petrogr.* 48, 288-318 (1954).
- SCHÄFER, I.: Die Würmeiszeit im Alpenvorland zwischen Riß und Günz. - *Abh. Naturkunde- u. Tierg.-Verein Schwaben* 2, Augsburg 1940.
- SCHRÖDER, R.: Die Conchylien des Münchener Gebiets vom Pleistozän bis zur Gegenwart. - *Nachr. Deutsch. Malakologischen Gesellschaft* Heft 3, 1-87, für 1915.
- SCHRÖDER, J. & DEHM, R.: Die Molluskenfauna aus d. Lehmzwischenlage des Deckenschotters von Fischach, Kreis Augsburg. - *Geol. Bavarica* 6, 116-118, München 1951.
- SCHWAGER, A.: Analysen von Gesteinen der Münchener Gegend und einiger anderer Gebietsteile. - *Geognost. Jahresh.* 12, 130, München 1899.
- SCHWARZBACH, M.: Das Klima der Vorzeit. - 2. Aufl., 275 S., Verlag F. Enke, Stuttgart 1961.
- TRAUB, F.: Erläuterungen zu Blatt München 1 : 500 000, herausgeg. vom Bundesmin. f. Wirtschaft, Bundesanstalt f. Landeskunde Remagen 1956.
- TROLL, C.: Die jungglazialen Schotterfluren im Umkreis der Alpen. - *Forsch. z. Deutschen Landes- u. Volkskunde* 24, Stuttgart 1926. - - Der Eiszerfall beim Rückzug der alpinen Vorlandgletscher in die Stammbecken. - *Verhandl. d. 3. Inqua-Konf. zu Wien 1936*. Wien 1938, 152-160. - - Die Eiszeitenfolge im nördlichen Alpenvorland. - *Mitteil. Geograph. Ges. München* 24, 1931.
- VOGEL, F.: Bodenkundlicher Beitrag zu Ganss, Erläut. zu Blatt Bergen 1 : 25 000. - In *Geol. Bavarica* 26, 129-131, 1956.
- WEIDENBACH, F.: Bildungsweise und Stratigraphie der diluvialen Ablagerungen Oberschwabens. - *N. Jahrb. Min. etc. Beil.-Band* 78 B, 66-108, Stuttgart 1937. - - Zeitliche Einordnung der jungpleistozänen Ablagerungen Mitteleuropas. - *V. Inqua-Konf.*, 7 S., Madrid 1957.
- WEINBERGER, L.: Über glazifluviale Schotter bei Mauerkirchen und deren Löße. - *Geologica Bavarica* 19, 231-257, 1953. - - Exkursion durch das österreichische Salzachgletscher-Gebiet u. d. Moränengürtel d. Irrsee- u. Attersee-Zweige des Traungletschers. - *Verhandl. Geol. Bundesanst. Wien, Sonderheft*, 7-34, 1955.
- WOLDSTEDT, P.: Das Eiszeitalter. - 2. Aufl. 1954 (Bd. I), 1958 (Bd. II), Stuttgart.

Manusk. eingeg. 14. 2. 1964

Anschrift des Verf.: Prof. Dr. E. C. KRAUS, München-Obermenzing, Verdistrasse 40.