

GEOLOGISCHE KOMMISSION  
DER SCHWEIZ, NATURFORSCH. GESELLSCHAFT

COMMISSION GÉOLOGIQUE  
DE LA SOC. HELV. DES SCIENCES NATURELLES

## Geologischer Atlas der Schweiz

1:25 000

## Atlas géologique de la Suisse

1:25 000

Auf Kosten der Eidgenossenschaft herausgegeben  
von der Geologischen Kommission  
der Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft,  
Präsident der Kommission: A. BUXTORF

Publié aux frais de la Confédération  
par la Commission géologique  
de la Société helvétique des Sciences naturelles,  
M. A. BUXTORF étant Président de la Commission

Blätter:

56 Pfyn

57 Märstetten

58 Frauenfeld

59 Bussnang

(Atlasblatt 16)

## Erläuterungen

verfasst von

**E. GEIGER**

mit 1 Tafel (I) und einem

## Anhang:

Sedimentpetrographische Untersuchungen der oberen  
Süßwassermolasse und der pleistocänen Ablagerungen im Thurgau

mit 3 Tafeln (II–IV)

1943

In Kommission bei Kümmerly & Frey A. G., Geographischer Verlag, Bern

## VORWORT DER GEOLOGISCHEN KOMMISSION

Die Initiative zur geologischen Kartierung des Atlasblattes 56—59 Pfyn—Märstetten—Frauenfeld—Bussnang ist von Herrn Sekundarlehrer E. GEIGER ausgegangen, der von 1920 an sich speziell petrographischen Untersuchungen der Schotterablagerungen und der Molasse des Thurgaus gewidmet hat. Diese Studien liessen in ihm den Wunsch entstehen, einen grösseren Ausschnitt des thurgauischen Molasse-Gebietes geologisch zu kartieren, und zwar zunächst die Umgebung seines Wohnortes Hüttwilen. Von 1932 an wurden die geologischen Aufnahmen im Auftrag der Geologischen Kommission S.N.G. weitergeführt bis zum Abschluss der Kartierung des Atlasblattes 56—59 Pfyn—Bussnang im Jahre 1937.

Während der Drucklegung der Karte (ab 1938) ergab sich dann die Notwendigkeit zu ergänzenden Aufnahmen, speziell um die Darstellung der Quartärbildungen in Übereinstimmung zu bringen mit den Richtlinien, die am 5. u. 6. Juli 1941 — anlässlich einer Konferenz der im Molassegebiet tätigen Mitarbeiter der Geol. Kommission — für die kartographische Darstellung von Quartär und Molasse vereinbart worden waren.

Den vorliegenden Erläuterungen sind als „Anhang“ beigelegt: „*Sedimentpetrographische Untersuchungen der Oberen Süsswassermolasse und der pleistocänen Ablagerungen im Thurgau*“, begleitet von 3 Tafeln. Wenn diese eingehenden Ausführungen auch über den Rahmen eines kurzen Erläuterungstextes hinausgreifen und einige neue Wege in die Untersuchungsmethoden der sedimentären Ablagerungen aufzeigen wollen, so schien es doch geboten, sie hier mit zu veröffentlichen, denn sie gewähren wichtige und wertvolle Einblicke in die heute bei sedimentpetrographischen Untersuchungen der Molasse und des Quartärs angewandten Methoden und die dabei erzielten Resultate.

Die in diesem Erläuterungstext erwähnten Gesteinsproben und Fossilien sind aufbewahrt im Thurgauischen Museum (Naturwissenschaftliche Abteilung) in Frauenfeld.

Basel, im Dezember 1943

Für die Geologische Kommission  
der Schweiz. Naturf. Gesellschaft  
der Präsident :

A. Buxtorf.

## EINLEITUNG

Das Gebiet des Atlasblattes 56—59: *Pfyn-Märstetten-Frauenfeld-Bussnang* zeigt seiner morphologischen Gliederung nach eine Dreiteilung (vgl. Spezialkarte 2: „Geologische Übersichtskarte 1 : 200 000“ am rechten Rand des Atlasblattes):

Die nördliche Randzone entspricht der Südadachung des Seerückens; die mittlere Zone wird von der breiten Thurtalfurche und — im Osten — vom westlichen Ausläufer des Ottenberges gebildet; die dritte, südliche Zone wird vom Wellenberg und Immenberg und der zwischenliegenden Hochtalmulde von Thundorf eingenommen. Die W–E laufenden Rücken der beiden Randzonen gehen nach E in breite, hochgelegene Terrassen über (vgl. Spezialkarte 1: „Glazialgeologische Übersichtskarte 1 : 500 000“).

Den Unterbau des ganzen Gebietes bildet die flachliegende, ungefaltete *Obere Süßwassermolasse*, die aber auf weiten Flächen von pleistocänen Ablagerungen, vornehmlich Moränen der letzten Eiszeit, überdeckt ist. In der N-Zone nimmt die Glazialbedeckung von E nach W zu, während in der S-Zone hauptsächlich der E-Rand mehr und mehr von Moränen überdeckt wird. Die Erosionsformen lassen sich zeitlich wie folgt unterteilen:

Zu Beginn der Quartärzeit bestand die Landoberfläche unseres Kartengebietes wohl aus einem wenig tiefen SE–NW gerichteten Rinnensystem. Die Sohle der breiten Rinnen mag damals etwa 300 m über dem Niveau des heutigen Thurtales und des Bodensees gelegen haben. Der Verlauf dieser Rinnen wird heute durch die Längsachse des Bodensees, durch den Thurlauf von Sulgen bis Märstetten und durch das Murgtal etwa im Abschnitt Wil–Frauenfeld angedeutet (vgl. Spezialkarte 1). Auch das noch weiter im SW liegende Glattal verdankt wahrscheinlich seine erste Anlage diesem Rinnensystem.

Es gelangt dies auch zum Ausdruck in den Karten zur „Monographie des Schweizerischen Deckenschotters“ von ROMAN FREI (Lit. 3), soweit diese in unser Gebiet hineinreichen. Besonders auf Tafel 5 dieses Werkes zeigt sich der NE-Rand der später entstandenen Mindeleiszeitrinne als eine Linie, die von Steckborn gegen Schienen und den SE-Rand des Schienerberges verläuft und dabei die alte SE–NW-Richtung deutlich innehält. Im SW dieser Linie hätten wir den Ablagerungsbereich des Jüngern Deckenschotters, heute repräsentiert durch die Relikte vom Tannenberg, Hohlenstein, Heid bei Braunau, Hüttwilen-Stammheimerberg Schienerberg-Wolkenstein, Gailingerberg und Kohlfirst. Im NE der genannten Grenzlinie findet sich das Schottervorkommen von

## INHALTSÜBERSICHT

	Seite
Einleitung . . . . .	4
Stratigraphie . . . . .	7
Tertiär . . . . .	7
Quartär . . . . .	15
Nutzbare Gesteine, Quellen, Grundwasser, Bohrungen . . . . .	29
Tektonik . . . . .	32

## A n h a n g

Sedimentpetrographische Untersuchungen der Oberen Süßwasser- molasse und der pleistocaenen Ablagerungen im Thurgau . . . . .	35
a) Gerölluntersuchungen . . . . .	35
b) Schweremineralien . . . . .	42
c) Schlämmanalysen . . . . .	48
d) Karbonatgehalt . . . . .	54
e) Kombinierte Analyse . . . . .	56
Literaturverzeichnis . . . . .	60



Salen-Reutenen, das gerade noch den N-Rand unseres Atlasblattes tangiert (719,3/280,0). Die Höhenlage dieses Schotter auf 700 m — im Vergleich zum Jüngern Deckenschotter auf 600 m — spricht dafür, dass er der Günz-Eiszeit zuzuweisen ist. Er liegt auch in der Zone, wo die Spuren des Älteren Deckenschotter in einem Bogen um den Zellersee und in der Umgebung des Überlingersees zur Geltung kommen.

Im Kanton Thurgau sind allerdings ausser dem Schotter von Salen-Reutenen keine andern Relikte nachgewiesen. A. PENCK und J. FRÜH stellen ihn ohne Bedenken in den Älteren Deckenschotter, während R. FREI diese Ablagerung wegen der relativen Frische der Gerölle und wegen des reichlichen Auftretens kristalliner Typen einem jüngern Abschnitt der Eiszeit zuweisen möchte. Im Sommer 1941 habe ich dieses Schottervorkommnis in seiner Ausbreitung, seiner Auflagerung und seinem Geröllbestand eingehend studiert und bin nach diesen Befunden eher geneigt, den Schotter der Günz-Eiszeit zuzuordnen. Im Abschnitt „Älterer Deckenschotter“ (Günz-Eiszeit) soll die vertretene Ansicht etwas ausführlicher erörtert werden.

Zu Beginn des Diluviums zeigte unsere thurgauische Molasseplatte eine erste breite Rinne auf ca. 700 m Höhe im Gebiet des Bodensees und seiner Ausläufer Zeller- und Überlingerbucht. Der SW-Rand der Rinne verlief längs der Linie Schrotzburg (= N-Rand des Schienerberges)–Steckborn und ihre Fortsetzung nach SE zu. In dieser Rinne lagerten sich beim Rückzug der Eismassen der Günz-Eiszeit unsere ältesten Schotter ab. Schon während des Maximalstadiums wird das seitlich abfliessende Schmelzwasser die Anlage zu einer neuen Rinne geschaffen haben, welche dann in der nachfolgenden ersten Interglazialzeit auf das Niveau von 600 m vertieft worden ist. Hier kam es dann zu den schon erwähnten Ablagerungen des Jüngeren Deckenschotter.

In der Mindel-Riss-Interglazialzeit hat sich dann das Einzugsgebiet des Rheines deutlich zur Geltung gebracht, indem jetzt Rheintal- und Thurffurche sich von W her durch rückschreitende Erosion derart in unser Kartengebiet eintiefen, dass Schienerberg, Seerücken, Ottenberg und Wellenberg herausmodelliert wurden und an ihren Flanken Terrassen entstehen konnten. Dass diese Terrassen erst in der Riss-Eiszeit gebildet worden sind, ist wenig wahrscheinlich, da keine Schotterrelikte mit ihnen verknüpft sind. Es sind keine sichern Zeugen vorhanden, die darauf hinwiesen, dass diese grösste Vergletscherung die Oberfläche des Kartengebietes namhaft geändert hätte. Selbst die Grundmoräne an der Sohle des Thurtales ist viel eher ein Produkt der Würm-Eiszeit. In der letzten Eiszeit (Würm) bildeten sich Schmelzwasserrinnen; erst postglazial sind die tief eingeschnittenen Bachschluchten am See-

rücken, Wellenberg und Ottenberg erodiert worden. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass im Alt- und Mittel-Pleistocaen Schotterdecken, im Jung-Pleistocaen Moränenwälle, Drumlins und Schotterebenen abgelagert wurden. Die Akkumulationsformen der postglazialen Zeit kommen morphologisch im Thurtalboden und im Delta (jetzt Schuttkegel) der Murg bei Frauenfeld zur Geltung. Über die Gebiete mit vorherrschender glazialer Akkumulation einerseits und Erosion andererseits gibt die Spezialkarte 1: „Geologische Übersichtskarte 1:200 000“ Aufschluss.

Der auffälligste morphologische Zug des Kartengebietes ist das breite, gleichmässig ausgeebnete *Thurtal*, das vermutlich im Jung-Pleistocaen, direkt nach dem Abschmelzen der hier ehemals vorhandenen Gletscherzunge, während kurzer Zeit von einem See eingenommen war. Der Thurtalboden wurde wahrscheinlich durch starke Hochwasserfluten nivelliert, die vom Jung-Quartär und Postglazial an bis in die historische Zeit die Schuttkegel der von S zufließenden Bäche des Wellenberg-Gebiets ausgeebnet haben. Dadurch erklärt sich auch der typische Erosionsrand, der sich am Wellenberg-Nordfuss von Amlikon bis Zollhaus verfolgen lässt. Auch das Murgdelta weist auf der N- und E-Seite einen Erosionsrand auf. Seit etwa 40 Jahren — offenbar im Anschluss an die Thurkorrektur — vertieft sich das Thurbett in der E-Hälfte des Kartengebietes. Die Erosion hat bis jetzt bei Amlikon den Betrag von ca. 1,5 m erreicht. Andererseits ist gegen W zu, von Pfyn an abwärts, das Flussbett aufgeschüttet worden, so dass unterhalb Frauenfeld, gegen die Zürcher Kantonsgrenze hin, die Thurdämme erhöht werden mussten.

Hydrographisch gehört unser Gebiet in den Einzugsbereich des Rheines und der Thur (vgl. die Übersichtskarte 1:500 000). Den Bächen ist vielfach durch Moränenwälle und Schmelzwasserrinnen in einzelnen Teilstücken der Lauf vorgezeichnet worden. Es führt dies gelegentlich zu mehrmaligen, scharf rechtwinkligen Knickungen des Bachbetts; besonders gilt dies für die Bachläufe am Hang des Seerückens. Ein klassisches Beispiel rückläufiger Entwässerung bietet das Zungenbecken des Seebachtales 5 km N Frauenfeld.

---

## STRATIGRAPHIE

### TERTIÄR (MIOCAEN)

#### m<sub>4</sub> Tortonien = Obere Süsswassermolasse

Die auf unserm Kartengebiet auftretende Molasse gehört ganz der Oberrn Süsswassermolasse (Tortonien) an und zwar zeigen ihre Schichten, wie erwähnt, fast ungestörte, horizontale Lagerung; dementsprechend sind die ältesten Schichten der Serie in der Sohle des Thurtales aufgeschlossen, die jüngsten auf den Rücken der angrenzenden Berge (vgl. das schematische Profil am rechten Kartenrand). Die Gesamtmächtigkeit des im Kartengebiet oberflächlich austreichenden Anteils der oberrn Süsswassermolasse kann auf ca. 300 m geschätzt werden (Thurtal bei Frauenfeld ca. 390 m ü.M.; höchster Punkt des Wellenberges 705 m). Über die Lagerungsverhältnisse ist noch zu bemerken, dass nirgends in den Molasseaufschlüssen eine gleichförmige Lagerung der Schichten festgestellt werden kann. Lokal vorkommende Neigungen verlieren sich aber schon auf 5—10 m Distanz und zwar meist deshalb, weil die betreffenden Schichten auskeilen oder in eine andere Fazies übergehen. Derartige Neigungen der Schichten sind also primär durch die Ablagerung bedingt und nicht durch tektonische Vorgänge.

Die tiefsten in unserm Gebiet sichtbaren Molasseschichten sind als *Knauersandsteine* ausgebildet und treten am rechten Ufer der Thur, 500 m oberhalb der Brücke N Frauenfeld, zu Tage. Weiter flussaufwärts liegt am Flussufer SW Pfyn das südlichste Vorkommen von *Glimmersandstein*; es wird von Knauermolasse überlagert. Am Südrand der Thurebene ist bei Unter-Griesen [711,85/269,5]\*) die Molasse in einem verlassenen Steinbruch aufgeschlossen. Der Nordfuss des Seerückens enthüllt die Molasse erst von 440 m an und zwar im Mäusetobel [707,75/277,3], im Bornhausertobel [708/275] und im Eggmühletobel [711/277]. Die wichtigsten Fossilfundstellen innerhalb des Kartengebietes liegen fast ausschliesslich in dieser untern Zone und zwar in blaugrauen, plastischen *Mergeln* oder in Knauersandsteinen. Dass wir hier an der Basis der Schichten noch im Bereich der oberrn Süsswassermolasse (Tortonien) sind, wird wohl kaum in Zweifel gezogen werden können. Am Aufbau dieser Schichtfolge sind beteiligt: Sandsteine, Mergel und Nagelfluh; nur ganz untergeordnet treten auch Süsswasserkalke [711,1/277,3] und dünne Einlagerungen von Braunkohle auf.

---

\*) Ortsbestimmung bezogen auf das Koordinatennetz der Karte.

## SANDSTEINE

Die Schichtglieder unserer Molasse, die unter dem Begriff Sandsteine zusammengefasst werden, lassen sich drei Typen zuweisen, deren besondere Merkmale im Anhang (S. 35) vom sedimentpetrographischen Standpunkte aus erörtert werden.

Die grösste Verbreitung besitzt der Typus der *Kalk- oder Knauersandsteine*. Er ist eigentlich in jedem grössern Aufschluss anzutreffen. Die Mächtigkeit der einzelnen Sandsteinbank überschreitet selten 4 m. Eine Unterbrechung durch Mergellager von 0,5—1 m Mächtigkeit ist sehr häufig zu beobachten. In der NW-Ecke des Kartenblattes, wo einige Schluchten des Seerückens sich nordwärts richten, zeigt sich der Knauersandstein erst etwa vom Niveau 500 m an aufwärts als auffälliges Schichtglied. Die grösste Mächtigkeit weist er dort auf zwischen 550—560 m Höhe, also in der Zone, auf die nach oben die Nagelfluh folgt. In dieser Höhe ist der Kalksandstein auch auf der Südseite vorhanden und zwar besonders in knaueriger Ausbildung. Weiter E auf dem Seerücken bildet er in 650 m Höhe noch einmal ein Schichtglied, diesmal auflagernd auf der Nagelfluh und überdeckt vom Deckenschotter von Homburg [718—719,5/277—278]. In den nach S auslaufenden Bachschluchten tritt der Knauersandstein noch in verschiedenen tieferen Horizonten zu Tage, z. B. im Debrunnertobel SE von Herdern in 460 m und 510 m, im Klingenbergertobel [716,7/275] ebenfalls im gleichen Niveau, im dazwischenliegenden Hörhausertobel (Burgtobel) auch in 490 m Höhe. Im Mühlbergertobel [719—20/276—77] liegen Knauerzonen bei 440 m und dann wieder bei 490 m, ferner bei 520 m und 610 m. Weiter E am Seerücken ist die Schluchtbildung geringer und dadurch fehlen zusammenhängende Profile. W. Lipperswil [720,8/275] ist Knauersandstein bei 460 m und E davon bei 510 m anstehend. NW von Wäldi [723,9/277,4] ist auf 610 m Höhe Knauersandstein bei Anlass einer Quelfassung unmittelbar unter dem Wiesenboden freigelegt worden. Dieses Vorkommen direkt an der Verwitterungsgrenze zeigte besonders schön, wie sich in den Knauersandsteinen Verwitterungstaschen von ca. 0,5 m Tiefe und 0,3 m Durchmesser bilden können.

Von Pfyn aus abwärts hat die Thur am N-Ufer an zwei Stellen den Molassefels freigelegt und zwar bei Kalchdaren [713/272], wo im Niveau 408 m Glimmersandstein von Knauersandstein überlagert wird, und 500 m E der Thurbrücke bei Frauenfeld [709,2/271] wo, auf Kote 400, dem Kalksandstein Mergel aufliegen. Es ist dies der tiefste Molassehorizont des Kartengebietes, denn am Abhang gegen den Untersee zeigt sich die Molasse erst von 440 m an aufwärts. Im Kemmenbachtobel, das in die Mulde zwischen Seerücken und Ottenberg eingesenkt ist, tritt eine Knauerzone bei 460 m und

eine zweite bei 470 m auf. Am W-Abhang des Ottenbergs ist SSE des Dorfes Ottoberg etwas Knauersandstein bei 500 m festzustellen. Der Wellenberg-Nordrand lässt in den Schluchtprofilen eine untere Knauerzone bei 420 m Höhe, eine mittlere bei 480 m und eine obere bei 500 m erkennen.

Der zweite Typus der Sandsteine, der *Mergelsandstein*, ist mehr ein Übergangsglied zu den kalkreichen Mergeln. Er liegt entweder zwischen den Mergeln oder dann an der Grenze zwischen Mergeln und Kalksandsteinen. Die Mächtigkeit schwankt zwischen 0,1—1 m. Gegen die angrenzenden Mergel setzt dieser feinkörnige kalkreiche Sandstein scharf ebenflächig ab und tritt darum im Profil augenfällig in Erscheinung. Da dieser Sandsteintypus in vielfacher Wiederholung auftritt, erübrigt es sich, Horisonthöhen anzugeben. Es genügt, zu sagen, dass er sich sowohl in Mergelzonen wie auch in Knauerhorizonten einstellt.

Der dritte Typus der Sandsteine ist der *Glimmersandstein* (*Steinbalmsandstein* der deutschen Autoren). Wo er auftritt, zeigt er immer Mächtigkeiten von mindestens 4 m. Das „Schematische Profil“ (rechts oben am Rand des Kartenblattes) soll dartun, dass die Glimmersandsteinhorizonte von NW gegen SE rasch abnehmen. Am W Schienerberg (vgl. Übersichtskarte 1:200 000) ist der Glimmersandstein vorherrschendes Schichtglied bis hinauf zu 600 m Höhe; am N-Hang des Seerückens reicht er noch bis auf 540 m, am S-Hang bis auf 510 m, und gegen die Thur zu liegen N Ochsenfurt [710,7/272,5] auf 420 m und in Kalchdaren (SW Pfyn) bei 408 m die südlichsten Vorkommen. Am Wellenberg und Ottenberg fehlt diese Sandsteinart. E Fischbach [722/277,9] und bei Hohenrain [724/277,8] zeigt sich Glimmersandstein in der höchsten und östlichsten Zone des Kartengebietes.

### *Fossilführung der Sandsteine*

Die drei Sandsteintypen: Glimmersandstein, Knauersandstein und Mergelsandstein führen nur spärlich Fossilreste; so gut wie ganz fossil leer sind besonders die Mergelsandsteine.

Die Knauersandsteine enthalten gelegentlich in der Zone mit der größten Körnerfraktion Häcksel von unbestimmbaren Pflanzenresten. Solche Fundstellen sind aufgeschlossen im Eggmühlentobel [711,1/276,9] und am Wellenberg im Wallentobel [712,4/269,3]. In den Zeiten vor ca. 70 Jahren, als die Sandsteinbrüche noch ausgebeutet wurden, bestand grössere Wahrscheinlichkeit, Fossilien zu finden. Aus dem verlassenen Steinbruch bei Untergriesen [711,85/269,45] stammen die im Thurgauischen Museum in Frauenfeld liegenden Sandsteinproben mit den Abdrücken von Früchten eines Lindengewächses *Apeibopsis laharpi* HEER, mit Blättern vom

Zimtbaum *Cinnamomum polymorphum* HEER und solchen einer Pappelart. Im Sandstein, der durch die Murg beim Königswuhr freigelegt wurde [709,7/266,7], wurden fragmentäre Stosszähne und zum Teil vollständig erhaltene Backenzähne von *Mastodon angustidens* TUR. gefunden. Aus dem unter der Moränendecke erschlossenen Sandstein im Untergrund der Kantonsschule in Frauenfeld [710,2/268,15] besitzt das Thurgauische Museum *Helix larteti* NOULET.

Im Sandstein an der Strassenkurve zwischen Frauenfeld und Gerlikon [708,5/266,9] sind Pflanzenabdrücke gefunden worden, die durch J. FRÜH und L. ROLLIER bestimmt worden sind. Vertreten waren: *Populus latior* AL. BR., *P. mutabilis* HEER, *P. truncata* HEER, *Quercus urophylla* HEER, *Q. myrtilloides* UNG., *Q. Weberi* HEER, *Cinnamomum büchi* HEER, *C. lanceolatum* UNG. sp., *C. polymorphum* AL. BR. sp., *C. rossmässleri* HEER, *C. scheuchzeri* HEER, *Daphnogene ungeri* HEER, *Acer trilobatum* AL. BR., *Diospyros* spec. UNG.

## PETROGRAPHISCHE BESCHAFFENHEIT DER SANDSTEINE

Die petrographischen Unterschiede der drei Sandsteinarten beruhen, wie den Ausführungen im Anhang zu entnehmen ist, auf Folgendem:

1. **Karbonatgehalt:** Bei den Glimmersandsteinen liegt der Karbonatgehalt zwischen 0—15%. Bei den Knauersandsteinen ist er am grössten und beträgt manchmal bis zu 70%, womit er die Kalksandsteine anderer Molassegebiete übertrifft. Die Mergelsandsteine zeigen geringeren Karbonatgehalt, jedoch ist der Tonanteil grösser.
2. **Korngrösse und Aufbereitung:** Die Glimmersandsteine sind am besten aufbereitet, das heisst, dass bis zu 90% der Körner einer Grössenklasse angehören und zwar derjenigen des Intervalls 0,1—0,25 mm. Daraus resultiert auch, dass sie die grösste und mittlere Korngrösse besitzen. Bei den Knauersandsteinen ist die mittlere Korngrösse kleiner, weil die Körner stärker auf die verschiedenen Grössenklassen verteilt und schlechter aufbereitet sind. Bei den Mergelsandsteinen werden diese Unterschiede noch deutlicher.
3. **Gehalt an Schweremineralien und Vorherrschen bestimmter Mineralien:** Die grösste Ausbeute an Schweremineralien liefert der Glimmersandstein; Granat herrscht vor. Im Knauersandstein ist die Ausbeute geringer; die Vormacht haben Magnetit oder Epidot. Die Mergelsandsteine führen nur wenig schwere Mineralien, worunter etwas Magnetit.

## MERGEL

Molassemergel sind im Kartengebiet von den tiefsten bis zu den höchsten Horizonten und horizontal in allen Aufschlüssen vorhanden. Im N treten Mergel allerdings wegen des Vorherrschens der Glimmersandsteine etwas weniger mächtig auf, und im S werden sie durch die zunehmende Nagelfluh etwas zurückgedrängt. Als Zwischenlagerung in Sandsteinen sind sie wenig mächtig und als Einlagerung in der Nagelfluh manchmal nur linsenförmig ausgebildet. Daneben können die Mergellagen aber Mächtigkeiten von 10—12 m erreichen, wobei sie allerdings nicht als homogene Schicht auftreten, sondern in vielfachem Wechsel verschiedener Abarten. Diese fallen durch ihre Verwitterungsprodukte und ihre Farben auf, so dass man zunächst versucht ist, sie einzeln und in ihrer Reihenfolge auszuscheiden (z. B. Aufschluss 711,55/274,3). Die Mergelarten gesondert zu kartieren, ist jedoch unmöglich, da sich der Wechsel innerhalb von Dezimetern Schichtdicke vollzieht. In welcher Weise sich diese Mergelarten unterscheiden, wird am Schlusse des Abschnittes erläutert.

Im Eggmühletobel [711/276,9] beginnt eine mächtige Mergelserie auf dem Niveau von 520 m und erstreckt sich bis auf 550 m. Vorherrschend sind rötlichgelbe, gefleckte, kalkreiche Mergel. Das Bornhausertobel [708/277] zeigt besonders bläulichgraue, plastische Mergel an der Basis der Glimmersandsteine. In ihnen liegt eine wichtige Fundstelle von *Heliciden* [708,1/277,25]. Auch im Mäusetobel [707,6/277,3] und im Eggmühletobel [711,2/277,6] wird die tiefste aufgeschlossene Molasse von blaugrauen, plastischen Mergeln gebildet. Die Rutschung im Kührain [712,1/277,3] hat besonders eine Mergelserie zwischen 560—570 m erfasst. Auf der S-Seite des Seerückens zeigen sich mächtige Mergelseries im Debrunnerobel [711,3/273,3], wo eine 1 dm mächtige Süßwasserkalkbank darin auftritt. Etwa 200 m schluchtaufwärts von dieser Stelle, in stratigraphisch etwas höherer Lage, findet man eine 3 cm mächtige Bank von intensiv roten Mergeln, überlagert von einem grauschwarzen, klingend harten Kalkstein (12 cm mächtig), der erfüllt ist von Schalen von *Limnaea*. Beide Gesteinsarten sind ganz lokal entwickelt; weder tobelaufwärts noch -abwärts sind sie wieder zu finden. Das Gleiche gilt auch von dem ziegelroten Mergelband in der Serie des Gschmelltobels [718/275,4]. Sobald ein Mergelprofil von einigen Metern Mächtigkeit vorliegt, kann man darin ein bis zwei dunkle Bänder von ca. 7 cm Mächtigkeit beobachten. Die dunkle Farbtönung kann in einen Fall mehr grauschwarz sein, dann handelt es sich um eine Einlagerung von kohligter Substanz, andernfalls geht die Färbung mehr ins Bräunliche, und dann ist Bitumen färbender Bestandteil. Nur diese letztern führen Fossilreste und zwar

zerdrückte Schalen von *Planorbis*. In den Bachschluchten des Wellenberges treten auch noch Mergelserien über dem tiefern Nagelfluhorizont auf. Am W-Abhang des Ottenberges sind in den nicht sehr ausgedehnten Aufschlüssen keine auffälligen Mergelarten vertreten.

### *Fossilführung der Mergel*

Von den drei Hauptgesteinsarten: Sandstein, Mergel und Nagelfluh, enthalten die Mergel noch am ehesten Fossilien, was sich aus den Sedimentationsbedingungen ohne weiteres erklärt. Beginnen wir mit den Fundstellen im NW des Kartengebietes. Dort liegt die schon genannte Lokalität im Bornhausertobel mit *Heliciden*; Herr Dr. A. ERNI vom Naturhistorischen Museum in Basel hatte die Freundlichkeit, die eingesandten Fossilien dieser Fundstelle zu bestimmen. Es handelt sich um

1. *Cepaea silvana* (KLEIN) mit Bänderung.
2. *Cepaea silvana* (KLEIN) ohne Bänderung.
3. *Planorbarius cornu Mantelli* (DUNKER)
4. *Tropidomphalus* (*Pseudochloritis*) *incrassatus* (KLEIN).

Etwas südöstlicher folgt der Kohlenmergel des ehemaligen Bergwerks Herdern [709,4/272,1]; er lieferte: *Melania*, *Planorbis striola*, *Unio flabellatus* GOLDE., die im Thurgauischen Museum aufbewahrt werden.

Im Debrunnertobel [711,4/273,4] finden sich im bituminösen Mergel *Planorben*. Eine grössere Menge dieses Mergels wurde durch Schlämmen auf Säugetierreste untersucht, leider ohne Erfolg. In etwas höherem Niveau treten *Limnaen* auf, deren Vorhandensein schon oben (S. 11) erwähnt wurde. Eine fossilführende Mergelschicht ist auch im Klingenbergtobel [716,6/275,2] aufgeschlossen, sie führt ziemlich gut erhaltene *Planorben*. Im Kemmenbachobel [724,7/273,9] enthält nur ein einziger Mergelhorizont zerdrückte *Planorbis*-schalen. Aus dem Wellhauser Kohlenmergel [713,75/269,75] besitzt das Thurgauische Museum Proben mit Schneckenschalen. Beim Hundsrückdurchstich [709,9/266,7] lieferte ein grauer Mergel *Heliciden*, Belegstücke im Museum sind als *Helix renevieri* MAL. und *Helix silvestrina* ZIET. bezeichnet. Die neuentdeckte Fundstelle im Aumühletobel [709,7/266,15] führt ebenfalls *Heliciden*; nach der Bestimmung von Herrn A. ERNI ist auch hier vor allem *Cepaea silvana* (KLEIN) eventuell noch *Cepaea cf. eversa larteti* (BOISSY) vertreten.

Will man die einzelnen Mergelarten sedimentpetrographisch charakterisieren, so sind sie als stark variierendes Stoffsystem vom physikalisch-mechanischen Gemenge zur kolloidalen bis chemischen Verbindung aufzufassen. Je nach dem Vorherrschen des chemisch wirksamen Anteils (Karbonat), des kolloidalen Anteils (Ton), oder



der mechanisch wirksamen Komponente (Quarkörner) können die Mergel folgenden Arten zugeordnet werden:

1. *Süsswasserkalk*, der neben 90—95% Karbonat noch Tonsubstanz enthält; er ist das Endglied der Mergelserie.
2. *Hellgrauer Kalkmergel* mit Karbonatanteil von ca. 70%, Ton ca. 25% und bis zu 5% Quarkörneranteil. Die Korngrössengrenze ist bei 0,03—0,04 gewählt worden, weil hier die kolloidalen Eigenschaften zu wirken beginnen.
3. *Rötlichgelb gefleckte Mergel* mit Karbonatgehalt von ca. 50%, Ton ca. 40% und Körneranteil ungefähr wie bei 2.
4. *Plastische Mergel*, homogen rot, gelb, grün oder bläulich gefärbt mit 30—40% Karbonat, Ton ca. 60% und Körner wie bei 2 und 3.
5. *Bituminöse Mergel*, bräunlich, Karbonat ca. 40%, Ton ca. 45%, Körner 15%.
6. *Kohlige Mergel*, Karbonat ca. 30%, Ton 50%, Körner 20%.
7. *Sandige Mergel*, Karbonat ca. 40%, Ton ca. 30%, Körner ca. 30%.

Im Anhang „Sedimentpetrographische Untersuchungen“ werden die oben genannten Zusammenhänge eingehender besprochen.

## NAGELFLUH

Zur obern Süsswassermolasse gehört neben Sandstein und Mergel, sozusagen als abschliessender Bestandteil, die Nagelfluh, und zwar handelt es sich nach den gemachten Beobachtungen um den polygenen Typus, d. h. um bunte Nagelfluh. Nur bei Bissegg [720,9/268,9] wäre nach Ansicht von R. RUTSCH, mit dem ich den Aufschluss besuchte, eher die Bezeichnung Kalknagelfluh gerechtfertigt. Wenn man die Nagelfluhtypen nach den von H. RENZ (Lit. 18, pag. 97) aufgestellten Gesichtspunkten noch weiter gliedert, müssten wir diejenige unseres Gebietes auf Grund der bisherigen Untersuchungen durchwegs als eine *bunte Dolomit-Kalknagelfluh* bezeichnen.

Am W-Seerücken, d. h. bis zur Einsenkung von Hörhausen [715,3/277] bildet die Nagelfluh die oberste Zone der Molasse zwischen 560 m und 590 m mit Mergel an der Basis und hie und da noch etwas Mergel im Hangenden. Auf der N-Seite des Seerückens ist sie nur im Eggmühletobel [711,0/276,45] und am Kührain [712,2/277,4] an der Basis aufgeschlossen. Auf der S-Seite ist kein einziger derartiger Aufschluss vorhanden; aber alle Anzeichen sprechen dafür, dass die Nagelfluhplatte nirgends tiefer reicht als 570 m. Im Jahre 1939 wurde bei der Anlage einer Rebstrasse E von Hüttwilen [708,2/273,7] etwas Nagelfluh freigelegt und zwar in einem so tiefen Niveau, wie dies sonst nirgends am Seerücken

beobachtet wurde. Es muss sich um eine vom Aumühletobel (2 km S Frauenfeld) ausstrahlende Rinne handeln, wo die Nagelfluh allerdings in noch tieferem Niveau auftritt. Am E-Seerücken zeigt sich die Nagelfluh in Kiesgruben W und E von Homburg [718/277] in Höhen von 600—610 m, und im Mühlebergertobel beobachtet man eine tiefste Nagelfluhzone bei 560 m [719,4/276,7]. S Raperswilen [720,5/276] liegt sie bei 550 m. Im NE-Gebiet unserer Karte steht Nagelfluh bei 585 m [724,4/277] und S davon bei Engwilen [724,5/275,7] wieder bei 550 m Höhe an. Es müssen also im E-Seerücken zwei voneinander getrennte Nagelfluhzonen vorhanden sein, im Gegensatz zu den Vorkommnissen im W-Seerücken. Zudem ist hier im obern Teil die Nagelfluh noch überlagert von Sandstein und Mergeln, von 620—670 m NE Homburg und von 590—620 m bei Wäldi (NE-Ecke der Karte). An dem Teilstück des Ottenberges, das noch in das Kartengebiet reicht, ist die Nagelfluh auf der S-Seite von 540 bis 630 m, auf der N-Seite von 580 m bis zur Kammlinie sichtbar.

Auf der S-Seite der Thur finden sich die tiefsten Aufschlüsse im Aumühletobel bei 430 m [709,8/266,2] und beim Försterhaus Murkart bei 440 m [710,9/266,5].

Auch am Wellenberg kann man eine untere Zone bei 510 m feststellen und eine obere, die bei 570 m beginnt, und von dieser Höhe an fast ununterbrochen bis zur Kulmination im Punkt 705,4 [716,6/268,5] reicht.

In der Nagelfluh sind bis jetzt keine Fossilien gefunden worden. An zwei Orten, nämlich in der Kiesgrube von Engwilen [724,4/275,7] und in derjenigen vom Schmidshof [721,3/267,25], kam verkohltes Holz zum Vorschein, das seine Struktur noch etwas bewahrt hat.

In bezug auf Grösse und Form der Gerölle, petrographische Zusammensetzung und Verhältnis von Geröll zu Bindemittel, sind die Aufschlüsse im ganzen Gebiet gleichartig. Der Durchmesser der Gerölle variiert zwischen 1 cm und 1 dm. Es lässt sich keine Abnahme der Grösse von S nach N feststellen. Das sandige Bindemittel reichert sich mancherorts zu Sandschmitzen an. Auch Linsen eines grünen plastischen Mergels sind hie und da der Nagelfluh eingelagert. Die ziemlich starke Zwischenlagerung von sandigem Bindemittel und die vorherrschend ellipsoidischen bis kugeligen Geröllformen deuten darauf hin, dass die Mischung Geröll und Wasser nicht verdünnt zur Ablagerung kam, sondern sich mehr als dichter Geröllbrei setzte. In keiner Kiesgrube ist einsinnig gerichtete, dachziegelartige Lagerung feststellbar.

Zur Prüfung der petrographischen Zusammensetzung der Nagelfluh wurden an 12 Lokalitäten am W-Seerücken Bestimmungen und Zählungen vorgenommen, von denen jede mindestens

300 Gerölle erfasste. Die Resultate zeigen keine grossen Abweichungen (siehe Tabelle 1 im „Anhang“ S. 37).

Der durchschnittliche Bestand ist folgender: 91 % sedimentogen, 5 % magmatisch, 4 % metamorph. Der Sedimentanteil enthält 12 % ostalpine Kalke, 2,2 % Verrucano, 2,7 % Hornstein, 41 % Dolomit, 16 % Sandstein, 5 % Quarzit, 17,5 % Flyschmergel. Die magmatischen oder eruptiven Gesteine umfassen 36 % rote und grüne ostalpine Granite, 14 % rote Granitporphyre, 12 % Quarzporphyre, 5 % Gabbro, 6 % Porphyrit, 18 % Diabas. Unter den metamorphen Gesteinen sind 8 % Augengneis, 64 % Biotitgneise, 12 % Zweiglimmergneis, 16 % Glimmerschiefer. Leider fehlen noch Zählungen vom E-Seerücken und besonders vom Wellenberg, während für den Ottenberg bei den Feldaufnahmen auf dem im Osten anstossenden Blatt 62, Weinfeld, noch einige Feststellungen gemacht werden konnten, die folgendes ergaben:

1. Kiesgrube N Weerswilen:  
85 % Sedimente, 11 % magmatisch, 4 % metamorph.
2. Kiesgrube NW Weerswilen:  
84 % Sedimente, 12 % magmatisch, 4 % metamorph.
3. Kiesgrube Altismoos:  
87 % Sedimente, 10 % magmatisch, 3 % metamorph.
4. Kiesgrube Gemeindeholz:  
84 % Sedimente, 11 % magmatisch, 5 % metamorph.

Der polygene Typus kommt hier etwas stärker zur Geltung; noch auffallender werden dann die Unterschiede in den Geröllen des sedimentogenen Anteils, denn Verrucano und Hornstein erreichen 8 % bzw. 10 %, dafür ist der Dolomitanteil nur noch 20 %.

Für allgemeine Schlussfolgerungen ist die Zahl der quantitativen Bestimmungen noch zu klein.

## QUARTÄR

Wie schon in der Einleitung erwähnt worden ist, zeigen die Quartärbildungen auf dem Kartengebiet Pfyn-Bussnang eine sehr grosse Verbreitung und zwar gilt dies hauptsächlich für die jungpleistocaenen Ablagerungen des Rheingletschers der Würm-Eiszeit. Aber auch alt- und mittelpleistocaene Bildungen sind vertreten, z. T. allerdings nur in kleineren Relikten. Über die petrographische Zusammensetzung einiger dieser Schotter- und Moränenablagerungen liegen schon speziellere Untersuchungen vor (Lit. 6 und 7).

**q<sub>1s</sub>      Älterer Deckenschotter, Günz.** In der Einleitung ist ein Schottervorkommen erwähnt worden, das eben noch den Nordrand des Atlasblattes berührt und auf dem nördlich anstossenden

Kartengebiet Ermatingen eine ziemliche Verbreitung aufweist, die Schotter von Salen-Reutenen.

Diese Ablagerung repräsentiert durch ihre Höhenlage und den Geröllbestand sehr wahrscheinlich den Älteren Deckenschotter. Wie schon oben (S. 5) bemerkt, haben PENCCK (Lit. 17, p. 417 und 419) und FRÜH (Lit. 5a) diese Zugehörigkeit als sicher angenommen, während R. FREI (Lit. 3, p. 81) dies in Zweifel gezogen und den Schotter der Mindeleiszeit oder einer noch jüngern Vergletscherung zugewiesen hat, und zwar wäre er nach ihm in einem durch den Gletscher, evtl. auch durch Moräne gestauten See abgelagert worden. Zur Annahme einer Stauseeablagerung ist R. FREI wohl durch den Umstand veranlasst worden, dass der Hauptaufschluss Deltastruktur zeigt (siehe besonders Tafel I und II in der Arbeit von J. FRÜH).

Allein schon FRÜH hat festgestellt, dass diese Deltastruktur nicht für alle Aufschlüsse in dieser Schotterdecke gilt. Wenn R. FREI sodann als Argument für das jüngere Alter der Schotter die Frische der Gerölle hervorhebt, so kann diese durch die Überdeckung der Schotter mit jüngerer Grundmoräne erklärt werden: ein solches Vorkommen ist speziell am E-Rand des Schotters von Salen-Reutenen zu beobachten.

Was die Zusammensetzung der Schotter von Salen-Reutenen betrifft, so unterscheiden sie sich — wie neue von mir durchgeführte Geröllzählungen ergeben haben — deutlich vom jüngern Deckenschotter. Während im Jüngern Deckenschotter die ostalpinen Sedimente nur mit 24% vertreten sind, finden sie sich hier mit 32%. Umgekehrt ist der Anteil an kristallinen Gesteinstypen des Aar-Gotthardmassivs im Jüngern Deckenschotter grösser (22% gegen 16%). Auffällig ist der Unterschied bei den Amphiboliten: im Jüngern Deckenschotter machen sie 27% aus und im Schotter von Salen-Reutenen 48% der kristallinen Gerölle. Diese Unterschiede dokumentieren nicht bloss ungleiches Alter, sondern deuten auch auf höheres Alter unseres Schotters im Vergleich zum Jüngern Deckenschotter\*).

Eine weitere Tatsache, welche gegen jüngeres Alter des Schotters von Salen-Reutenen spricht, ist das Fehlen von Taveyannazsandstein; dieses Gestein kommt dagegen in auffälliger Weise fast ausschliesslich im Jüngern Deckenschotter vor.

---

\*) Den Beweis für diese Altersdeutung glaube ich aus den Prozentwerten der würmeiszeitlichen Geröllschichten ableiten zu können; diese zeigen für die Gruppe der ostalpinen Sedimente ein Minimum, für die Gruppe Aar-Gotthard-Adulakristallin ein Maximum. Diese Resultate beruhen auf neuen Geröllzählungen und neuartigen Typenzusammenfassungen, über die noch keine Veröffentlichung vorliegt.

Auch der Anteil der Molassenagelfluh am Geröllbestand des Schotters von Salen-Reutenen und des Jüngern Deckenschotters ist verschieden. Im letzteren ist die polygene Nagelfluh viel stärker vertreten; die Zahl der roten Granite und Porphyre beträgt 27% gegenüber nur 7% bei Salen-Reutenen.

Wenn R. FREI ferner erwähnt, er habe in den Schottern keine zu Sand zerfallenen Dolomite beobachtet und daraus schliesst, es könne sich nicht um Ältern Deckenschotter handeln, so kann ich dem nicht beipflichten. Schon J. FRÜH (Lit. 5a, p. 4) erwähnt „das allgemeine Vorkommen angefressener bis hohler, meist dolomitischer Geschiebe“, und ich konnte ebenso viele hohle Dolomitgerölle nachweisen wie im Jüngern Deckenschotter.

Es ergibt sich somit, dass mehr Anzeichen dafür sprechen, dass es sich beim Schotter von Salen-Reutenen um Ältern Deckenschotter handelt und nicht um eine jüngere Ablagerung.

**q<sub>2s</sub> Jüngerer Deckenschotter, Mindel.** Der Jüngere Deckenschotter besitzt eine recht ausgedehnte Verbreitung auf dem W-Teil des Seerückens, im Gebiet Hörnliwald-Hofacker, 7 km N Frauenfeld. Der Schotter bildet eine schwach nach N geneigte Platte. Die Aufschlüsse auf der E- und S-Seite deuten auf eine Basis des Schotters auf 610 m Höhe, während sie am N-Rand — hier gekennzeichnet durch Quellen — bei 600 bis 595 m anzunehmen ist. Leider ist der Kontakt mit dem Liegenden nirgends freigelegt. Nach mündlichen Angaben soll bei einem Probeschacht für eine Wasserfassung im Gebiet von Kalchrain [709,15/274,65] unter 5 m Deckenschotter sofort Leberfelsen, d.h. Molassemergel angetroffen worden sein. Im Hörnliwald [709,8/275,8] liegen die Deckenschotterquellen am oberen Rand eines Rutschgebietes, was gleichfalls darauf hindeutet, dass der Gleithorizont eher Molassemergel als Grundmoräne sein dürfte.

Die Beschaffenheit des Schotters wechselt je nach der Höhenlage des betreffenden Aufschlusses. Im SE-Aufschluss, im Klee-buck [710,25/274,3], ist der Schotter ziemlich block- und sandreich, und dies deutet wohl darauf hin, dass hier Eisnähe war. Die Höhe 640 weist auf die obere Zone der Schotterdecke. Die Kiesgrube im Boll [709,3/274,9] liegt etwas tiefer und erschliesst auch bereits den oberen Teil der tiefern Zone der Schotter. Diese letztere weist gleichmässig mittelgrosse Gerölle auf. Gegen die obere, blockreiche Zone besteht kein Übergang; an der Grenze tritt eine dünne, aber stark verkittete Geröllplatte auf, die oberseits einen aus der Mindel-Eiszeit stammenden Gletscherschliff zeigt. Darüber setzt die obere Zone mit kopfgrossen Geröllen ein. Man hätte hier also das deutliche Bild eines Vorstosses. Die wenig W des Blattrandes liegende Kiesgrube im Heerenberg [275,76/707,08] ist in der untern Zone

der Schotter angelegt und diese zeigen deutlich gleichmässige Geröllgrösse.

In allen Aufschlüssen sind die blaugrauen Kieselkalke sehr verbreitet, auf deren glatter Oberfläche häufig schwache Eindrücke beobachtet werden können, die von anstossenden, meist nur erbsgrossen Geröllen herrühren: also etwas Analoges zu den allerdings meist viel tieferen Eindrücken in den Geröllen der Molassenagelfluh. Die Eindrücke können wohl als Zeugen für Eisbelastung und höheres Alter der Ablagerung angesehen werden.

Für Einzelheiten sei noch verwiesen auf die Ausführung von J. FRÜH (Lit. 5a).

Beim Ältern Deckenschotter von Salen-Reutenen wurde erwähnt, dass am Ostrand des Schotters, im Schneckenbühl, [Bl. 50 719,6/278,35] eine kiesige, sandige Moräne auf- und angelagert ist, die durch ihren Verwitterungsgrad anzeigt, dass würmeiszeitliche Ablagerung nicht in Frage kommen kann. Der Geröllbestand, der wegen dem verwachsenen Zustand des Aufschlusses nicht gerade ausgiebig zum Vorschein kam und daher für die Zählung nur 155 Gerölle lieferte, weist nach den Auswertungen mit grösserer Wahrscheinlichkeit auf Jüngeren Deckenschotter. Wir hätten also am Schneckenbühl einen Moränenrest aus der Mindeleiszeit.

**Altmoränen, Riss.** Im ganzen Kartengebiet gibt es keine Ablagerung, die mit Sicherheit der grössten Vergletscherung zugewiesen werden könnte. Am ehesten könnten noch die Moränen auf dem Deckenschotterplateau des Hörnliwaldes NW ob Herdern in Betracht kommen; aber die Erhaltung der Wallformen und die Frische des Materials sprechen viel eher für Zugehörigkeit zum Würm-Maximum, dessen Eismassen noch über den Deckenschotter hinweggegangen sind. Die höchsten Molasserücken am Wellenberg und Ottenberg haben keine glaziale Schuttbedeckung. Die tiefsten Ablagerungen in der Thurebene sind — nach Bohrbefunden, vgl. S. 32 — lehmig-steinige Grundmoräne; ihr Alter ist nicht bestimmbar, sie dürften aber kaum der Riss-Eiszeit angehören, sondern sind mit grösserer Wahrscheinlichkeit der Würm-Eiszeit zuzuweisen. Diese Annahme kann durch folgende Überlegung gestützt werden: Die Grundmoräne der Talsohle zeigt an der Kontaktfläche gegen den Schotter nirgends Spuren der Verwitterung. Bei einem Übergang von einer Eiszeit zur andern müsste die Grenzfläche ausgeglichener sein, als sie hier vorliegt. Östlich ausserhalb des Kartengebietes, zwischen Bürglen und Sulgen, ist im Thurbett die Grundmoräne freigelegt, und es sind dort Blöcke herausgewaschen, die nach ihrer petrographischen Beschaffenheit aus gleichen Gebieten stammen, wie diejenigen in der Würm-Moräne.

938 **Fluvioglaziale Schotter, praewürm (Ittinger-Schotter).**  
 Ca. 4 km NW Frauenfeld treten auf der N-Seite des Thurtales, zwischen Warth im S, Hüttwilen im N, Weiningen und Weckingen im E an etwa 10 Stellen alte, oberflächlich festver kittete Schotter zu Tage; sie stechen als Rundhöcker aus der meist recht mächtigen Grundmoränendecke der letzten Vergletscherung hervor. Diese Schotter reichen auch noch auf die W anstossenden Kartenblätter 53 Stammheim und 55 Ellikon und haben nach der Karthause Ittingen, deren Lage auf unserer Karte am Rande W Warth noch angegeben ist, den Namen Ittinger-Schotter erhalten. Die mutmassliche Verbreitung dieser Schotter ist auf Kartenblatt Pfyng-Bussnang durch eine breite grüne Linie angegeben worden. Am markantesten ist die S-Grenze. Sie zieht sich von der Karthause Ittingen gegen Warth und durch den nordwestlichsten Teil von Weiningen und verläuft dann in einem Bogen NW über den Seebach. Weiter im E, z. B. im Ochsenfurtertobel [710,85/271,8], ist keine Spur mehr dieser Schotter zu finden.

Der Ittinger-Schotter zeigt ziemlich unruhige Lagerung; Geröllbestand und Geröllformen sprechen deutlich für einen fluvioglazialen Schotter. Verglichen mit den eigentlichen Würm-Schottern weicht seine petrographische Zusammensetzung stark ab. An dichten, feingeschliffenen Kalkgeröllen können auch hier schwache Eindrücke beobachtet werden; sie deuten auf Eisbelastung hin. Da der Schotter in Relikten aufragt und die Seebachfurche ihn zerschnitten hat, muss er vorgängig der Ablagerung der Würm-Moräne stark erodiert worden sein. Gestützt auf diese Feststellung könnte er also der letzten grossen Interglazialzeit angehören. Diese Auffassung wird von PENCK und BRÜCKNER (Lit. 17, S. 419) vertreten, die die Ittinger-Schotter als Schuttkegel der Thur aus der Riss-Würm-Interglazialzeit deuten und sie mit den Schottern von Bischofszell vergleichen. Gegen diese Deutung spricht aber meines Erachtens die verhältnismässig geringe Ausdehnung, und darum ist der Ittinger-Schotter wohl eher als Staubeckenfüllung der vorletzten Vereisung zu betrachten.

Den Ittinger-Schottern ähnliche oder vergleichbare Ablagerungen treten noch an anderen Stellen des Kartengebietes auf; so z. B. N Pfyng gegen Dettighofen zu und E letzterer Ortschaft.

Auch SSW Frauenfeld ist bei Junkholz ein alter fluvioglazialer Schotter nachweisbar; er enthält aber zu wenig frisches Material, und deshalb ist eine sichere Zuordnung nicht möglich.

Ein alter Schotter ist auch in der SE-Ecke des Kartengebietes bei Frittschen anzutreffen; hier deutet die Verwitterung und besonders auch der Geröllbestand auf höheres Alter hin. Weiter östlich findet sich noch einmal ein Aufschluss in diesem Schotter bei Mettlen (Blatt 62 Weinfelden [726,3/266]). Man sieht hier, wie er

S an die Molasse angelagert und von Grundmoräne überdeckt ist. Eigentümlich ist in diesem Schotter das Vorkommen von zerdrückten und wieder mit Calcit verheilten Geröllen. Die Überdeckung mit Grundmoräne des Würm-Maximums erschwert die Feststellung der Ausdehnung dieses Schottervorkommens.

### **Würm-Eiszeit.**

Wie aus der Spezialkarte 1: „Glazialgeologische Übersichtskarte 1:500000“ ersichtlich ist, liegt das Kartengebiet Pfyn-Bussnang ganz im Bereich der letzten Vergletscherung (Würm-Eiszeit). Für das Maximalstadium dieser Eiszeit kann die Oberfläche des Gletschers in unserem Gebiet bei ca. 800 m vorausgesetzt werden, von E gegen W sich allmählich senkend. Die Stirne des Gletschers lag im W noch jenseits der heutigen Einmündung der Thur in den Rhein, also in einer Entfernung von 25–30 km vom W-Rand unseres Kartenblattes.

Das während dieser Eiszeit im Kartengebiet deponierte Material lässt sich nach seiner Beschaffenheit und den Ablagerungsformen verschiedenen Stadien zuweisen, die im Nachfolgenden zu besprechen sind.

**1. Das Vorstoss-Stadium (Vorstoss-Schotter  $q_{4s}$ ).** Hierher stelle ich eine Anzahl Schottervorkommnisse, die von Grundmoräne der Würm-Eiszeit überdeckt werden, aber den gleichen Geröllbestand aufweisen wie diese Moränen.

So findet sich im Gebiet der Thundorfer Mulde eine Kiesabbaustelle [713,05/266,8], wo Schotter unter Grundmoränenbedeckung zum Vorschein kommt. Durch sein frisches und ziemlich eckiges Gesteinsmaterial ist er sicher der Würm-Eiszeit zuzuweisen und muss als Vorstoss-Schotter aufgefasst werden. E von Herdern ist in den Jahren 1920–25 ähnliches Material sichtbar gewesen [711,15/273,8]. Ein kleiner Aufschluss weiter gegen NE zu [711,4/273,8] (in der Karte nicht eingetragen, weil nur wenige dm<sup>2</sup> freigelegt) scheint wegen seiner verkitteten Geröllagen älter zu sein, aber der Geröllbestand mit seinem grossen Anteil an marmorisierten Kalken weist eher auf die letzte Eiszeit. Weitere relativ frische Schotter unter Grundmoränenbedeckung finden sich NE Pfyn [715,55/273,95] und am Ausgang des Heldtobels bei Bussnang [723,65/268,35]. Auf Blatt 53 Stammheim ist NE von Nussbaumen ebenfalls ein solches Schottervorkommnis zu beobachten.

Von den präwürmischen Schottern ( $q_{3s}$ ), die in gleicher Weise von Würm-Grundmoränen bedeckt werden, unterscheiden sich die oben aufgezählten Vorstoss-Schottervorkommen durch den für Ablagerungen der Würm-Eiszeit charakteristischen Geröllbestand.



2. **Das Maximalstadium** (i. allg.  $q_{4m}$ ). Wie eingangs bemerkt, wurde das ganze Kartengebiet Pfyn-Bussnang in der Würm-Eiszeit vom Gletscher überfahren; diese Eisüberdeckung aber hielt in unserem Gebiet nicht nur während des maximalen Eisstandes an, sondern zunächst auch noch während der anschliessenden Rückzugsstadien. Aus diesem Grunde ist eine sichere Zuweisung der verschiedenen Moränenablagerungen zu bestimmten Stadien der Würm-Eiszeit nur mit Vorbehalt möglich.

Beim Vorstoss der Würm-Vergletscherung drang das Eis vom Bodenseegebiet her — Richtung Sulgen-Weinfelden (vgl. Spezialkarte 1) in das Thurtal ein, ferner auch über die Senke zwischen Ottenberg und Seerücken (Gegend von Engwilen, vgl. Spezialkarte 2) und überdeckte nach und nach das ganze Gebiet. Hierbei erfuhr in einzelnen Abschnitten der aus relativ weichen Molassegesteinen bestehende Untergrund durch Glazialerosion Abtragung. Auf Glazialerosion dürfte z. B. der steile NE-Fuss des Wellenberges zurückzuführen sein, denn gegen ihn wurden die Eismassen gepresst, die sich bei Märstetten-Amlikon von SE und ENE her vereinigten. Auch die Sohle dürfte durch Glazialerosion vertieft worden sein. Andererseits aber kam es nach der erosiven Vorstossperiode des Gletschers über weite Gebietsteile hin zur Ablagerung von Moränen. Was deren Beschaffenheit betrifft, so gilt für die allgemein verbreitete Grundmoräne, die wir wohl am ehesten dem Maximalstadium der Würm-Vergletscherung zuweisen können, kurz folgendes: Sobald diese Moräne in grösserer Mächtigkeit vorhanden ist, besteht sie aus graubläulicher kompakter Lehmmasse, in welcher regellos Geschiebe verschiedenster Grösse eingebacken sind. Diese sind meist kantengerundet, gekritzelt oder einseitig ebenflächig geschliffen. Ist die Grundmoräne nur wenig mächtig, dann ist die Verwitterung weiter vorgeschritten und die Farbe des Lehmtes mehr gelbgrau.

Die Grundmoräne überdeckt hauptsächlich die hochgelegenen Flächen unseres Gebietes und ist sicher überall dort anzutreffen, wo das Gelände eben erscheint oder nur schwache muldenartige Senken aufweist. Postglaziale Eintiefungen in die Grundmoränen-decke in aufschlusslosen Gebieten sind durch gleichmässige Böschungen gekennzeichnet. Eine Ausscheidung und Abgrenzung der Moränen auf den hochgelegenen Teilen der Molasseberge ist natürlich nicht möglich; diese Gebiete sind auf der Karte als „Molasse unter wenig mächtiger Würm-Moräne“ gekennzeichnet. —

Grundmoräne bildet im Kartengebiet auch den tiefern Untergrund der Sohle des Thurtales, ist aber hier nur bei den Bohrungen, die die jungquartären Schotter und die Alluvialböden in der Sohle des Thurtales durchfahren haben, angetroffen worden. Dagegen wird weiter oben im Thurtal, ca. 5 km SE Weinfelden, oberhalb

der Thurbrücke von Bürglen (W Sulgen, vgl. Spezialkarte 1) in der Flussole und stellenweise auch an den Ufern blaugraue Grundmoräne sichtbar. Dass unter der Grundmoräne in der Thursole noch Rinnenschotter als ältere diluviale Ablagerungen sich finden, ist wenig wahrscheinlich.

**3. Schlierenstadium, q<sub>4s</sub>.** Beim Abschmelzen der Eismassen kam es zu einem grösseren Stillstand, der durch Wallmoränen angedeutet wird; diese liegen aber zur Hauptsache noch W ausserhalb unseres Kartengebietes. Nach dem Vorkommen im Limmattal unterhalb Zürich hat sich für das erste Rückzugsstadium die Bezeichnung Schlierenstadium eingebürgert.

In dieser ersten Rückzugsphase haben sich die Rheingletschermassen im Gebiet unseres Kartenblattes und seiner Umgebung in eine Rhein-, Thur- und Lauchezunge aufgelöst (vgl. Spezialkarte 1). Von diesen hat wohl die Lauchezunge als schwächste von allen drei ihr Ende schon einige km SSW Frauenfeld (bei Gerlikon und Hagenbuch) gehabt. Die Thurzunge endigte in den Wällen W Andelfingen und bei Marthalen, und die eigentliche Rheinzungereichte in das Gebiet von Schlatt, Basadingen und W Diessenhofen (für Einzelheiten vgl. man die „Geol. Karte der Schweiz 1:500000).

Dem Schlierenstadium möchte ich innerhalb des Kartengebietes die Moränenwälle zuweisen, welche NW Herdern dem Jüngern Deckenschotter aufgelagert sind [710/275]. Anfänglich war ich geneigt, die Wälle der Riss-Eiszeit zuzuzählen; allein sie hätten ihre schöne Form unmöglich bewahrt, wenn sie später von den Eismassen der Würm-Eiszeit überfahren worden wären. Sie mit dem Würm-Maximum in Beziehung zu bringen, halte ich für wenig stichhaltig. Am besten erscheint mir deshalb, sie dem Schlierenstadium zuzuteilen als Zeugen der ersten Eistrennung von Thur- und Rheinlappen. Alle übrigen Wälle des Kartengebietes müssen späteren Stadien zugewiesen werden.

**4. Zürichstadium, q<sub>4z</sub>.** Diesem spätern Abschmelzstillstand ging eine weitere Verflächerung der Eismassen voraus und parallel; sie führte hauptsächlich zu einer Auflockerung des Zungenrandes. Dem Zürichstadium entspricht im Thurgebiet der Halt von Ossingen; dabei kam es N der Thur bei Hüttwilen zur Abspaltung des westwärts bis Nussbaumen reichenden Seebachtallappens (vgl. Spezialkarte 1). Im N anstossenden Rheinlappen kam es zur Bildung der Wälle von Etzwilen. Die Lauchezunge hat ihren Eisrand wahrscheinlich nur wenig rückwärts verlegt, so dass hier die Wälle des Zürichstadiums immer noch W der Murg verliefen (W Matzingen, vgl. Spezialkarte 1).

Dieses Zürichstadium zeigt seinen Stillstandcharakter noch besonders dadurch an, dass es westlich der Wälle zu bedeutenden

Kiesablagerungen kam (vgl. die Niederterrassenschotter W Aadorf, im Gebiet von Winterthur und bei Stammheim, vgl. Spezialkarte 1).

Da während des Zürichstadiums die Eiszungen — wenigstens am westlichen Teil des Seerückens — an die Bergflanken grenzten, kam es hier zur Ausbildung von Seitenmoränen. Eine besonders deutliche setzt bei P. 611,4 NW Kalchrain [708,7/274,7] an, verläuft N Hüttwilen und lässt sich westwärts verfolgen bis zur Stirn- moräne im W des kleinen Sees von Nussbaumen (vgl. Spezialkarte 1); aus dem allmählichen Gefälle der Seitenmoräne gegen W zu lässt sich für die Eiszunge des Seebachtallappens ein Gefälle von ca. 2% ableiten. Da — beiläufig bemerkt — alle Wälle weiter ostwärts unter dem Niveau dieser Seitenmoräne liegen, müssen sie einer späteren Abschmelzperiode zugeordnet werden.

Eine entsprechende deutliche Seitenmoräne ist auf der N-Seite des Seerückens von der Rheingletscherzunge gebildet worden. Sie setzt bei Freudenfels [708,9/277,5] an und lässt sich gegen W absteigend nach Etwilen verfolgen.

Wenn die hier vertretene Auffassung, dass Nussbaumer und Etwiler Stirn- und Seitenmoränen zeitlich äquivalent sind, zu Recht besteht, so setzt das voraus, dass die Eiszunge im Rheintal bedeutend tiefer lag als die Thurzunge, und das erklärt dann auch, dass eine Transfluenz dieser letztern bei Moorwilen [710,5/276,85] möglich war. Die transfluierenden Eismassen sind durch das Bornhausertal abwärts gedungen und haben den Wall zwischen Bornhausertobel und Mäusetobel gebildet [277,7/277]. Vor allem aber sind die Wälle um Moorwilen durch die genannten Eismassen angehäuft worden.

Die Eismassen im Thurtal haben während des Ossinger-Haltes auch Anlass zu den Moränenbögen SE Frauenfeld gegeben. Die Wallform ist aber nicht ausgeprägt, sondern mehr als Gefällstufe ausgebildet und das Material stammt wohl wesentlich vom Eis der Thundorfer Mulde; denn unter den Geschieben ist Ilanzer Verrucano reichlich vertreten, eine Gesteinsart, welche für das Moränenmaterial der Lauchezunge kennzeichnend ist.

**5. Bühlstadium.** Auf das Zürichstadium folgte ein starkes Abschmelzen der Gletscher, und wir finden im Zürichseegebiet erst in der Landzunge von Rapperswil-Hurden wieder Anzeichen eines längere Zeit andauernden gleichförmigen Gletscherstandes; er wurde dem Bühlstadium Penck und Brückners gleichgesetzt.

Ähnliche Verhältnisse treffen wir bei der Rheinzunge, wo das Abschmelzen bis Konstanz ziemlich gleichmässig erfolgte; dann trat ein Stillstand ein und es kam hier zur Bildung der Moränenzüge des Konstanzer-Haltes, der ebenfalls dem Bühlstadium gleich-

gesetzt wird (vgl. Spezialkarte 1). Während des Rückzuges kam es zur Ablagerung der **fluvioglazialen Schotter**, **q<sub>5s</sub>** die E Eschenz eben noch in die NW-Ecke unseres Kartengebietes hineinreichen (vgl. auch Spezialkarte 2).

Anders liegen die Verhältnisse für die Thurzunge. Mit dem Abschmelzen, das dem Ossinger-Halt (Zürich-Stadium) folgte, zog sich der Gletscher ganz aus dem Thurtal zurück und es verblieb wohl nur eine kleine Eiszunge, welche vom Bodensee aus — etwa zwischen Romanshorn und Arbon — sich gegen W gegen die Mulde von Amriswil erstreckte und westwärts wohl bis gegen Sulgen reichte (vgl. Spezialkarte 1). Für das Bühlstadium kommt somit als westliche Eisgrenze der Thurzunge die Gegend von Sulgen in Betracht.

Der allmähliche Rückzug des Gletschers in der Zeit zwischen Zürich- und Bühlstadium hat sich innerhalb unseres Kartengebietes sehr verschieden geltend gemacht. Die linke Seite des Thurtales nahm während der Abschmelzperiode die Hauptmasse des Schmelzwassers auf und zwar besonders aus dem Talstück Bischofzell-Sulgen (vgl. Spezialkarte 1). Diese zusätzlichen Schmelzwassermassen verhinderten die Ablagerung von Moränen an der Wellenbergseite.

Die Eismassen auf der rechten (nördlichen) Talseite standen während des Abschmelzens viel weniger unter dem Einfluss zusätzlicher Schmelzwasser; am N-Rand des Ottenberges vorbei gleitend, strömten sie aus dem Bodenseegebiet ins Thurtal ein und überwand dabei eine viel höhere Schwelle als die von Amriswil-Sulgen. Der Abschmelzvorgang verlief auf der N-Seite des Thurtales viel gemächlicher und ruhiger und es kam an den Eisrändern zur Bildung von Wällen und im Bereich der Eisspalten entstanden die Drumlins. Im Anfang der Abschmelzperiode vermochte das seitlich abfließende Schmelzwasser noch Rinnen anzulegen, die den nacheiszeitlichen Bächen ein Stück weit den Lauf vorzeichneten.

Im Zeitabschnitt zwischen Zürich- und Bühlstadium sind auch die Eismassen des oben erwähnten Seebachtallappens in der Weise abgeschmolzen, dass das Schmelzwasser bei Ochsenfurt [710,9/271,8] zur tiefern Thurtalmulde durchgebrochen ist, wodurch das Seebachtal rückläufig wurde.

Im Anschluss an das Abschmelzen des Thurtallappens muss in der Thurtalrinne ein See entstanden sein, der nach W bis zum Moränenriegel des Ossinger-Haltes reichte. Die Existenz dieses Sees wird bewiesen durch die Deltastruktur der Geröllablagerungen des Murgschuttkegels bei Frauenfeld. Dieser Thursee hat aber nicht lange Bestand gehabt, weil die mächtigen Schmelzwasserrinnen den Riegel bei Ossingen bald durchsägt hatten und den See zum Auslaufen brachten (vgl. besonders Lit. Nr. 5).

Während des Bühlstadiums kam es dann im Thurtal zur Ablagerung „jungquartärer Schotter“; die dabei entstehende Schotterebene kann als Niederterrasse des Bühlstadiums bezeichnet werden.

Wenn im Bereich der Thurtalzunge links- und rechtsseitig ganz verschiedene Abschmelzverhältnisse zur Geltung kamen und die Ursache in der ungleichen Schmelzwasserführung vermutet wird, so können wir diese Vermutung dadurch stützen, dass wir unser Gebiet in Parallele setzen zu dem Gebiet des Linthgletschers und zwar dort, wo er sich in den Zürichseelappen und in die Glattalzunge auflöste; nur war hier die trennende Zone ein breiter Molasserücken, während im Thurgebiet eine solche nur stellenweise vorhanden war. Auch dort haben die Eismassen, die ins Glattal eindringen, eine Schwelle bei Rüti überwinden müssen und damit kein zusätzliches Schmelzwasser erhalten. Die Folge davon war die Bildung der bekannten Drumlinlandschaft von Wetzikon bis Uster, also etwas Analoges zu den glazialen Formen im Raume von Pfyn, Müllheim, Wigoltingen, Märstetten.

**Erratische Blöcke.** Blockhäufungen finden sich heute nur noch in einigen Bachschluchten [723–24/267–68] [718–19/275–76] [719–20/276–77]. Vertreten sind Seelaffe (Burdigaliensandstein der St. Galler Molasse), grobbrecciöser Verrucano, Rofnaporphyre, Glaukonitquarzite und helvetische Kieselkalke. Es ist anzunehmen, dass unser Kartengebiet, soweit es von Grundmoräne bedeckt ist, einstmals mit erratischen Blöcken übersät war. Wenn heute im flachen Gelände diese Zeugen der Eiszeit fast restlos verschwunden sind, so ist daran in erster Linie der bausteinarme Untergrund schuld, der den Menschen für ihre Häuserbauten kein vollwertiges Baumaterial liefern konnte. Alle Siedlungen von der Römerzeit an durchs Mittelalter bis tief in die Neuzeit weisen als hauptsächlichstes Baumaterial erratische Gesteine auf, und noch heute kann man bei den Bauernhäusern Steinhäufen antreffen, die für irgend einen Bauzweck gesammelt wurden. Wo die Blöcke dem Hammer und Steinschlegel widerstanden, rückte man ihnen mit Feuer zu Leibe oder versuchte, sie — wie Bohrlöcher zeigen — zu sprengen, um sie für Mauerwerk verwendbar zu machen. Nur vereinzelt trifft man gegenwärtig im freien Gelände einen Block, der vielleicht stehen gelassen wurde, um ein Grundstück gegen Fahrwege abzugrenzen. Heute sind Blöcke nur noch in schwer zugänglichen Bachschluchten anzutreffen; aber auch hier hat gelegentlich eine vollständige Ausbeutung stattgefunden; das gilt z. B. für die Schluchten des Wellenberg-Nordhanges, die trotz ihrer Länge und Tiefe fast blockfrei sind. Den grössten Blockreichtum weisen das Heldtobel SSW von Bussnang, dann das

Gerlikonertobel S von Frauenfeld und das Gschmelltobel NNE Müllheim auf. Der grösste Erratiker mit 30 m<sup>3</sup> Inhalt fand sich früher N Pfyf [713,8/274]; es handelt sich um einen Hornblende-gabbro aus der Ophiolithzone des Oberhalbsteins (Graubünden). Leider ist er gesprengt worden, doch liegen wenigstens noch die Bruchstücke am Fusse des Hanges und sind vor weiterer Zerstörung gesichert.

Da die Berge des Kartengebietes auch in der Würm-Eiszeit vom Gletscher überfahren worden sind, sagen die Blöcke nichts aus über eventuelle Zugehörigkeit zu einer frühern als der Würm-Eiszeit. Man muss sich darauf beschränken, für jeden Block die Gesteinsart so gut als möglich zu bestimmen, um mehr oder weniger genau die Herkunft angeben können.

Von den 222 bestimmten Blöcken gehören 11% zur kristallin-magmatischen, 22% zur kristallin-metamorphen und 67% zur sedimentären Gruppe.

Die erste Gruppe ist in absteigender Zahl vertreten durch: 1. Gabbro, Porphyrit und Diabas des Oberhalbsteins, 2. granitisch-syenitische Gesteine des Aarmassivs, 3. Albula-Juliergranite, 4. massige Quarzporphyre, 5. Somvixer Pegmatite des Gotthardmassivs.

Unter den kristallin-metamorphen Gesteinen finden wir drei ungefähr gleich stark vertretene Untergruppen, nämlich Biotitgneise mit Sandquarz, dann Grünglimmergneise und Serizit-schiefer, zu denen auch die geschieferten Rofnaprophyre und der Taspinit gezählt wurden, und schliesslich die Bündnerschiefer in der Ausbildung der „schistes lustrés“, der marmorisierten Kalksteine und der sandigen Schiefer. Etwas weniger vertreten sind in dieser Gruppe die metamorphen Ophiolithe als Chlorit-Epidot-schiefer, Ophicalcite und Serpentine. Sonderbarerweise sind die Amphibolite, die im Geröllbestand der eiszeitlichen Schotter dominieren, nur durch einen kleineren Block vertreten. Als Ganzes genommen deuten die kristallinen Blöcke auf eine Herkunft aus dem Gebiet des Vorder- und Hinterrheins und der Albula.

Unter den sedimentären erratischen Blöcken ist die subalpine Molasse am stärksten vertreten und zwar handelt es sich besonders um einen Kalksandstein mit reichlichem Bindemittel und gleichmässigem Korn, den sog. Appenzellersandstein und den Glaukonit und Cardien führenden Muschelsandstein (sog. Seelaffe) des Rorschachergebietes. An zweiter Stelle folgen die Eocaen- und Kreidegesteine der helvetischen Kalkalpen mit vorwiegend Glaukonitsandsteinen und Kieselkalken; Schrattenkalk und Seewerkalk sind weniger vertreten. An dritter Stelle stehen die Quarzsandsteine und Breccien mit kieseligem Bindemittel, die Verrucanarten. Die Flyschgesteine sind durch Glimmersandsteine vertreten.

Die jurassischen Schichten des Helvetikums lieferten Malm (Quintnerkalk) und liasische, schwarze, schiefrige Kalke. Breccien sind im Geröllbestand des Ittinger-Schotters häufig, aber als Block nur einmal gefunden worden. Die Sedimente der ostalpinen Decken lassen sich nur schwer einzelnen Schichtstufen zuweisen.

Die Naturschutzkommission des Kantons Thurgau hat die erratischen Blöcke weitgehend geschützt, sofern sie nicht schon durch ihre Lage in unzugänglichen Schluchten gesichert sind. Im Thurgauischen Museum ist eine grössere Zahl von Handstücken der früher bekannten Blöcke aufbewahrt, die nach Abschluss der vorliegenden Untersuchung durch das von mir gesammelte Material noch vermehrt werden soll.

**Bergstürze und Rutschungen.** Im Jahre 1913 hat am Kührain ein Bergsturz stattgefunden, wobei ungefähr 6 ha Nagelfluh, Mergel und Sandsteinschichten der Molasse zu einem wirren Trümmerfeld über zwei Bachrinnen ausgebreitet wurden [712,1/277,3]. Im Moränenwall NE Hüttwilen sind eine Anzahl Abrissnischen früherer Rutschungen grösseren Ausmasses erkennbar; die zugehörigen Trümmerfelder dehnen sich am Fusse des Hanges aus. Ausgeprägte Wülste sind gegen das Seebachtal vorgetrieben; stellenweise zeigt der Baumbestand und auch die Rasendecke noch gegenwärtige Bewegungen an [709,2/273,8]. Die tief eingeschnittenen Bachläufe am Wellenberg und Seerücken haben durchwegs stark verstürzte Abhänge. Dort sind meist zerklüftete Sandsteinschichten auf wasserdurchtränkter Mergelunterlage in Bewegung geraten. Der niederschlagsreiche Sommer des Jahres 1876 hat gefährliche Bodenbewegungen im NW-Dorfteil von Herdern ausgelöst.

**Seekreide.** In vielen Entwässerungsgräben in Torfgebieten wurde als Liegendes des Torfs etwas Seekreide freigelegt [715,5/277,75]. Die Bohrprofile im Thurtal haben dagegen nirgends solche Ablagerungen angetroffen, so dass also der Thursee sicher nicht lange als stehendes Gewässer bestanden hat.

**Kalktuff** tritt in vielen kleinen Vorkommnissen da auf, wo Quellwasser über Sandsteinwände oder sonstige Gefällstufen herunterfliesst. Eine grössere, abgebaute Stelle wurde am Wellenberg NE von Thundorf gefunden [716,1/268,25].

**Gehängelehm** dürfte ziemlich verbreitet sein, aufgeschlossen gefunden wurde er nur am Terrassenrand S Dettighofen [713,6/274,45].

**Bachschuttkegel und Deltas.** Die grösste Ablagerung dieser Art ist von der Murg NW von Frauenfeld aufgeschüttet

worden, und der Bahneinschnitt W der Murgbrücke hat die Deltastruktur sichtbar werden lassen, worauf J. FRÜH vor bald 40 Jahren aufmerksam gemacht hat (Lit. 5). Da das Material zur Hauptsache aus Kies besteht, wurden in diesem Schuttkegel viele Gruben angelegt und eine grosse Zahl von Aufschlüssen geschaffen. Probeflöcher im westlichen Teil (E Osterhalden [708/268,9]) trafen in jenem Gebiet zur Lehmablagerung an. Etwas weiter N, im Maiholz, zeigten die ersten Kiesgruben ein Schottermaterial, das vorwiegend kleingeröllig aus Molasse-Nagelfluhmateriale besteht. NE davon erschliessen die Gruben E Heldmoos [708,8/269,7] Kiesmassen, deren petrographische Zusammensetzung hievon vollständig abweicht. Die Gerölle sind von ungleicher Grösse, teilweise nur kantenbestossen und erinnern dadurch an Moränenmateriale. Der Anteil an metamorph kristallinen Gesteinen ist auffallend gross. Eine andere Schotterzusammensetzung zeigt sich sodann am NE-Rand des Deltas, am E-Rand des Galgenholzes [709,25/269,6]: die Rollsteine sind gleichmässiger und grösser und es herrschen die transportresistenten Arten vor.

Ob die Deltabildung von W nach E oder umgekehrt vorgeschritten ist, kann entschieden werden, wenn man die Lieferungsgebiete kennt. Für die Molasse-Nagelfluh kommt der Molasseriegel bei der Aumühle (2 km S Frauenfeld) in Betracht. Weiter oben im Murgtal, zwischen Thalrain und Murkart, finden wir Hänge, die zu einem Moränenwall gehören, und gegen Matzingen zu (S ausserhalb des Kartengebietes) liegt die Murg im Bereich der Schotterablagerung der Lauchetalzunge. Damit ist also die Aufschüttung des Deltas von W nach E wahrscheinlicher. Die Hochwasserfluten der Thur haben auf der N-Seite des Deltas einen Erosionsbrand geschaffen.

Auf kleinern Schuttkegeln südlicher Seitenbäche der Thur liegen die Ortschaften Wellhausen, Mettendorf und Hüttlingen. Die Bäche, die bei diesen Ortschaften in die Thurebene ausmünden, haben tiefe und lange Schluchten ausgeräumt. Dieses Material ist mengenmässig in keinem Verhältnis zur Grösse der Schuttkegel. Es muss angenommen werden, dass schon während dem Zürich-Bühlstadium durch Schmelzwasser und nachher durch die Hochwasserfluten der Thur Verschwemmung stattgefunden hat. Aus demselben Grunde ist es bei den vom Seerücken her einmündenden Bächen überhaupt nicht zur Bildung von Schuttkegeln gekommen.

**Torfmoore.** Die grösste Ausdehnung zeigt das Torfmoor zwischen Märwil, Buch und Frittschen (SE-Ecke des Atlasblattes), wo der Abbau durch Handbetrieb noch etwelche Bedeutung hat. Für den Eigenbedarf an Torf kommt auch noch das Hinterried W Pfyn [711,6/282,7] und ein Teil des Riedes bei



Weiningen [709,7/271,7] in Betracht. Die Torfgewinnung im Märwiler- und Hinterried hat bis heute andauert, und es wird wahrscheinlich in den kommenden Jahren noch intensivere Ausbeutung stattfinden. Die Moore in der Thundorfermulde [713-14/266-67 und 716-17/266-67] sind verwachsen.

**Ried- und Sumpfgebiete.** Im Drumlingebiet von Märstetten bis Pfyn sind die meisten kleineren Riedflächen durch Entwässerung in Kulturland umgewandelt worden. Die Unterlage bildet Grundmoränenlehm; einzig im drainierten Ried bei Oberherten [713/268,6] war Molassemergel die abdichtende Sohle und N Liebenfels [711-12/276,9] der mergelige Gehängeschutt.

**Alluvialböden.** Die jüngsten oberflächlichen Ablagerungen in der gesamten Thurebene müssen als Alluvialböden aufgefasst werden. In kleinem Ausmasse sind solche Flächen auch am Kemmenbach (W Märstetten), am Furtbach (W Bussnang) und an der Murg ausgebildet.

**Künstliche Aufschüttungen.** Solche sind notwendig geworden für die Hochwasserdämme der Thur und der Murg. Auch die meisten Seitenbäche der Thur mussten in der Ebene eingedämmt werden. Auf weite Strecken liegen Bahnkörper und Zufahrtsstrassen zu Stationen und Thurbrücken auf Aufschüttungsmassen.

## NUTZBARE GESTEINE, QUELLEN, GRUNDWASSER, BOHRUNGEN

Torf wurde für Eigenbedarf im Hinterried W Pfyn und im Moos N Märwil ausgebeutet. (Näheres siehe unter Torfmoore.)

Schotter wird an folgenden Stellen aus Kiesbänken der Thur gewonnen: bei Pfyn und bei Rohr (Thurbrücke Frauenfeld); dann aus dem Thurfeld zwischen Felben und Hüttlingen, W Station Müllheim-Wigoltingen, zwischen Gehrau [720/271,6] und Märstetten, und zwischen Märstetten, Amlikon und Weinfeld, sowie am N-Rand des Murgdeltas im Galgenholz. Ausgebeutet werden auch die Vorstosschotter W Thundorf [714/267,2]. Pfyn besitzt ferner Schottergruben in Moränen, Hüttwilen und Weiningen im Ittinger-Schotter. Die Ortschaften auf dem E-See-rücken und Wellenbergplateau benützen Tortonien-Nagelfluh.

Ton. Von den weit verbreiteten Tonlagern der Thurebene ist nur noch eines NE Frauenfeld [711,2/269,8] im Abbau, während die Ausbeutungen W von Felben, Pfyn, Müllheim und Gillhof [721,5/272,2] eingegangen sind.

Mergel. Solange die Zementfabrik in Müllheim-Wigoltingen noch im Betrieb war, beutete sie Molassemergel am N-Fuss des Wellenbergs aus [718,8/271,1].

Kohlen. Im Gebiet des Atlasblattes Pfyn-Bussnang treten nur in der Molasse Kohlenvorkommen auf, die von E. LETSCH (Lit. 14) eingehend beschrieben worden sind.

Das wichtigste Vorkommen ist das von Herdern [709,8/273,9]. 1855 wurde das Kohlenflöz beim Bau der Strasse nach Kalchrain angeschnitten. Das betreffende Land gehörte zum Berghofgute [710,35/274,5] und wurde 1856 von den Herren Landsmann und Duden in Zürich zum Zwecke der Kohlenausbeute erworben. Arnold Escher v. d. Linth und Bergingenieur Bürgi haben die Fundstelle besucht und darüber folgende Angaben gemacht: Das Kohlenflöz hatte eine Mächtigkeit von 60—90 cm mit ein bis zwei Kohlenstreifen von 9—15 cm Dicke. Das Zwischenliegende war Stinkkalk oder kohligter Mergel, das Liegende Mergelsandstein und das Hangende ein Tonmergel. Die horizontale Ausdehnung wird mit 9000 m<sup>2</sup> angegeben. 1856 wurden von der Strasse aus drei Stollen in NE-Richtung vorgetrieben, der westliche erreichte eine Länge von 93 m, der mittlere, 87 m weiter E angesetzt, 112,5 m Länge, und der dritte, 15 m vom zweiten entfernt, war 30 m lang. Dieser ergab, dass weiter E-wärts keine Kohlen mehr zu finden waren. 1862 stellte die Firma den Abbau ein; aber durch Bewohner von Herdern wurde zeitweise noch bis 1893 Kohle ausgebeutet. Ein Stolleneinsturz hat dann den Arbeiten ein Ende gesetzt. In der folgenden Zeit ging Grund und Boden mitsamt dem Berghofgut in den Besitz des thurgauischen Staates über und wurde der Domäne Kalchrain angeschlossen. Die nun folgenden Angaben über das im Jahre 1916 wieder eröffnete Bergwerk Herdern sind der Arbeit von L. WILD (Lit. 23) entnommen.

1916 erhält die Firma Weinmann in Zürich vom thurgauischen Fiskus das Schürfrecht im Gebiet von Kalchrain. Am 20. Dezember 1916 erfolgte der erste Spatenstich. Bis Ende Mai 1917 wurden ca. 200 t Pechkohle abgebaut und nach Frauenfeld geführt. Versuche in der Gasfabrik ergaben, dass es sich um eine schwefelreiche, nicht kokende Kohle handelt. Der Heizwert betrug 7023 Kalorien. Da die Firma nur Tagbau betrieb, wobei sich Rutschungen einstellten, wurde der Abbau unrentabel und der Vertrag gelöst.

Da eine Abklärung über die Abbauwürdigkeit des Kohlenlagers durch den Tagbaubetrieb nicht zu erwarten war, wurde im September 1917 mit dem Stollenbau begonnen, welcher von 32 internierten deutschen Bergleuten in Angriff genommen wurde. Der Obersteiger L. Weber berichtet von einer Kluftverwerfung, welche mit dazu beitrug, dass 1919 die Kohlenausbeutung einge-

stellt wurde. Heute ist das Gebiet des alten Tagbaus ausplanirt und in eine Wiese verwandelt.

Das zweite Kohlenvorkommen unseres Gebietes liegt S Wellhausen bei der Lokalität Lochrüti [713,9/269,7]. Zu Anfang des 19. Jahrhunderts sollen französische Emigranten hier Kohlen abgebaut haben; der Abbau erfolgte in Stollen und zwar später, um 1850, durch den Förster Kauf und um 1860 durch einen Kohlengräber aus Herdern. Nach den 18 zerfallenen Stollen und Löchern zu schliessen, die sich bis ins Wellenbergertobel hinziehen, muss hier emsig nach Kohle gesucht worden sein.

Ein drittes Kohlenvorkommen liegt S vom Försterhaus Murkart [710,9/266,5]. 1707 wurde der Rat von Frauenfeld auf die Fundstelle aufmerksam gemacht. Ein Johannes Kaiser aus dem Fischingertale betrieb den Abbau. Im Januar 1708 wurde er mit 100 fl. vom Rat entlohnt und der Abbau eingestellt. Der 1783 durch einen erfahrenen Arbeiter aus dem Bergwerk Elgg wieder aufgenommene Betrieb brachte die Einsicht, dass weitere Schürfarbeit sich nicht lohne.

Die vierte Kohlenfundstelle wurde 1844 beim Graben einer Hanfrose (wassergefüllte Grube, in die Hanf- und Flachsstengel eingelegt werden) E vom Dorf Oberwil [708/267,2] entdeckt. Der Eigentümer beutete eine zeitlang Kohle aus und führte sie in die Rotfarb nach Frauenfeld. Oberst Ginsberg liess in den 60-er Jahren im Umkreis der Fundstelle Probeschächte abteufen, wodurch erwiesen wurde, dass auch dieses Vorkommen nicht abbauwürdig ist.

Sandsteine. Früher wurden Sandsteine zu Bauzwecken ausgebeutet, was durch längst aufgelassene, vollständig verwachsene Steinbrüche erwiesen ist. Heute werden sie infolge ihrer schlechten, mürben Qualität nicht mehr verwendet; Backsteine und Zement sind an ihre Stelle getreten.

Quellen und Grundwasser. An der Basis des N-Randes des Jüngern Deckenschotter treten gute Quellen aus; weniger ergiebig sind die Wasseradern an der Basis der Molasse-Nagelfluh, welche den Ortschaften am E-Seerücken und E-Wellenbergplateau Trinkwasser liefern. Die Dörfer Müllheim, Wigoltingen, Märstetten, Bussnang und Amlikon pumpen Grundwasser aus der Thurebene. Auch Frauenfeld bezieht den grössern Teil aus diesem Gebiet. Grundwasserträger ist der Thurfeldschotter, der auf einer kompakten, steinig-lehmigen Grundmoräne liegt, welche die tiefste Füllung der Thurtalrinne darstellt. Der Schotter bildet aber keinen durchgehenden Horizont, sondern füllt ein Rinnensystem. Die Bäche mit Ursprung im Thurfeld tragen meist den Namen „Giessen“ oder „Gill“. Es sind Sammeladern der Grundwasseraufstösse.

Bohrungen in der Thurebene. Sie wurden durch Brückenfundationen und Grundwasserfassungen veranlasst. Die hier

mitgeteilten Angaben sind der Arbeit von A. WEBER (Lit. 21) entnommen worden. Die Bohrstellen sind in der Karte eingetragen und mit Zahlen versehen, die denen der nachfolgenden Tabelle und der Bohrprofile (Tafel I) entsprechen; leider konnten über die genaue Höhenlage der Bohrstellen keine Angaben erhalten werden.

#### Bohrprofile (Tafel I):

- No. 1. Thurbrücke NNW Frauenfeld [708,75/270,85]. 4,5 m Kies und Sand, 3,8 m fetter Lehm, 9,2 m Lehm mit Feinsand, 1,9 m Feinsand mit Lehm, 4,4 m fetter Lehm, 4,5 m Lehm mit Sand.
- No. 2. Thurstrasse NNW Frauenfeld [709/270,2]. 3 m Schwemmlehm, 5,2 m Kies, Unterlage Grundmoränenlehm.
- No. 3. Schmirgelwerk Frauenfeld [709,8/268,8]. 2 m Tribsand, 6 m Lehm, Unterlage Molasse.
- No. 4. W Konservenfabrik Frauenfeld [709,95/269,3]. 5,5 m Schwemmlehm, 1 m Kies, 5 m Sand.
- No. 5. N Konservenfabrik Frauenfeld [710,1/269,4]. 1,8 m Schwemmlehm, 3,5 m Kies, 6,5 m Sand.
- No. 6. E Konservenfabrik Frauenfeld [710,15/269,3]. 6,5 m Lehm mit Kies und Sand, 3,5 m Kies, 12,5 m feinkörniger Sand.
- No. 7. Allmendstrasse NE Frauenfeld [710,4/270]. 4,5 m Kies, 14,5 m Grundmoränenlehm.
- No. 8. In Wieden NW Felben [712,1/271,5]. 1 m Schwemmlehm, 7,5 m Kies, 1,1 m Feinsand.
- No. 9. SW Müllheim [717,15/272,4]. 2 m Schwemmlehm, 9 m Kies.
- No. 10. SW Wigoltingen [719,1/272,75]. 1,6 m Schwemmlehm, 2 m Kies.
- No. 11. Zollbrücke Eschikofen–Bonau [719,35/271,2]. 5,4 m Kies, 0,7 m Sand, 9,5 m Kies, 2,2 m Schlammsand, 1,3 m Sandlehm.
- No. 12. Zollbrücke Eschikofen–Bonau [719,4/271,2]. 6,2 m Kies, 2,1 m Schwemmlehm, 6,4 m Kies.
- No. 13. NW Amlikon [721,7/270,4]. 1 m Schwemmlehm, 8,2 m Kies und Sand.
- No. 14. S Märstetten [722,4/272,25]. 2 m Schwemmlehm, 6 m Kies.

### TEKTONIK

Es ist wahrscheinlich, dass auch in unserm Kartengebiet Störungen der Schichten eingetreten sind, denn die von W. SCHMIDLE (Lit. 19) in der Gegend von Konstanz angenommenen Verwerfungen und Brüche dürften nicht ohne Einfluss auf die Molasse des

Seerückens geblieben sein. Solche tektonischen Störungen sind aber sehr schwierig festzustellen, hauptsächlich wegen der Zusammensetzung unserer obern Süßwassermolasse. Das ständig wechselnde Schichtenbild mit rasch auskeilenden, wieder einsetzenden und sich wiederholenden Horizonten von Mergeln, Mergelsandsteinen und Sandsteinen in Aufschlüssen, welche auf kurze Distanz durch diluviale Ablagerungen verhüllt werden, kann dem Beobachter keine Anhaltspunkte geben. Da die Glimmersandsteine leicht erkennbar sind und immer in mehr als 2 m Mächtigkeit auftreten, könnten sie als Leithorizonte benutzt werden, aber auch sie setzen gegen SE aus. Westlich ausserhalb unseres Kartengebietes reichen sie am Seerücken bei Stammheim bis fast an den Deckenschotter hinauf (570 m), weiter E im Steineggertobel [706,5/275,1] noch bis 550 m, auf unserm Atlasblatt finden wir sie NW von Herdern nur noch bei 500 m. In den Bachschluchten E davon fehlen sie in dieser Höhe ganz. In tieferer Lage trifft man den Glimmersandstein noch einmal bei 420 m im Ochsenfurtertobel [710,7/272,55] und hart an der Thur SW von Pfyn bei 408 m. Das sind die südlichsten Vorkommnisse, denn am Ottenberg und Wellenberg ist von 400 m an aufwärts kein Schichtglied dieser Art mehr anzutreffen. Der Glimmersandstein liefert also keine Anhaltspunkte für das Vorhandensein von Schichtstörungen.

Im Verbande mit Glimmersandstein kommen gelegentlich Einlagerungen vor, von denen ich hoffte, sie könnten als Leithorizonte gelten. Im bereits genannten Steineggertobel W ausserhalb unseres Kartenblattes trifft man in 550 m Höhe einen konglomeratisch aussehenden Tongallenhorizont, der auf der N-Seite des Seerückens, aber noch W unseres Kartengebietes, im Ibentobel bei 550 m, im Auertobel bei 525 m, und im Mäusetobel [707,25/277,4] bei 480 m zu finden war. Auch im Eggmühletobel [711/277] ist ein solcher bei 470 m zu sehen. Ob diese Horizonte aber äquivalent sind, ist schwer zu beurteilen. Die genannten Lokalitäten liegen ca. 7 km in W-E-Richtung hintereinander. Da auf der S-Seite des Seerückens vom Steineggertobel an E-wärts keine Tongalleneinlagerungen mit Glimmersandstein verknüpft sind, ist es kaum gestattet, die Ursache der ungleichen Höhenlage in Verwerfungen zu suchen. Die Bildung einer Tongallenschicht ist wahrscheinlich auf einen schmalen Küstensaum beschränkt gewesen, wo in der Brandungs- und Sogwelle die kugeligen Mergelklumpen zur Bildung kamen. Nach dem Gesagten dürfte der Küstensaum als Bildungsbereich der Tongallenschicht von E nach W vorgeschritten sein.

Im ganzen Gebiet unserer thurgauischen Molasse zeigt sich die Tendenz, dass schmale, gleichartige Ablagerungsbereiche sich entweder in der SE- oder in der NW-Richtung verschoben haben,

wodurch am gleichen Punkt rasch wechselnde Schichtkomplexe erzeugt wurden. So konnte es unmöglich zur Bildung von Leit-horizonten kommen. Die berühmten Süßwasserkalke von Oehningen (siehe Spezialkarte 2) sind lithologisch als Seekreide zu bezeichnen und haben ganz beschränkte Ausdehnung. 4 km SE davon, am Seerücken, ist von diesem Gestein nur eine 1 dm dicke Schicht vorhanden und zwar eingelagert in den Glimmersandstein auf 465 m Höhe [711,1/277,3]. Ob diese Schicht, die in Kalk- und Bitumengehalt den Oehninger Fossilschichten chemisch genau entspricht, mit diesem gleichaltrig ist, kann nicht mit Sicherheit festgestellt werden.

Nach den Beobachtungen von W. SCHMIDLE (Lit. 19) haben die Bruchbildungen bis ins Eiszeitalter hineingereicht, denn die Verwerfung am N-Rand des Schienerberges hat nach seinen Angaben noch den Deckenschotter betroffen. Wenn auch am Seerücken nirgends die Basis des jüngern Deckenschotters aufgeschlossen ist, so deuten doch die Quellenhorizonte nie auf Störungen der ursprünglichen Lage. Ein im Kohlenbergwerk Herdern in den Jahren 1855—62 vorgetriebener Stollen soll an einer Verwerfung mit einer Sprunghöhe von 12 m geendigt haben. 1916 wurde ein neuer Stollen in gleicher Richtung geführt; die Gutachten aus dieser Zeit erwähnen aber nichts mehr von einer Verwerfung. Da der Berghang östlich und westlich der Baustelle nordwärts zurückweicht, und auch in den nahen Bachschluchten keine Aufschlüsse vorhanden sind, kann die genannte Verwerfung nicht verfolgt werden. N über dem ehemaligen Kohlenbergwerk ist in zwei Kiesgruben die tortonische Nagelfluh von senkrechten, lehmgefüllten Rissen durchsetzt; längs der Risse hat aber keine Schichtverschiebung stattgefunden.

Am S-Hang des Seerückens zieht sich eine Glimmersandsteinschicht von W her auf 510 m Höhe [709,7/273,85]; wo sie aber 1,5 km weiter E in gleicher Höhe vorkommen sollte, finden wir nur noch Knauersandstein.

Bei Hörhausen [715,75/277,5] kann in der in Molasse-Nagelfluh angelegten Kiesgrube eine Verwerfung von 1 m Sprunghöhe beobachtet werden. Am Naadrain [716,95/266,65] wurden in einer Kiesgrube gleichen Alters steilgestellte Mergelschichten getroffen; auf der Karte ist die Lokalität bezeichnet als „durch Eisdruck gestörte Lagerung der Molasse“. Die Schichtverstellung kann aber nicht von postglazialen Erdbewegungen herrühren, weil das Gelände ebene Hochfläche ist. Als Ursache könnte Stauchungsdruck der Eismassen in Betracht kommen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass auf Kartengebiet Pfyn-Bussnang keinerlei sichere Anzeichen für tektonische Störungen (besonders Verwerfungen) gefunden werden konnten.

## ANHANG

### SEDIMENTPETROGRAPHISCHE UNTERSUCHUNGEN DER OBERN SÜSSWASSERMOLASSE UND DER PLEISTOCAENEN ABLAGERUNGEN IM THURGAU

Mit Tafel II—IV

Die Fossilarmut der thurgauischen Molasse einerseits und die intramoräne Stellung der eiszeitlichen Ablagerungen anderseits veranlassten uns, nach neuen, diese pelitischen bis psephitischen Ablagerungen charakterisierenden Merkmalen zu suchen. Vereinzelte Pleistocaen-Aufschlüsse sollten dadurch mit grösserer Sicherheit in die chronologische Reihenfolge eingeordnet werden können, und in der Molasse hofften wir weitreichende, äquivalente Horizonte zu finden. Auch die Frage nach den Herkunfts- und Lieferungsgebieten der verschiedenen Ablagerungen war nur zu beantworten durch petrographische Untersuchungen. Weil aber die hier in Betracht kommenden Bildungen Komponenten von Blockgrösse bis hinunter zum Kolloidteilchen aufweisen, mussten verschiedene petrographische Untersuchungsmethoden angewendet werden, die nachfolgend besprochen werden sollen.

#### a. Gerölluntersuchungen.

Eine Zusammenstellung früherer Beobachtungen gibt Lit. 6. Bei der Inangriffnahme der Gerölluntersuchungen handelte es sich zuerst darum, die Untersuchungsmethode abzuklären. Speziell war das Verteilungsgesetz der verschiedenen Gesteinstypen in bezug auf die Geröllgrösse zu untersuchen, eine Bestimmung der Gerölle durchzuführen und für die Klassifikation eine zweckmässige Gruppierung zu wählen. Vorerst zeigte sich, dass die Bestimmung der Häufigkeitswerte die Zählung von mindestens 300 Geröllen annähernd gleicher Grösse verlangt. Es ergab sich, dass z. B. das Verhältnis kristalliner zu sedimentogenen Geröllen sich je nach der betrachteten Geröllgrösse ändert. Siehe folgende Tabelle:

#### Kristallin : Sedimentogen

Deckenschotter	{	faustgross	1 : 9,5
		nussgross	1 : 16
		erbsengross	1 : 19
Würmschotter	{	faustgross	1 : 3
		nussgross	1 : 5
		erbsengross	1 : 10,5

Es dürfen also zu Vergleichen jeweils nur die Häufigkeitswerte gleicher Geröllgrösse herangezogen werden.

Die ersten orientierenden Untersuchungen wurden an Gesteinen des Jüngern Deckenschotter durchgeführt, der im Kartengebiet in mehreren guten Aufschlüssen zu Tage tritt, und in welchem überdies durch Abbau fortwährend frisches Material freigelegt wird. Von 500 gesammelten, faustgrossen, kristallinen Geröllen aus dem Jüngern Deckenschotter wurden von 300 Geröllen Dünnschliffe angefertigt und zur mikroskopischen Diagnose benützt, die ihrerseits dann wieder die entscheidende, makroskopische Bestimmung sicherte. Später wurden die Gerölluntersuchungen auch auf andere Ablagerungen ausgedehnt, und zwar wurde der Geröllbestand bestimmt:

an 12 Stellen der Tortonien-Nagelfluh	
„ 6 „ des Jüngern Deckenschotter	
„ 5 „ des praewürmischen Ittinger-Schotter	
„ 20 „ der kiesigen Würm-Moräne.	

Für jede Lokalität wurden jeweils mindestens zwei Zählungen durchgeführt. Berücksichtigt man bei den Geröllauszählungen nur die kristallinen Anteile, so ergeben sich für die uns interessierenden Gesteine folgende Mittelwerte:

	e magma- tische Ge- steine %	m metamorphe Gesteine				e:m =
		o Ortho- gesteine	o:p	p Para- gesteine	Amphi- bolite	
IV kiesige Würm-Moräne . . . . .	25	22	1:1,45	32	21	1:3
III Ittinger-Schotter . . . . .	26	30	1:0,37	11	33	1:3
II Jüngerer Deckenschotter . . . . .	25	37	1:0,37	14	23	1:3
I Tortonien-Nagelfluh . . . . .	63	33	1:0,12	4	—	1:0,5

Der Unterschied zwischen dem Geröllbestand miocaener und pleistocaener Ablagerungen kommt in diesen Zahlen deutlich zum Ausdruck. In der tortonischen Nagelfluh ist das Verhältnis magmatischer Gesteine zu metamorphen grösser als 1, für die eiszeitlichen Ablagerungen jedoch kleiner. Ebenso verändert sich mit dem Jüngerwerden die Verhältniszahl von Ortho- zu Paragesteinen. Bei der miocaenen Nagelfluh beträgt sie ca. 8, beim Jüngern Deckenschotter und dem Ittinger-Schotter ca. 2,7 und bei der Würm-Moräne nur noch ca. 0,7. Der Amphibolitanteil erscheint erst im Pleistocaen; er ist eine Formation der Auslese und gibt Auskunft über Transportweg und Umlagerung.

Die Charakterisierung des Geröllbestandes wäre aber unvollständig, wenn sie sich auf die Unterscheidung kristallin-sedimentogen oder magmatisch-metamorph beschränken würde. Im Hin-



**Tabelle 1: Geröllzählungen in der Tortonischen Nagelfuh**

	Steinegg [706,5/275,25]	Kalchrain [709,2/274,35]	Herdern 580 [710,8/274,45]	Herdern 590 [710,2/274,0]	Herdern [710,6/274,2]	Wilten [711,2/275,2]	Amm.hausen [711,7/276,2]	
Sedimente . . . . .	94%	90%	84%	91%	90%	90%	90%	M 90
Magmatische Gesteine . .	4%	6%	10%	6%	6%	6%	4%	7
Metamorphe Gesteine . .	2%	4%	6%	3%	4%	4%	2%	3
Molassesandsteine . . . .	56	42	45	40	43	62	80	
Ostalpine Kalke . . . . .	84	94	80	108	101	81	178	
Flysch . . . . .	41	36	42	46	43	65	70	
Verrucano . . . . .	7	11	4	8	5	10	15	
Hornstein . . . . .	11	6	4	5	10	22	14	
Dolomit . . . . .	182	149	164	147	143	95	101	
Breccien . . . . .	7	4	—	4	—	—	4	
Summe	388	342	339	358	345	335	462	
Granite, Porphyre . . . . .	8	14	25	14	9	16	15	
Quarzporphyre . . . . .	2	5	5	2	6	2	1	
Gabbro . . . . .	1	1	1	3	3	2	1	
Porphyrit, Diabas . . . . .	5	4	9	3	6	4	4	
Summe	16	24	40	22	24	24	21	
Augengneis . . . . .	—	1	1	1	—	1	—	
Biotitgneis . . . . .	4	8	12	6	10	9	7	
Zweiglimmergneis . . . . .	1	4	3	1	2	1	1	
Glimmerschiefer . . . . .	—	3	4	3	4	5	—	
Summe	5	16	20	11	16	16	8	
Summe total	409	382	399	391	385	375	491	

**Tabelle 2: Geröllzählungen im Jüngern und Ältern Deckenschotter**

	Jüngerer Deckenschotter						Ält. Deckensch.
	Hörnli [710,0/275,3]	Boll [709,3/274,9]	Kleeback [710,25/274,3]	Schienerberg [710,0/282,4]	Kohlfirst [693,05/280,6]	Heerenberg [707,5/275,15]	Salen [719,1/278,85]
Sedimente . . . . .	90%	90%	89%	93%	95 %	94%	93%
Magmatische Gesteine . .	2%	1%	3%	1%	2,5%	1%	2%
Metamorphe Gesteine . .	8%	9%	8%	6%	2,5%	4,2%	5%
Molassesandsteine . . . .	16	17	23	7	—	10	5
Helvetische Kalke . . . .	201	208	195	175	445	220	161
Ostalpine Kalke . . . . .	34	49	63	53	133	23	58
Flysch . . . . .	64	157	117	151	63	64	189
Verrucano . . . . .	17	22	44	22	125	17	—
Hornstein . . . . .	9	31	62	14	124	9	11
Dolomit . . . . .	20	6	44	9	17	20	4
Breccien . . . . .	1	12	10	7	—	1	8
Summe	362	502	558	438	907	364	436
Granit der Nagelfluh. . .	—	—	3	—	9	2	4
Juliergranit . . . . .	—	—	3	—	1	2	—
Aaregranit . . . . .	—	—	—	—	—	—	—
Diorit . . . . .	2	—	—	—	—	—	—
Quarzprophyr . . . . .	1	4	4	1	—	—	1
Gabbro . . . . .	1	—	—	—	—	—	—
Diabas . . . . .	3	2	10	3	10	1	2
Summe	7	6	20	4	20	5	7
Augengneis . . . . .	—	—	—	—	—	—	—
Biotitgneis . . . . .	3	3	1	6	1	4	1
Zweiglimmergneis . . . .	7	4	2	9	5	2	5
Phengitgneis . . . . .	1	1	5	1	—	1	5
Bündnerschiefer . . . . .	3	7	13	1	10	3	4
Amphibolit . . . . .	14	34	23	10	4	5	6
Chloritschiefer . . . . .	1	2	—	—	—	—	—
Summe	29	51	44	27	20	15	21
Summe total	398	559	622	469	947	384	464

**Tabelle 3: Geröllzählungen im Ittinger-Schotter**

	Neumühle [708,4/273,4]	Schlossbuck [708,7/272,7]	Nergeten [708,0/271,9]	Riethalde [707,0/273,7]	Neggeler [708,9/272,4]
Sedimente . . . . .	85%	86%	85%	82%	81%
Magmatische Gesteine . .	5%	4%	5%	5%	4%
Metamorphe Gesteine . .	10%	10%	10%	13%	15%
Molassesandsteine . . . .	53	44	63	101	35
Helvetische Kalksteine . .	504	308	298	395	171
Ostalpine Kalksteine . .	248	161	114	136	32
Flysch . . . . .	20	27	68	69	10
Verrucano . . . . .	58	34	45	50	21
Hornstein . . . . .	163	83	50	81	25
Dolomit . . . . .	45	22	29	23	3
Breccien . . . . .	16	18	22	24	8
Summe	1107	697	689	879	305
Granit der Nagelfluh. . .	31	9	9	11	3
Aaregranit . . . . .	5	2	1	5	6
Juliergranit . . . . .	14	9	10	15	1
Diorit. . . . .	12	7	2	3	4
Quarzporphyr . . . . .	4	1	4	7	2
Gabbro . . . . .	—	1	1	1	—
Diabas . . . . .	7	10	16	11	1
Summe	73	39	43	53	17
Biotitgneis . . . . .	17	11	16	20	10
Zweiglimmergneis . . . .	11	8	5	16	4
Phengitgneis . . . . .	17	8	9	13	4
Bündnerschiefer . . . . .	34	20	17	38	14
Amphibolit . . . . .	32	29	28	38	22
Chloritschiefer . . . . .	2	1	3	2	—
Summe	113	77	78	127	54
Summe total	1293	813	810	1059	376

**Tabelle 4: Geröllzählungen in der kiesigen Würm-Moräne**

	Haldenbach [706,9/274,85]	Iselisberg [704,35/271,7]	Oberneunform [699,85/273,25]	Trüttlikon [703,8/273,05]	Stammheim [701,95/275,6]	Eschenz [708,2/277,85]	Häuslenen [710,6/265,3]	„Hagenstall“ [709,95/263,95]
Sedimente . . . . .	72%	68%	74%	70%	70%	76%	71%	74%
Magmatische Gesteine . .	3%	4%	4%	7%	5%	4%	2%	4%
Metamorphe Gesteine . .	25%	28%	22%	23%	25%	20%	27%	22%
Molassesandsteine . . . .	12	17	40	36	22	72	23	24
Helvetische Kalke . . . .	110	109	220	108	114	235	208	215
Ostalpine Kalke . . . . .	15	7	26	10	5	43	57	50
Flysch . . . . .	1	7	2	8	3	40	11	19
Verrucano . . . . .	7	10	10	9	6	15	11	16
Hornstein . . . . .	3	—	2	1	—	10	7	9
Dolomit . . . . .	3	9	2	1	2	6	10	17
Breccien . . . . .	8	7	9	1	2	9	2	6
Summe	159	166	311	174	154	430	329	356
Granit der Nagelfluh . . .	—	—	—	1	—	2	—	3
Aaregranit . . . . .	—	—	1	—	—	1	—	1
Juliergranit . . . . .	5	6	8	6	6	9	3	1
Diorit . . . . .	2	—	1	3	1	1	—	3
Gabbro . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—
Diabas . . . . .	1	—	1	1	3	—	2	2
Quarzporphyr . . . . .	—	—	—	2	1	2	—	1
Summe	8	6	11	13	11	15	5	11
Augengneis . . . . .	—	—	1	—	1	—	1	—
Biotitgneis . . . . .	4	8	5	2	3	12	3	14
Zweiglimmergneis . . . .	5	4	4	2	2	2	3	2
Phengitgneis . . . . .	7	2	12	5	3	17	31	31
Bündnerschiefer . . . . .	18	46	47	38	29	59	54	27
Amphibolit . . . . .	21	9	20	10	15	26	34	32
Chloritschiefer . . . . .	—	1	6	2	4	1	1	2
Summe	55	70	95	59	57	117	127	108
Summe total	222	242	417	246	222	562	461	475

blick auf die möglichen Herkunftsgebiete der Molasse- und Quartär-Gerölle wurden unterschieden (siehe Tabellen auf S. 37–40):

*Typen des sedimentogenen Anteils:*

1. Sandsteine der subalpinen Molasse
2. Sandsteine und Kalksteine des Flysches
3. Kalksteine der helvetischen Decken
4. Kieselige und mergelige Kalksteine der ostalpinen Decken
5. Verrukano (sandstein- und breccienartig)
6. Hornsteine
7. Dolomit
8. Breccien.

*Typen des magmatisch kristallinen Anteils:*

1. Granite und Porphyre der Molasse
2. Aar- und gotthardmassivische Granite und Syenite
3. Diorite
4. Gabbro
5. Diabase und Spillite
6. Julier-Albulagranite
7. Bergüner Quarzporphyre.

*Typen des metamorph kristallinen Anteils:*

- |  |   |               |
|--|---|---------------|
| 1. Augengneis                                  | } | Orthogesteine |
| 2. Biotitgneis, meist mittelgranoblastisch     |   |               |
| 3. Hornblendegneis                             |   |               |
| 4. Zweiglimmergneis                            |   |               |
| 5. Phengitgneis der Aduladecke                 | } | Paragesteine  |
| 6. Bündnerschiefer (Serizitphyllit und Marmor) |   |               |
| 7. Stengelgneise                               |   |               |
| 8. Glimmerschiefer                             |   |               |
| 9. Konglomeratgneise (Ilanzer Verrukano)       |   |               |
| 10. Amphibolite                                |   |               |

Aus den prozentualen Häufigkeitswerten der vorstehenden Tabellen ergeben sich folgende Beziehungen:

Innerhalb der quartären Ablagerungen verschiebt sich das Verhältnis kristallin zu sedimentogen mit zunehmendem Alter der Ablagerung zu Gunsten der Sedimentgerölle. Eine gleiche, aber geringere Verschiebung macht sich innerhalb der gleichen fluvio-glazialen Serie mit stärkerer Entfernung vom Eisrand geltend, also von der kiesigen Moräne zum eigentlich fluviatilen Schotter. Der längere Wassertransport bedingt dann auch unter den Typen das Vorherrschen der Auslesegesteine. Zu diesen gehören in den ältern Geröllschichten die ostalpinen Kieselkalke und Hornsteine, in den jüngern die Amphibolite und helvetischen Kieselkalke.

Neben diesen Auslesegesteinen sind es noch einige Gesteinstypen, die durch ihr Vorherrschen einem Geröllbestand von bestimmtem Alter das Charaktermerkmal geben. So gilt für unsere gesamte thurgauische miocaene Nagelfluh der Dolomit als Leitgestein. Für den Jüngern Deckenschotter ist der braune, glimmerführende Flyschsandstein führendes Sedimentgeröll. Das gilt auch für den Deckenschotter am Schienerberg und am Bruggerberg (N Brugg). Der Ittinger-Schotter als nächstjüngere Ablagerung zeigt den Charakter der fluviatilen Geröllablagerung durch den vielvorkommenden Hornstein an, sonst aber enthält er unter den Geröllen kein bestimmtes Leitgestein. In den kiesigen Würm-Moränen kommen helvetische Kalksteine als Auslesegestein, Juliergranit und Bündnerschiefer als Leitgesteine zur Geltung.

Was in ältern Schottern den Anteil der magmatisch-kristallinen Gesteine hinauftreibt, sind die Granitgerölle aus der Nagelfluh und der Quarzporphyr von Bergün, in jüngern Schottern der Juliergranit und der Diorit.

In den ältern Eiszeitbildungen sind die Augen-, Biotit- und Hornblendegneise, in den jüngern die Phengitgneise der Aduladecke, die Phyllite und marmorisierten Kalksteine der Bündnerschieferzone für den Anteil der metamorph-kristallinen Gesteine massgebend.

So zeichnen sich in rohen Umrissen für unser fluvioglaziales Geröllmaterial zwei Herkunftsgebiete ab, welche durch die Linie Chur-Lenzerheide-Oberhalbstein abgegrenzt sind, so dass das Gebiet E derselben als Lieferungsraum für die ältern und das Gebiet W davon für die jüngern Ablagerungen in Betracht kommt.

## **b. Schweremineralien**

(siehe Tafel II)

In Laboratorien erfolgt die Trennung der Schweremineralien meistens mittels Bromoform. Billiger, bei einiger Übung rascher und mit grosser Genauigkeit lässt sich die Trennung mit der Goldwaschpfanne durchführen.

Im Ganzen wurden auf diese Weise 346 Proben thurgauischer Molassegesteine untersucht. Es ergab sich, dass vornehmlich die Schweremineralien Granat, Magnetit, Rutil, Staurolith, Epidot und Zirkon mit meist über 1% Gewichtsanteil vorkommen.

Die Auszählung und Gruppierung der Schweremineralikörner erfolgte nach der in Lit. 8 beschriebenen Methode. Wie dort werden Mineralien, die über 10% der Körner der schweren Fraktion dar-

stellen, als Hauptgemengteile bezeichnet, als Nebengemengteile solche mit einem Anteil von 2—10%.

Wie sich aus untenstehender Tabelle (Mittelwerte) ergibt, zeigen die kalkarmen, aber glimmerreichen Molassesandsteine (Glimmersandsteine = Steinbalmsandsteine der badischen Autoren) stets starkes Vorherrschen des Granates, während die Kalksandsteine Magnetit und Epidot als wichtigste Schweremineralien führen.

	Magnetit	Granat	Rutil	Staurolith	Epidot	Zirkon
Glimmersandsteine . .	22	60	5	5	6	2%
Kalksandsteine . . . .	49	22	2	4	16	7%

Damit ergibt sich die weitere Tatsache, dass der Schwereminerargehalt in hohem Masse lithologisch bedingt ist. Weil aber in dieser Hinsicht ein rascher Wechsel in horizontaler und vertikaler Richtung eintritt, wird es kaum möglich sein, für die eine oder andere Mineralart Zonen in der Karte abzugrenzen. Zu den 116 Resultaten vom Jahre 1933 kommen bis heute noch 230 neue hinzu. Sie bestätigen die bisher gewonnene Erkenntnis, und weil nun auch von andern Orten solche Untersuchungsergebnisse vorliegen (A. v. Moos [Lit. 15] H. H. RENZ [Lit. 18]), ergeben sich Vergleichsmöglichkeiten und Schlussfolgerungen. Das Vorherrschen der Durchläufer, d. h. der herkunftsunempfindlichen, umlagerungs- und transportresistenten Mineralien als Hauptgemengteile im weitem Bereich unserer Molasse lässt die Schlussfolgerung zu, dass nicht die alpinen Bauelemente das Material für unsere tortonischen Schichten lieferten sondern die subalpine Molasse, und zwar sind es auf Grund der Resultate von H. H. RENZ die Aquitanschichten des N-Schenkels der N Antiklinale. Über die Schweremineralverteilung ist als Ergänzung zum Kärtchen noch folgendes zu bemerken: Die Abhängigkeit von der Gesteinsart bedingt eine erste Einteilung in Glimmersandsteine und Kalksandsteine. Die letztern lassen sich weiter differenzieren in knauerige, massige und plattige Sandsteine, in Mergelsandsteine, Sandmergel und Sandsteinlinsen in der Nagelfluh. Da diese Typen sich besonders in den Abwitterungsflächen unterscheiden, darf man wohl auf ungleiche Bildungsbedingungen schliessen und vermuten, dass sie sich auch in ihrem Bestand an schweren Mineralien unterscheiden. Wie die folgende Tabelle aber zeigt, ist die Variation innerhalb der Typen gross und diese selber sind wenig verschieden voneinander.

## Knauerige Kalksandsteine

	Magnetit	Granat	Rutil	Staurolith	Epidot	Zirkon
Hüttlingen . . . . . [716,3/270,7]	41	26	4	5	16	7
Lochmühle . . . . . [714,55/275,15]	52	18	2	2	17	7
Schollenholz . . . . . [708,5/267,05]	51	17	3	5	20	2
Kalchdaren . . . . . [712,7/272,0]	42	38	2	5	4	9
Klingenbergtobel . . . [716,7/275,0]	50	26	1	5	17	2
Ziegelhütte . . . . . [724,85/273,85]	50	14	2	1	26	8

## Massige Kalksandsteine

	Magnetit	Granat	Rutil	Staurolith	Epidot	Zirkon
Aumühle . . . . . [709,65/266,2]	62	10	1	1	24	2
Rohrerbrücke, oberhalb . [709,25/271,05]	54	19	1	1	20	4
Naadrain . . . . . [716,25/266]	55	14	3	6	8	14
Sonnenberg Schloss . . [714,6/265,1]	47	19	1	9	19	4
Schnellberg . . . . . [724,3/271,7]	47	15	1	5	22	10
Lipperswil Ost . . . . . [721,7/275,4]	32	16	3	2	28	10

## Plattige Kalksandsteine

	Magnetit	Granat	Rutil	Staurolith	Epidot	Zirkon
Oberwil . . . . . [707,75/267,0]	52	18	4	2	18	7
Rüegerholz . . . . . [709,8/267,45]	40	28	3	2	8	17
Herderntobel . . . . . [710,9/274,6]	34	41	3	4	10	6
Sandplatte . . . . . [721,6/273,25]	62	14	2	—	14	6
Kührain . . . . . [712,15/277,3]	60	8	3	5	11	4
Mühlbergtobel . . . . . [719,55/276,75]	52	20	1	5	18	3



## Mergelsandsteine

	Magnetit	Granat	Rutil	Staurolith	Epidot	Zirkon
Emrigtobel . . . . .	51	24	7	4	13	4
[714,1/274,65]						
Lipperswil Nord . . . .	57	17	1	1	17	4
[721,05/275,55]						
Eggmühle . . . . .	57	13	1	2	17	8
[711,02/277,0]						
Klingenzell . . . . .	27	22	4	4	25	18
[710,58/277,6]						
Gschmelltobel . . . . .	44	21	1	3	11	20
[718,05/275,4]						
Oppikon . . . . .	30	27	10	5	10	15
[721,55/267,77]						

## Sandmergel

	Magnetit	Granat	Rutil	Staurolith	Epidot	Zirkon
Kalchdaren . . . . .	32	31	11	3	7	12
[712,85/271,97]						
Debrunnertobel . . . .	54	22	5	6	7	4
[711,25/273,2]						
Steinegg . . . . .	34	48	4	4	7	2
[706,5/275]						
Kalchdaren westlich . .	21	42	2	4	28	—
[712,8/271,98]						
Mäusetobel . . . . .	55	7	2	—	23	14
[707,75/277,3]						
Bornhausertobel . . . .	44	18	3	2	21	9
[708,0/276,9]						

## Sandschmitzen in der Nagelfluh

	Magnetit	Granat	Rutil	Staurolith	Epidot	Zirkon
Harenwilen . . . . .	58	16	2	3	8	12
[717,85/270,1]						
Ottenberg . . . . .	39	28	6	10	7	8
[724,2/271,9]						
Wiel . . . . .	50	27	1	8	12	2
[720,5/276,0]						
Reckenwil . . . . .	42	22	2	8	9	14
[717,1/277,3]						
Wäldi . . . . .	34	25	6	15	6	11
[724,4/277,0]						
Bucherrank . . . . .	45	35	2	9	8	1
[717,9/268,95]						

Die Fundstellen können nach ihrer horizontalen Verteilung in folgende Gruppen gefasst werden: S-Hang des Schienerberges, N- und S-Seite des Seerückens, Ottenberg, sowie Wellenberg und Immenberg. Für diese Zonen sind Mittelwerte berechnet worden, die in der folgenden Tabelle zusammengestellt sind, und eine deutliche Änderung des Schwermineralbestandes von N nach S anzeigen:

#### Mittelwerte der Schwermineralien

		Magnetit	Granat	Rutil	Staurolith	Epidot	Zirkon
1. Schienerberg	25 Pr.	20	62	3	6	6	1
2. Seerücken-N	63 Pr.	27	50	4	4	9	4
3. Seerücken-S	90 Pr.	40	31	3	5	11	5
4. Ottenberg	46 Pr.	50	18	3	5	11	11
5. Wellenberg	72 Pr.	47	19	2	3	22	7

Wie sich der Gehalt an Schwermineralien innerhalb der gleichen homogenen Schicht verändert, soll in der nachfolgenden Zusammenstellung deutlich gemacht werden:

#### Wilderntobel [718,5/266,4] 6 m Sandsteinwand

	Magnetit	Granat	Rutil	Staurolith	Epidot	Zirkon
1. Probe oben . . . . .	34	13	—	—	50	1
2. Probe Mitte . . . . .	40	10	2	2	46	2
3. Probe unten . . . . .	44	16	2	—	28	7

#### Rappennest [710,05/273,85] 4 m Sandsteinwand

	Magnetit	Granat	Rutil	Staurolith	Epidot	Zirkon
Wand oben . . . . .	48	7	—	1	39	4
„ links . . . . .	57	9	1	1	28	5
„ rechts . . . . .	45	9	1	1	37	8
„ unten . . . . .	60	7	—	2	29	3

#### Gschmelltobel [718,7/275,57] 4 m Sandsteinwand

	Magnetit	Granat	Rutil	Staurolith	Epidot	Zirkon
1. Wand oben . . . . .	52	15	2	3	22	4
2. „ Mitte . . . . .	71	11	—	3	14	1
3. „ unten . . . . .	56	12	3	3	21	4

Die Abhängigkeit des Schwermineralgehaltes von der Korngrösse wird durch die folgenden Resultate demonstriert:

## Glimmersandstein von Kalchdaren [713,0/272,0]

	Magnetit	Granat	Rutil	Staurolith	Epidot	Zirkon
IV. Fraktion . . . . . (0,25—0,10 mm)	30	59	3	3	3	1
III. Fraktion . . . . . (0,10—0,05 mm)	40	36	7	3	6	7

## Glimmersandstein von Kalchdaren 3. Probe

	Magnetit	Granat	Rutil	Staurolith	Epidot	Zirkon
IV. Fraktion . . . . .	33	49	4	4	7	2
III. Fraktion . . . . .	42	36	6	3	7	5

## Grauschieferiger Sandstein vom Steineggertobel [706,5/275]

	Magnetit	Granat	Rutil	Staurolith	Epidot	Zirkon
IV. Fraktion . . . . .	34	48	4	4	7	2
III. Fraktion . . . . .	39	38	5	5	6	8

Da im Kartengebiet an verschiedenen Stellen Diluvialsande angetroffen wurden, sind auch diese auf ihren Schweremineralebestand untersucht worden. Es ergibt sich folgendes:

	Magnetit	Granat	Rutil	Staurolith	Epidot	Zirkon	Horn- blende
Schalmenbuck . . . . . [710,7/272,83]	38	22	3	10	12	6	7
Schützenhaus Pfyn . . . . . [713,77/273,02]	32	29	7	6	11	9	5
Geiselbachtobel . . . . . [710,3/271,7]	37	22	8	7	10	7	5
Dettighofen . . . . . [713,65/274,5]	33	28	7	8	12	8	2
Friltschen . . . . . [724/266,6]	36	32	7	5	6	10	4

Als neues Schwereminerale tritt hier die Hornblende auf, und im weitem sind auch Rutil und Staurolith vertreten.

Von der Sandsteinfluh bei Burgdorf (Kt. Bern) wurde ebenfalls eine Probe auf Schwereminerale geprüft und folgende prozentualen Werte gefunden:

Magnetit 39, Granat 5, Rutil —, Staurolith —, Epidot 52, Hornblende 5.

Stellt man alle jene Molassesandsteinproben zusammen, die über dem Mittel Epidot führen, so bleiben Rutil und Staurolith unter dem Mittelwert. Eine Zusammenstellung der Proben mit Zirkonanteil über 10% zeigt zunächst, dass diese Proben sich unregelmässig über das ganze Gebiet verteilen, und im weitem dann auch, dass gleichzeitig der Rutil meist über dem Mittelwert ist.

Im allgemeinen kann über die Verteilung der Schweremineralien in unsern tortonischen Schichten folgendes gesagt werden: Die Schweremineralien treten innerhalb der Schichtfolge nicht in charakteristischer Horizontierung auf; sie liefern uns also kein Hilfsmittel, um die vom Bodenseegebiet ausstrahlenden Verwerfungslinien in unser Gebiet zu verfolgen. Obwohl vom ganzen Gebiet und aus allen Horizonten Proben genommen wurden, zeigen die Resultate eine ziemlich eintönigkeit. Die Ursache hiefür liegt wahrscheinlich in der Tatsache, dass das gesamte Ablagerungsmaterial nicht direkt aus den Alpen stammt, sondern aus der subalpinen Molasse. Nach den Untersuchungen von H. H. RENZ ist in der subalpinen Molasse eine Kombination mit vorherrschendem Granat und eine solche mit Epidot festzustellen. Diese machen sich auch in unserm Gebiete geltend.

### c. Schlämmanalysen

(Siehe Tafel III, Fig. 1—4)

Da ein grosser Teil der Molasse des Thurgaus aus Sandsteinen besteht, war es gegeben, zu ihrer Charakterisierung die Korngrössen der Komponenten zu verwenden.

Zur Trennung der Korngemische von 1 mm bis 0,2 mm wurden Siebe benützt und für den feinen Anteil das Spülverfahren mit dem Kopecky-Apparat angewandt. Die Auswertung der Resultate erfolgt nach der von P. NIGGLI (Lit. 16) vorgeschlagenen Methode. Diese Auswertung der Korngrössenanteile ermöglicht eine klare Zuteilung aller klastischen Sedimente zu einheitlich benannten Mischtypen. Jeder Typus sollte nach seiner Korngrösse und nach seinen Korngemischanteilen mit bestimmten Sedimentationsvorgängen in Zusammenhang stehen. Diese Beziehung herzustellen, soll hier in einem kleinen Untersuchungsbereich versucht werden. Es handelt sich um die Typen Grobsand, Feinsand und Grobschluff. Alle untersuchten Proben stammen aus den tortonischen Sandsteinschichten mit ihren Übergängen zu den eigentlichen Mergeln. Die Korngrössen verteilen sich auf die 5 Fraktionen: V = 0,5—0,25; IV = 0,25—0,1; III = 0,1—0,05; II = 0,05—0,01; I = 0,01—0. Die VI. Fraktion (>0,5 mm) ist sporadisch nur bis zu einem ½ % vertreten, so dass sie nicht berücksichtigt wurde. Von den Proben wurden, nachdem sie mit dem Hartgummipistill in der Reibschale zerrieben worden waren, 50 g im lufttrockenen Zustande abgewogen (dann mit dem Sieb die VI. und V. Fraktion abgetrennt), dann in den Kopeckyapparat eingefüllt und geschlämmt, bis in allen Zylindern klares Wasser abfloss. Die Anteile werden nachher auf gewogenen Filtern getrocknet und das Gewicht bestimmt. Vom

Inhalt des engsten Zylinders werden durch Siebe die Fraktionen V und VI abgetrennt. Die prozentualen Anteile bilden dann eine Wertgruppe, die graphisch dargestellt werden kann. Es ergeben sich daraus zwei Grenzfälle; der eine ist die ideale Mischung, bei der alle Korngrößenanteile gleich stark vertreten sind, der andere die ideale Aufbereitung, in der nur ein Korngrößenintervall vorhanden ist. Für die ideale Aufbereitung besteht theoretisch die Möglichkeit, dass die Kummulierung in jedem Korngrößenintervall auftritt. Die untersuchten Sande der tortonischen Schichten zeigen nun die Eigentümlichkeit, dass nur das Intervall von 0,1–0,25 eine eigentliche Kummulierung aufweist. Beispiele aus der Arbeit von A. von Moos (Lit. 15) lassen erkennen, dass dies bei den ältern Molasse-Schichten anders ist. Die Psammite des Tortonien können schon im Felde vier Typen zugewiesen werden:

- I. Glimmersandsteine,
- II. Knauerige Kalksandsteine,
- III. Mergelsandsteine,
- IV. Sandmergel.

Eine einfache graphische Darstellung zeigt, dass der erste Typus, die *Glimmersandsteine*, die beste Aufbereitung aufweisen; ihre zugehörigen mittleren Korngrößenwerte zeigen das ebenfalls an, besonders aber der Aufbereitungsfaktor.

Zur Erläuterung der nachfolgenden Tabelle sei noch folgendes bemerkt: Charakterisiert wird das Korngemisch in erster Linie durch die mittlere Korngrösse =  $d$ . Für die Fraktionen, die kleiner sind als die mittlere Korngrösse  $d$  wird wieder ein Mittel  $d'$  und für diejenigen, welche grösser sind als  $d$  ein neues Mittel  $d''$  bestimmt. Aus diesen drei Grössen ergibt sich der Aufbereitungsfaktor  $a = \frac{3(d''-d')}{d}$ . Je mehr das Korngemisch um die mittlere Korngrösse kummuliert ist, desto besser ist die Aufbereitung und desto näher liegt der Wert  $a$  bei 1.

	$d$	$d'$	$d''$	$a$	Mittel aus
Glimmersandstein .	0,1624	0,1347	0,218	1,52	18 Proben
Kalksandstein . .	0,160	0,128	0,217	1,66	30 „
Mergelsandstein . .	0,131	0,099	0,197	2,24	12 „
Sandmergel . . . .	0,0791	0,0534	0,1606	4	20 „

Nach diesen Mittelwerten scheinen sich die vier Typen deutlich von einander zu unterscheiden; aber wenn man die einzelnen Proben ins Auge fasst, gilt dies nicht vollständig. So treffen wir z. B. immer Glimmersandsteingemische im Hauptbereich der Kalksandsteine und umgekehrt. In der hier gewählten graphischen

Darstellung, wo die prozentualen Korngrößenanteile in Form von Rechtecken nebeneinander gestellt sind, ist die Kummulierung des Korngrößenintervalls 0,25—0,1 für Glimmer- wie für Kalksandsteine sichtbar (Tafel 3, Fig. 1 u. 2). Denkt man sich eine Kurve in die Diagramme gelegt, so verläuft sie beim zweiten Typus, bei den *Kalksandsteinen*, stetiger. Das deutet darauf hin, dass hier grössere Annäherung an die ideale Mischung besteht, als bei den Glimmersandsteinen. Das starke Überwiegen der IV. Fraktion bei Glimmer- und Kalksandsteinen muss vor allem durch den Vorgang der Aufbereitung gedeutet werden. Dass beide Sandsteintypen das zeigen, erscheint etwas merkwürdig, wenn man bedenkt, dass im Mineralbestand tiefgehende Unterschiede vorhanden sind; nämlich bei den Glimmersandsteinen ca. 90% Quarz, 10% Karbonat und dazu Granat, bei den Kalksandsteinen 40—60% Quarz und 40—60% Karbonat und dazu Magnetit und Epidot. Diese zwei Typen als formgleiches, aber inhaltsungleiches Endprodukt können auf zwei Arten erklärt werden: Erstens könnte der Bildungsvorgang der gleiche sein, aber das Herkunftsgebiet ungleich, oder zweitens der Bildungsvorgang ungleich, aber das Herkunftsgebiet gleich. Der erste Fall scheint mir deshalb unwahrscheinlich, weil es Schichtprofile gibt, bei denen in horizontaler Richtung Übergänge zu beobachten sind. Zum Bildungs- oder in diesem Falle Aufbereitungsvorgang möchte ich alle jene Sedimentationsprozesse rechnen, bei denen das zugehörige Medium (Wasser oder Luft) längere Zeit einwirkt, sei es durch seine Dichte oder seine Bewegung, oder durch beides zusammen. Diese Einwirkung kann in einer Entmischung oder Saigerung und in der Brandungszone auch in einer Kombination beider Faktoren bestehen. Der wichtige Vorgang der Saigerung ist von L. KÖLBL (Lit. 12) näher untersucht worden. Es wird in der genannten Arbeit auf die Tatsache hingewiesen, dass eine gleichmässige Verteilung der Sinkstoffe im Medium erst zu erwarten ist, wenn das Verhältnis zwischen Sinkgeschwindigkeit und Mediumsbewegung 1:10 beträgt. Das Wichtige an der Arbeit ist aber besonders die Behandlung der fluviatilen und äolischen Aufbereitung und ihrer Auswirkung auf die Korngrößen. Da sich namentlich die Feinsande als geeignete Untersuchungsobjekte erweisen, ist es wohl am Platze, näher darauf einzugehen. Die Beziehung zwischen Sinkgeschwindigkeit in Wasser und Korngrösse wird durch eine Kurve dargestellt, die im Korngrößenintervall 0,02—0,2 die stärkste Krümmung aufweist und damit andeutet, dass in diesem Bereich die Umlagerungsempfindlichkeit am grössten ist. Die untere Grenze bei 0,02 weist darauf hin, dass bei Wasseraufbereitung zwischen I. und II. Fraktion eine Differenz auftreten muss, und ebenso bei der obren Grenze, also zwischen IV. und V. Fraktion. Durchmustern wir die Schlämmdiagramme

der Glimmersandsteine und der Kalksandsteine, so ist für beide Typen eine grosse Differenz zwischen IV. und V. Fraktion vorhanden, welche für Wasseraufbereitung spricht. Die untere Empfindlichkeitsgrenze ist nicht stark ausgeprägt, weil diese Fraktionen überhaupt mengenmässig zurücktreten. Die Unterschiede sind in den Kalksandsteinen deutlicher, aber doch nicht so, dass man bestimmt nur den Einfluss des Wassers annehmen müsste. Nach einer Tabelle von KÖLBL ist bei Wasseraufbereitung das Verhältnis der Sinkgeschwindigkeit für die Korngrössen 0,06 bis 0,2 = 1:10. Wenn also im Korngrössenbereich der IV. Fraktion die Mengenzahl 70% beträgt, ist im gleichen Zeitraum und unter gleichen Bedingungen bei der III. Fraktion nur 7% zu erwarten. Diese Bedingung wird von den Glimmersandsteinen relativ gut erfüllt. Es würde dies also für Wasseraufbereitung derselben sprechen. Diese Schlussfolgerung wird noch gestützt durch die Tatsache, dass in den Glimmersandsteinen die Muschelhorizonte mit *Unio flabellatus* auftreten und der Glimmer in Linsen angereichert ist [719,25/281,2]. Beide Erscheinungen sprechen gegen Luftaufbereitung. Der letzte Akt der Aufbereitung der Glimmersandsteine hätte damit im Wasser stattgefunden. Als Aufbereitungsort ist ein Küstengebiet anzunehmen, wo ausser dem Brandungs- und Sogstrom noch Strömung längs der Küste eine Rolle spielen konnte. Man vergleiche z. B. die Schilderungen von TIEDEMANN (Lit. 20) von der Samländischen Küste. Ein Küstenstrom mit einer Geschwindigkeit von 13,5 cm sec<sup>-1</sup> wäre ein Medium, in dem das Korngrössenintervall von 0,25—0,1 zum Absatz und zum starken Überwiegen über alle andern Fraktionen kommen könnte. Die vom genannten Autor gemachten Schlammanalysen weisen auch 80% und 75% in der IV. Fraktion auf. Bei Windaufbereitung wird von KÖLBL festgestellt, dass die Beziehung zwischen Sinkgeschwindigkeit und Korngrösse sich etwas anders auswirkt. Die zugehörige Kurve hat die starke Krümmung im Korngrössenbereich von 0,06—0,2. Die untere Empfindlichkeitsgrenze ist hier etwas höher, sie liegt im Gebiet der III. Fraktion. Da die IV. Fraktion auch noch von gleicher Empfindlichkeit ist, wird Luftaufbereitung derart in der Schlammanalyse zur Geltung kommen, dass einerseits die Differenz zwischen III. und IV. Fraktion klein bleibt, und dass anderseits der Unterschied zwischen IV. und V. Fraktion und II. und III. gross wird. Der Sandstein vom Ebnet bei der Krone Töss [695,15/260,45] (W Winterthur) (E<sub>1</sub> Steinegg und N<sub>1</sub> Sandplatten Tafel 3, Fig. 3) entspricht diesen Bedingungen am besten (0,9—50,8—43—3,3—2—). Auch einige Sandmergel und zwei Diluvialsande (I Pfyn und III Bussnang, Tafel 3, Fig. 5) sind Beispiele dafür.

Die Luftaufbereitung wird sicher auch bei andern analysierten Sanden mitgewirkt haben, nur sind die direkten Wirkungen nach-

träglich durch andere Sedimentationsvorgänge verwischt worden. Bei den indirekten Wirkungen der Luftaufbereitung denke ich an die Verarmung an karbonatischen Körnern durch Verwitterung. Ebenso ist vielleicht die Verrostung und das teilweise Verschwinden der Magnetitkörner, verbunden mit einer relativen Anreicherung an Granatkörnern, auf diese Ursache zurückzuführen. Es ist dabei wohl mehr an eine Wechselwirkung von Strand- und Dünen sandbildung zu denken.

Bei der Charakterisierung der *Mergelsandsteine* als dem dritten Typus ist zunächst zu bemerken, dass sie im Schichtverbande durchwegs mit eigentlichen Mergeln zusammen auftreten und zwar so, dass diese sowohl im Liegenden wie im Hangenden anschliessen. Von 12 Proben wurden die Analysenresultate ausgewertet, wovon 8 auf Tafel 3, Fig. 4 graphisch dargestellt sind. In diesen Diagrammen ist eine Korngrössenkummulierung noch vorhanden und damit auch ein ziemlich grosser Aufbereitungsfaktor. In den Flächendiagrammen bildet der stetige Verlauf der absteigenden Kurve ein charakteristisches Merkmal, was schon bei den Kalksandsteinen etwas angedeutet ist und in den Mergelsandsteinen nun sehr deutlich hervortritt. Die Bedingungen in diesem Sedimentationsraum scheinen mir folgende zu sein: Das Medium ist fliessendes Wasser. Das suspendierte Material ist gering, weil noch ein ziemlich grosser Aufbereitungsfaktor vorhanden ist. Die Wassergeschwindigkeit ist klein und die Fliessrichtung einheitlich. Ein weiteres Merkmal im Vergleich zu den Sandmergeln im Liegenden und Hangenden ist die ziemlich starke Verfestigung. Dieser diagenetische Vorgang ist wohl nachträglich eingetreten und zwar nur in diesen Schichten, weil hier viel weniger Tonteilchen der Bindung hindernd im Wege standen. Der Ausdruck Mergelsandstein scheint dann allerdings von diesem Gesichtspunkte aus nicht ganz zutreffend zu sein, aber als Zwischengebilde der Mergel könnte man diese Bezeichnung noch gelten lassen. Die plattige Herauswitterung mit vielfach ebenflächiger Begrenzung ist sicher ein Hinweis auf plötzliche Änderung der Sedimentationsbedingungen. Aeolische Ablagerung kommt hier am wenigsten in Frage; der hohe Kalkgehalt und die abgestufte Kornverteilung sprechen dagegen.

Der vierte Typus sind die *Sandmergel*. Sie machen sich in den Molasseprofilen wenig bemerkbar, da sie oft Übergänge bilden. In einzelnen Aufschlüssen erscheinen sie auch als Zwischenlagerungen der Glimmersandsteine. Im Zusammenhang mit diesen ist der Kalkgehalt gering. Die Analysen von 20 Proben lieferten das Zahlenmaterial für die Mittelwerte und die graphischen Darstellungen auf Tafel 3, Fig. 3. Die Flächendiagramme lassen zwei Gruppen erkennen: Erstens eine solche, bei der noch Kummulierung einer Fraktion sichtbar wird, wie das bei den Proben aus Zwischenlagerungen



der Glimmersandsteine der Fall ist. Zweitens eine Gruppe, wo zwei Fraktionen oder sogar drei annähernd gleich kummuliert sind. Während bei den Mergelsandsteinen die Kummulierung immer noch in der IV. Fraktion liegt, ist das bei den Sandmergeln nur noch vereinzelt der Fall. Der Schwerpunkt liegt mehr in der III. Fraktion, was auch dadurch zum Ausdruck kommt, dass die beiden Werte  $d$  und  $d'$  in ihr vorkommen. Wendet man diese Charakterisierung auf alle vier Typen an, so ergibt sich folgende Tabelle:

	$d$	$d'$	$d''$
Kalksandstein unmittelbar über Mergel . .	V.	V.	V.
Kalksandstein homogen 4–5 m mächtig . .	IV.	IV.	IV.
Glimmersandsteine . . . . .	IV.	IV.	IV.
Mergelsandstein . . . . .	IV.	III.	IV.
Sandmergel . . . . .	III.	III.	IV.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Auswertung der schlämmanalytischen Resultate keine auffälligen Charaktermerkmale ergibt, was namentlich für die Glimmer- und Kalksandsteine gilt. Die Hoffnung, dass sich der Sedimentationsvorgang als ursächlicher Bildungsfaktor dieser Typen in den Körneranteilen spiegeln werde, hat sich nur wenig erfüllt. Es war besonders auch keine eindeutige Wirkung von Luftaufbereitung festzustellen. Zusammenfassungen von Proben in vertikaler Richtung und Vergleiche ihrer schlämmanalytischen Werte ergaben keine Zusammenhänge und Gesetzmässigkeiten. Besser war das mit solchen in horizontaler Richtung, wo dann die gleichbleibende Kornmischung sichtbar wurde oder eine stetige Änderung in Erscheinung trat. Aus tieferen Molasseschichten stammen Proben, die A. v. Moos (Lit. 15) schlämmanalytisch behandelt hat. Auch auf seiner Tafel 7 kommt das unregelmässigere Korngemisch, d. h. unstetiger Verlauf der einzelnen Körnerklassen gegen die stark besetzte Fraktion zur Geltung wie in unsern tortonischen Schichten.

Bei den Diluvialsanden (Tafel 3, Fig. 5) wird man Grob- und Feinsand unterscheiden, welche beide in der IV. Fraktion kummuliert sind, aber ihren Schwerpunkt im Flächendiagramm auf ungleicher Seite haben. Als dritte Art kommt noch der Lehmsand in Betracht, der schlämmanalytisch dadurch charakterisiert ist, dass gleichzeitig zwei Fraktionen kummuliert sind.

Die best aufbereiteten Molassesandsteine haben ihren mittleren Korndurchmesser bei 0,171. Je kleiner dieser wird, umso mehr steigt oder verschlechtert sich der Aufbereitungsfaktor. Dass unsere tortonischen Sandsteine alle eine starke Kummulierung in der IV. Fraktion aufweisen, weist darauf hin, dass das Edukt schon irgendwie vorbereitet, also schon vor der Verwitterung ein Sand-

stein gewesen ist. Noch andere Anzeichen sprechen dafür, dass in erster Linie die Sandsteinzonen der subalpinen Molasse die Schuttlieferanten für unsere tortonischen Schichten gewesen sind.

#### d. Karbonatgehalt

(siehe Tafel IV)

Wie bereits früher mitgeteilt worden ist (S. ...) lassen sich zwischen den einzelnen Schichtgliedern der Molasse zum Teil beträchtliche Unterschiede in bezug auf den Karbonatgehalt feststellen. Die genauere Untersuchung ergab die Notwendigkeit, beim Karbonatgehalt einen Kalk- und einen Dolomitanteil zu unterscheiden. Die Bestimmung wurde in einem Passon-Apparat vorgenommen, und zwar wurde der Kalkanteil mit 10%iger Essigsäure, der Dolomitanteil mit 10% Salzsäure gelöst. Der Unterschied zwischen dieser angenäherten Bestimmungsmethode und der genauen chemischen Analyse beträgt 1—2,5%, eine Differenz, die vernachlässigt werden darf.

Die Resultate der Karbonatbestimmung wurden nach folgendem Schema gruppiert:

	Kalk:Dolomit
I. Gruppe: Karbonatgehalt (klein (1—15%) . . .	1 : 1
II. Gruppe: Karbonatgehalt mittel (15—40%) a)	1 : 1
b)	m : 1
c)	1 : m
III. Gruppe: Karbonatgehalt gross (40 u. mehr%) a)	1 : 1
b)	m : 1
c)	1 : m

Für die I. Gruppe wurde keine weitere Unterteilung durchgeführt, weil ein starkes Überwiegen der einen oder andern Komponente doch nicht in Frage kommt. Es zeigte sich denn auch, dass am Karbonatanteil beide Komponenten fast immer gleichwertig teilnehmen.

Von Gesteinen der thurgauischen Molasse wurden 148 Karbonatanalysen ausgeführt; die Ergebnisse dieser Untersuchung sind in nachfolgender Tabelle zusammengestellt.

Karbonat- Gehalt	Kalk Dolo- mit	Glim- mer- sand- stein	Kalksandstein			Mer- gel- sand- stein	Sand- mergel	plast- ische Mergel	Kalk- mergel	bitu- minöse Mergel
			knaue- rig	massig	plattig					
klein	1 : 1	30					1			
mittel	1 : 1	1		4			2	2		
	m : 1	1	1	2		1	2		1	1
	1 : m	2	1	1	1					1
gross	1 : 1		5	2		1			1	
	m : 1		9	5	3	5			7	
	1 : m		13	23	11	2	4		2	

Diese Zusammenstellung ist in bezug auf die pelitischen Gesteine noch ergänzungsbedürftig.

Für die einzelne Gesteinsgruppe ist der Karbonatgehalt ein charakteristisches Merkmal. Die geographische Verteilung der Karbonatgruppen im Kartengebiet ist infolge der häufigen Wechsellagerung der Gesteine abhängig vom mengenmässigen Auftreten der Gesteinsarten.

So hat die I. Gruppe ihre Hauptverbreitung, am Schienerberg (vgl. „Spezialkarte 2“ und „Schematisches Profil“, Nordrand links), denn in eben diesem Gebiet hat der *Glimmersandstein* seine grösste Ausdehnung. Vom Schienerberg SE-wärts gegen den Seerücken nimmt der Glimmersandstein ab und verschwindet auf der S-Seite dieses Berges ganz. Glimmersandstein tritt im W am Brühlberg bei Winterthur nochmals auf. Zu I. Gruppe gehören auch die als Zwischenlagerung der Glimmersandsteine auftretenden Sandmergel.

Die II. Gruppe, umfassend Gesteine mit 15—40% Karbonat, ist eigentlich mehr ein Übergangsglied. Man erkennt das daran, dass in derselben alle Gesteinsarten vertreten sind, und im Kalk-Dolomitverhältnis alle drei Möglichkeiten sich in ungefähr gleicher Stärke einstellen. Die hauptsächlichste Verbreitung findet die II. Gruppe am S-Hang des Seerückens und am Wellenberg, also in der Mittelzone des Gebietes.

Am wichtigsten ist die III. Gruppe, weil hier infolge des allgemeinen Reichtums an Karbonat das Kalk-Dolomitverhältnis stärker hervortritt und deutlich bestimmte Gesteinsarten charakterisiert.

Die meist harten *Mergelsandsteine* verdanken ihre Kalkvornacht dem reichlich vorkommenden Bindemittel; ebenso die Kalkmergel. Die karbonatreichen *Sandmergel* haben immer hohen Dolomitgehalt. Unter den eigentlichen *Kalksandsteinen* zeigen die massigen und plattigen Varietäten ein starkes Vorherrschen des

Dolomitanteils. Gegen S und SW (Schauenberg, S ausserhalb des Blattes), häufen sich die Proben mit hohem Dolomitgehalt. Innerhalb des Schichtverbandes steigt diese Komponente auch mit Annäherung gegen die Nagelfluh. Wir haben also in unsern tortonischen Schichten karbonatreiche Sandsteine mit Dolomitvormacht und damit eine Mineralkummulierung, die darauf hinweist, dass als Herkunftsgebiete nur diejenigen alpinen Bauelemente in Betracht kommen können, welche Dolomit in grosser Menge enthalten, und das ist unmittelbar die subalpine Molasse und mittelbar die Silvretta-Decke.

### c. Kombinierte Analyse

(siehe Tafel IV)

Wie bereits mehrfach erwähnt, treten in der thurgauischen Molasse Mergel und Sandsteine in unerschöpflicher Wechsellagerung sowohl in horizontaler wie auch in vertikaler Richtung auf. Die Übergangszonen vom einen zum andern Gesteinstyp sind schmal, die Grenzen fast immer deutlich zu sehen. Die einzelnen Schichttypen sind in frischen Aufschlüssen verhältnismässig leicht auseinander zu halten. Probereihen, auf 1 dm Distanz genommen, zeigen selten kontinuierliche Übergänge. Die Bildungsräume scheinen ihren jeweiligen Charakter plötzlich gewechselt zu haben.

Bei den Profilaufnahmen stellte sich das Bedürfnis ein, die wichtigsten Mergel- und Sandsteintypen etwas genauer nach ihren physikalischen und chemischen Eigenschaften zu differenzieren und auseinanderzuhalten. Das, was aus makroskopischen Befunden hervorgeht, sollte durch quantitative Untersuchungen zahlenmässig gestützt werden.

Unter der Voraussetzung, dass es sich bei dem vorliegenden Material um Stoffsysteme handelt, bei deren Bildung drei Hauptfaktoren im Spiel waren, nämlich:

1. die *chemische Reaktionsfähigkeit* des Kalkanteils,
2. die *kolloidale Adsorptionsfähigkeit* der kleinsten Ton-, Quarz- und Bitumenteilchen,
3. die *mechanische Sedimentation* der grössern Masseteilchen,

ist es wohl berechtigt, eine Aufteilung in eine *Karbonat-*, eine *Ton-* und eine *Körnerkomponente* vorzunehmen. Wie die nachfolgenden Resultate zeigen, ist es tatsächlich möglich, den ganzen Variationsbereich vom Süsswasserkalk über die Mergelgruppe bis zu den Sandsteinen zahlenmässig so zu erfassen, dass jeder Typus charakterisiert ist.

Die Aufteilung in die drei Komponenten erfolgt nach der Methode der kombinierten Analyse. Das lufttrockene Material wird

mit dem Pistill zerdrückt bis es feinsandig ist. Nach gehöriger Durchmischung werden davon 10 g eingewogen und im Becherglas mit 10% Salzsäure versetzt. Die Salzsäure lässt man 2 Stunden einwirken und schüttet dann die klare Lösung ab. Der Rest wird mit viel Wasser versetzt und wieder bis zum Klarwerden stehen gelassen, nachher abgegossen und auf abgewogenem Filter filtriert. Filter und Rückstand werden dann auf einer Glasplatte ausgebreitet und getrocknet. Ist der lufttrockene Zustand erreicht, so wird gewogen und der prozentuale Wert des Karbonatanteils berechnet. Nachher bringt man den Rückstand vom Filter in eine Abdampfschale und kann hier durch Zerreiben und Aufkochen in Wasser die Aufbereitung zum Abschlämmen vornehmen. Im Schlammbecher wird dann das feine Material bis zur Korngrösse 0,05 mm entfernt und der Körneranteil im lufttrockenen Zustand wieder gewogen und umgerechnet.

Kontrollversuche hinsichtlich Verwendung von kalter und heisser Salzsäure haben gezeigt, dass im letztern Fall der Karbonatanteil nur um 1% höher ausfällt. Diese Differenz vermag aber die Charakterisierung der Typen nicht wesentlich zu ändern. Wichtiger waren mir noch die Kontrollversuche betreffs Konstanz der Analysenwerte bei gleichem Material. Je vier Parallelversuche von einem Knauersandstein und einem kalkreichen Mergel ergaben Differenzen, die die zahlenmässigen Charaktermerkmale nicht verschleiern.

Die Resultate von 281 Proben lassen sich besonders eindrucksvoll im Fraktionsdreieck (Tafel IV) zur Darstellung bringen. Man erkennt daraus, wie jeder Typus sein bestimmtes Feld einnimmt. Der Typenmittelwert charakterisiert die Lage des Feldes. Aus dem Streuungsgebiet der Einzelresultate lässt sich ersehen, bei welchen Typen Übergangsmöglichkeiten bestehen und bei welchen nicht.

Zu den einzelnen Typen ist noch folgendes zu bemerken: Vom Süsswasserkalk ist die *Seekreide* als besondere Gesteinsart abzutrennen, da die kombinierte Analyse neben dem Kalkanteil nur noch ölartige Bitumen liefert. Der helle Fossilhorizont von Oehningen ist eine solche Seekreide, und als entsprechende Schicht wurde im Eggmühletobel [711,1/277,3] am N-Hang des Seerrückens ein schmales Gesteinsband im Glimmersandstein entdeckt (siehe Kapitel Tektonik). Die eigentlichen *Süsswasserkalke* sind als dm-mächtige Schichten in den Profilen und Aufschlüssen im N vereinzelt und gegen S und E häufiger anzutreffen. Sie bilden meist Liegendes und Hangendes der hellgrauen *Kalkmergel*, können aber auch als Zwischenlagerungen der Nagelfluh auftreten. Die hellgrauen Kalkmergel finden sich ebenso sporadisch wie der Süsswasserkalk. Mächtiger und häufiger sind die *rötlich-gelbbraunlichen*

*Mergel* entwickelt. Ihr Kalkanteil ist noch grösser als der Tonanteil, sobald aber die Farbe intensiver wird, kann man mit Sicherheit damit rechnen, dass der Tonanteil überwiegt, und das Gestein damit in die Gruppe der *plastischen Mergel* zu stellen ist. Dazu gehören auch die homogen graugrün, oder blaugrau, oder fast ziegelrot gefärbten Mergel. Auffällig gefärbte Mergel lassen immer die Deutung zu, dass der Tonanteil den Kalkanteil überwiegt. Ihre Farbe liegt in äusserst fein verteilter Substanz, die durch die kolloidal wirkenden Teilchen gebunden ist. Besondere Aufmerksamkeit wird man dem Körneranteil der plastischen Mergel zuwenden müssen, da hier die Bedingungen für Mineralneubildungen günstig sind. Im plastischen Mergel des Bornhausertobels (NW-Ecke des Kartenblattes) sind z. B. winzige Pyritdrusen als Neubildungen festgestellt worden.

In diese Gruppe mit Vormacht der kolloidalen Teilchen gehören auch die *bituminösen Mergel*. Dabei ist zwischen den Kohlenmergeln und jenen mit eigentlichem Bitumengehalt zu unterscheiden. Färbende Substanz ist für beide die Kohle in feinsten Verteilung. Von den plastischen Mergeln unterscheidet sie deutlich der höhere Körnergehalt. Dieser ist zum grössten Teil dadurch bedingt, dass im chemisch und physikalisch heterogenen Medium die Zusammenbackung kleinster Quarzteile zu Körnern begünstigt wird, weil Kohle und Mineral-Teilchen mit ganz verschiedener Oberflächenspannung nebeneinander liegen. Im Schichtverbände sind die schwärzlichen und bräunlichen Mergel zwischen die andern eingelagert; sie schliessen Mergelschichtfolgen mit diesem Typus ab.

Als *Mergelsteine* werden Gesteine bezeichnet, die ziemlich stark verfestigt sind und erdig feinen Bruch aufweisen. Gerade dieses Merkmal wegen gehören sie noch nicht zu den kompakten Sandsteinen. Vormacht des Karbonatanteils ist begreiflich. Der höhere Körnergehalt stellt sie ausserhalb der eigentlichen Mergel, trotzdem die Variationsbreite ziemlich gross ist. Ihre Lage im Dreieck bringt deutlich zum Ausdruck, dass Übergänge einerseits zu den kalkreichen Sandmergeln und andererseits zu den Knauer-sandsteinen bestehen. Bei den *kalkreichen Sandmergeln* herrscht Kalkvormacht. Karbonatbestimmungen bei der III. und IV. Fraktion der Schlämmanalysen von Knauersandsteinen und Sandmergeln haben ergeben, dass 40—50% der Körner salzsäurelöslich sind. Die karbonatreichen Sandmergel bilden in vielen Profilen das Liegende der eigentlichen Mergel und das Hangende der Knauer-sandsteine.

Die *kalkarmen Sandmergel* stehen im Zusammenhang mit den Glimmersandsteinen. Ihre Kalkarmut deutet auf ähnliche Bildungsbedingungen. Makroskopisch sind sie etwas schwierig festzustellen,

denn die Muskowitblättchen, die auf Kalkarmut hinweisen, können auch fehlen. Die konstanteste Komponente ist Karbonat, während die beiden andern ziemlich variieren können, ohne den Charakter ihres Typus zu verlieren.

Auffällig sind im Schichtkomplex besonders die *Knauer-sandsteine*. Ihre Mächtigkeit schwankt zwischen 1 und 10 m, am häufigsten um 4 m. Meistens bilden sich Knauern, wobei rundliche, härtere Gesteinspartien von lockeren Zonen umgeben sind. Oft treten die härteren Massen auch in Platten und gelegentlich in Quaderform auf. Die Analyse ergibt als konstantesten Teil die Tonkomponente, indes die beiden andern einen ziemlichlichen Variationsbereich haben. Übergangstypen zu Glimmersandsteinen und zu kalkreichen Sandmergeln sind häufig beobachtet worden.

Das Endglied der Reihe sind die *Glimmersandsteine*. Diese Schichten sind in den Profilen am Schienerberg, am N- und S-Hang des Seerückens zu finden, während sie am Ottenberg und S der Thur nicht mehr vorhanden sind. Makroskopisch am Muskowitgehalt und an der lockeren Bindung erkennbar, verraten sie in der Analyse besonders starke Körnervormacht neben geringem Kalk- und Tongehalt. Ist der Sandstein von Eisenhydroxyd-Adern oder -Linsen durchsetzt, so verringert sich der Karbonatanteil und in gleichem Masse vermehrt sich der Tonanteil. Das Eisenhydroxyd ist kolloidal an Tonteilchen gebunden. Es stellt sich hier die Frage, ob die kalkarmen Glimmersandsteine und Sandmergel vielleicht nach ihrer Ablagerung entkalkt worden sind, also durch den Verwitterungsprozess umgebildet wurden. Nach meinen Beobachtungen ist das ausgeschlossen; denn diese Schichten sind auch in der Tiefe überall gleich arm an Karbonat und sind in dieser Hinsicht sehr homogen. Wie im entkalkten Löss müssten sich auch hier konkretionäre Anreicherungen finden, dies ist aber nicht der Fall. Die Entkalkung ist während der Ablagerung erfolgt und nicht nachher.

Die kombinierte Analyse, wie auch die Untersuchung der Sande auf schwere Mineralien, lassen erkennen, dass für den Sedimentationsvorgang des tortonischen Schichtkomplexes drei Bildungsräume nebeneinander anzunehmen sind.

1. Eine *küstennahe Schwemmzone*, wo im gleichsinnig bewegten Wasser Sand und Geröll zur Ablagerung kam;
2. Eine *anschliessende Sinkzone*, wo im ruhigen Wasser die feinen Ton- und Kalkteilchen sich setzten;
3. Eine *Aufbereitungszzone*, wo im Hin und Her des Wellenganges eine Entmischung, Sortierung, Anreicherung der schweren Mineralien und wahrscheinlich auch eine Entkalkung stattfand.

In der Aufbereitungszone sind die Glimmersande entstanden und an der Grenze gegen die Sinkzone die kalkarmen Sandmergel. Da aber das Material nur aus der Schwemmzone stammen kann, wird man annehmen müssen, dass die Aufbereitungszone in die Schwemmzone übergegriffen hat. Man kann auch dort, wo die Knauersandsteine im Entstehen waren, bereits die Spuren der Aufbereitung erkennen. Wenn Schwemmzone und Aufbereitungszone gleichzeitig in entgegengesetzter Richtung auseinander streben, bildete sich im Zwischengebiet eine Sinkzone als Bildungsraum der Mergel und zwar besonders dann, wenn das Wasser von der Schwemmzone her mit seinem Material die Oberhand hatte. Kam aber in diesem Raum auch das kalkgesättigte Wasser vom Aufbereitungsgebiet zur Geltung, so waren die Bedingungen zu Mergelstein- und Süßwasserkalkbildungen vorhanden. blieb die Sinkzone nach beiden Seiten abgeschlossen, so war Seekreidebildung möglich. Da sich die drei Bildungszonen horizontal immer wieder gegeneinander verschoben haben müssen, ist es ausgeschlossen, dass auch nur in zwei benachbarten Profilen eine gleiche Schichtfolge angetroffen werden kann.

Aus all diesen Beobachtungen und Untersuchungen ergibt sich als Resultat, dass unsere flachgelagerte, thurgauische Molasse nicht das Produkt einer einfachen, weiträumigen Sedimentation ist, sondern eines recht komplexen Ablagerungsvorganges, dessen Einzelphasen in mannigfaltigem Wechsel ineinandergriffen und einander überlagerten.

## LITERATURVERZEICHNIS

### a. Texte

1. P. BECK: Über das schweiz. und europ. Pliozän und Pleistozän. *Eclogae geol. Helv.* Vol. XXVI. 1933.
2. E. BÖHNDEL: Die obere Süßwassermolasse in der Umgebung des Untersees. *Diss. Freiburg i. Br.* 1916.
3. R. FREI: Monographie des schweizerischen Deckenschotters. *Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz, N. F., Liefg. 37.* 1912.
4. J. FRÜH: Beiträge zur Kenntnis der Nagelfluh der Schweiz. *Denkschr. Schweiz. Natf. Ges.* 30. 1890.
5. J. FRÜH: Zur Morphologie des untern Thurgau. *Mitt. d. Thurg. natf. Ges., Heft 17.* 1906.
- 5a. J. FRÜH: Die beiden Deckenschotter auf dem westlichen Seerücken zwischen Untersee und Thurtal. *Mitt. d. Thurg. Naturj. Ges. Heft 19.* 1910.



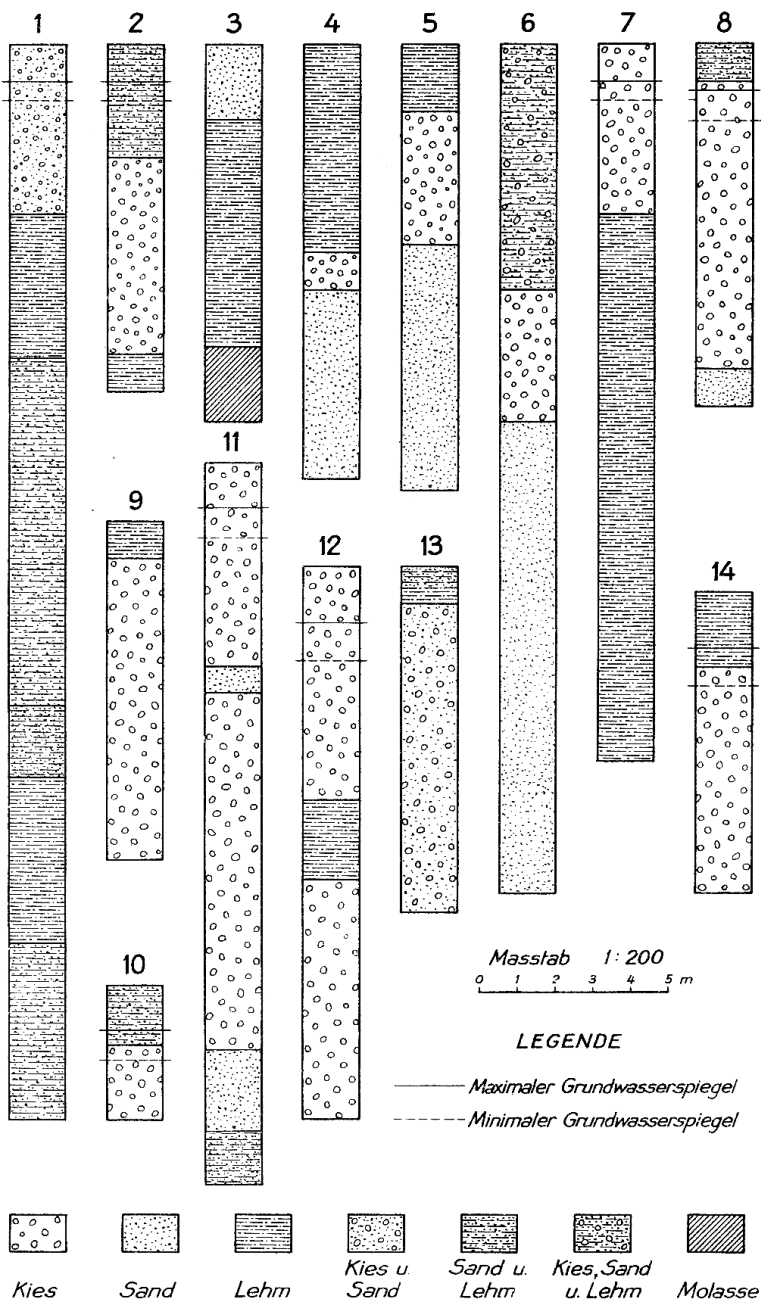
6. E. GEIGER: Petrographische Untersuchungen an kristallinen Geröllen des Jüngern Deckenschotter. *Mitt. d. Thurg. Naturf. Ges.*, Heft 27. 1928.
7. E. GEIGER: Die Zusammensetzung thurgauischer Schotter. *Mitt. d. Thurg. Natf. Ges.*, Heft 28. 1930.
8. E. GEIGER: Petrographie der Molasse. *Mitt. d. Thurg. Natf. Ges.*, Heft 29. 1933.
9. A. GUTZWILLER u. F. SCHALCH: Geol. Beschreibung der Kantone St. Gallen, Thurgau und Schaffhausen. *Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz*, Liefg. 44. 1883.
10. A. HEIM: Geologie der Schweiz. *Bd. I.* 1919.
11. J. KNAUER: Über das Alter der Moränen der Zürich-Phase im Linthgletschergebiet. *Abh. d. geol. Landesunters. d. Bayr. Oberberg-amtes* Heft. 33. 1938.
12. L. KÖLBL: Aufbereitung fluviatiler und äolischer Sedimente. *Tschermaks Min. Petr. Mitt.*, Heft 41. 1931.
13. R. LEMANN: Stratigraphie im Obermiozän Südwestdeutschlands. *Neues Jahrb. f. Min. Geol. u. Paläont. Beilagebd. LXIII. Abt. B.* 1929.
14. E. LETSCH: Die schweizerischen Molassekohlen östlich der Reuss. *Beitr. z. Geologie d. Schweiz. Geotech. Serie, Liefg. 1.* 1899.
15. A. VON MOOS: Sedimentpetrographische Untersuchungen an Molassesandsteinen. *Schweiz. Min. Petr. Mitt.*, Bd. XV, Heft 2. 1935.
16. P. NIGGLI: Die Charakterisierung der klastischen Sedimente nach der Kornzusammensetzung. *Schweiz. Min. Petr. Mitt.*, Bd. XV, Heft 1. 1935.
17. A. PENK und ED. BRÜCKNER: Die Alpen im Eiszeitalter. *Leipzig* 1909.
18. H. RENZ: Zur Geologie der östlichen, st. gallischen-appenzellischen Molasse. *Jahrb. St. Gall. Natwiss. Ges. Bd. 69.* 1937–1938.
19. W. SCHMIDLE: Zur Kenntnis der Molasse und der Tektonik am nordwestlichen Bodensee. *Zeitschr. d. deutschen geol. Ges.*, Bd. 63. 1911.
20. B. TIEDEMANN: Über das Wandern des Sandes im Küstenraum des Samlandes. *Mitt. d. preuss. Versuchsanstalt f. Wasserbau*, Heft 5. 1930.
21. A. WEBER: Der Grundwasserstrom im Thurtal. *Mitt. d. Thurg. Natf. Ges.*, Heft 25. 1924.
22. H. WEGELIN: Mineralische Funde und Versteinerungen im Thurgau. *Mitt. d. Thurg. Natf. Ges.*, Heft 26. 1926.
23. L. WILD: Kohlenausbeutung im Staatsgebiet Kalchrain. *Mitt. d. Thurg. Natf. Ges.*, Heft 23. 1917.

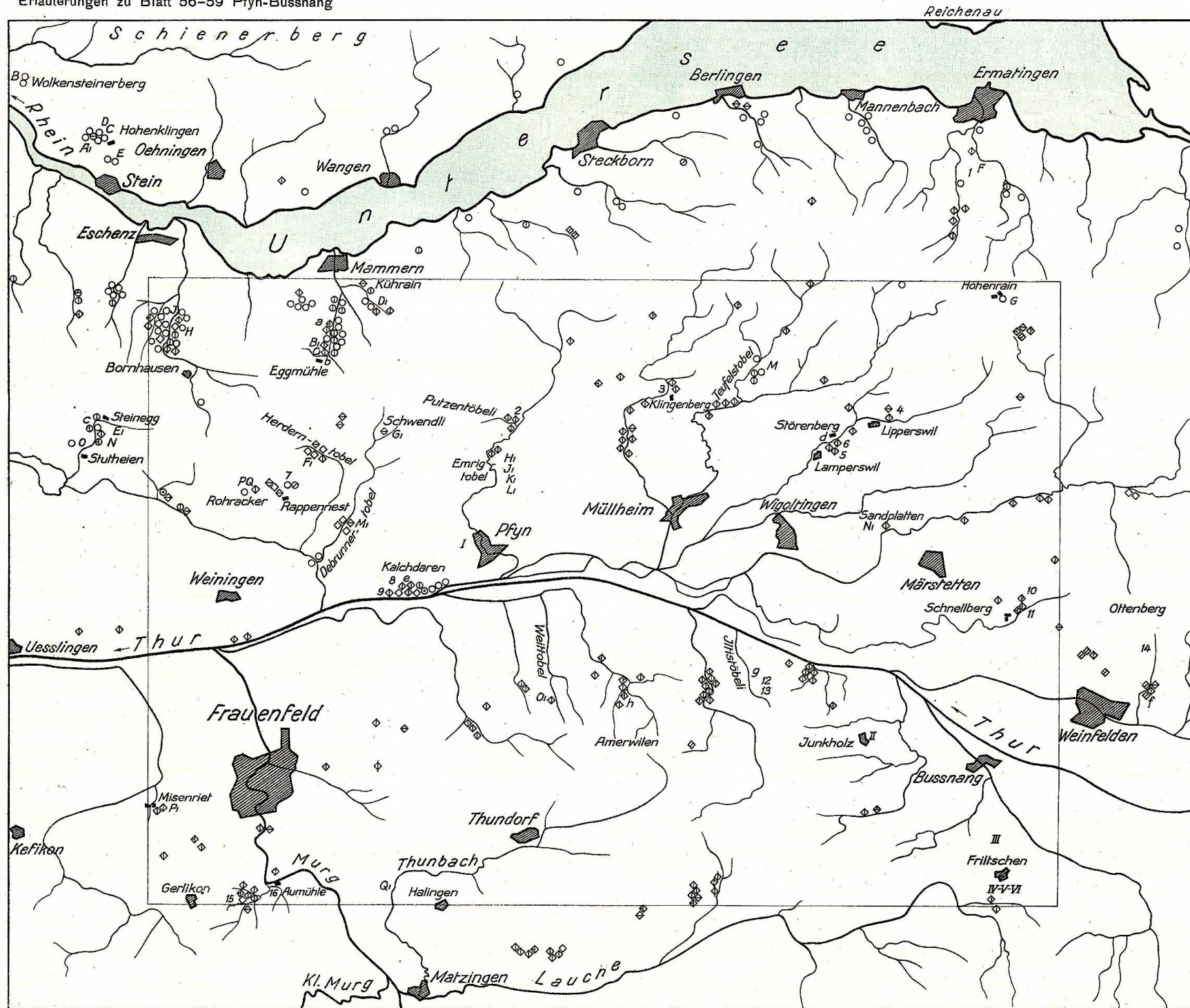
24. TH. ZINGG: Beitrag zur Schotteranalyse. *Schweiz. Min. Petr. Mitt.*, Bd. XV., Heft 1. 1935.

b. Geologische Karten.

1. Geologische Karte der Schweiz 1:100'000, Blatt IV, Frauenfeld-St. Gallen, von A. GUTZWILLER, F. SCHALCH und J. SCHILL 1879.
  2. Geologische Karte des Kantons Zürich und der Nachbarkantone 1:150'000, zusammengestellt von H. SUTER 1939.
-

Profile von Grundwasserbohrungen in der Thurebene





**Verteilung der Schwerminerale in der Molasse  
des Gebietes von Blatt Pfyn-Bussnang und Umgebung  
und Entnahmestellen von Proben für Schlämmanalysen**

von E. Geiger

Masstab 1:100.000

- Granat und Magnetit sind Hauptgemengteile  
Granat vorherrschend
- ⊙ Granat Epidot
- ⊖ Granat Zirkon
- ⊗ Granat Staurolith
- ⊕ Granat Epidot Zirkon
- ⊗ Granat Zirkon Epidot
- ⊕ Granat Epidot Staurolith
- ⊙ Granat Rutil
- ◇ Magnetit und Granat sind Hauptgemengteile  
Magnetit vorherrschend
- ◇ Magnetit Epidot
- ◇ Magnetit Zirkon
- ◇ Magnetit Staurolith
- ◇ Magnetit Epidot Zirkon
- ◇ Magnetit Zirkon Epidot
- ◇ Magnetit Epidot Staurolith
- ◇ Epidot Magnetit

- A-Q Schlämmanalysen von Glimmersandstein
- 1-16 Schlämmanalysen von knauerigen Kalksandsteinen
- A<sub>1</sub>-Q<sub>1</sub> Schlämmanalysen von Sandmergeln
- a-h Schlämmanalysen von Mergelsandsteinen
- I-VI Schlämmanalysen von Sanden der Moräne

□ Umrandung des geologischen Atlasblattes  
56-59 Pfyn-Bussnang



## Graphische Darstellung von Schlämmanalysen

von E. Geiger

## Ortsbestimmungen der Entnahmestellen von Proben für die Schlämmanalysen

Die Entnahmestellen der Proben von Schlämmanalysen sind so weit möglich auf Tafel 2 eingezeichnet und auf untenstehender Liste durch Angabe ihrer Koordinaten näher bestimmt; für die ausserhalb des Atlasblattes Pfyn-Bussnang liegenden Fundstellen ist ausserdem die Nummer des betreffenden Siegfriedblattes angegeben.

## Proben von Glimmersandsteinen (Fig.1)

A Kohlfirst	Bl. 47	693,5/281,5
B Wolkensteinerberg	Bl. 48	705,2/251,7
C Hohenklingen	Bl. 48	706,6/280,7
D Hohenklingen	Bl. 48	ib. unt. Zone
E Stein a. Rhein	Bl. 48	706,6/280,3
F Ermatingen	Bl. 50	723,5/280,3
G Hohenrain		724,1/277,7
H Bornhausen		708 /277
J Bornhausen		708 /277,3
K Stammheim	Bl. 53	701,9/277,8
L Stammheim, ibidem, 4 m höher		
M Teufelsobel		719,3/276,4
N Steinegg	Bl. 53	706,6/274,8
O Stutheim	Bl. 53	706,4/274,9
P Rohracker		709,5/273,9
Q Rohracker		709,6/273,8

## Proben von knauerigen Kalksandsteinen (Fig.2)

1 Ermatingen	Bl. 50	723 /280
2 Putzentöbeli		714,5/275,3
3 Klingenberg		717,5/275,9
4 Lipperswil		721,7/275,4
5 Lamperswil		720,6/274,9
6 Lamperswil, ibidem, 4 m höher		
7 Rappennest		709,6/274,1
8 Kalchdaren		711,9/272
9 Kalchdaren		711,8/272
10 Schnellberg		724,4/271,7
11 Schnellberg, ibidem, 2 m höher		
12 Illistöbeli		718,8/270,6
13 Illistöbeli, ibidem, 2 m tiefer		
14 Ottenberg	Bl. 62	726,6/271,1
15 Gerlikon		709,6/266,2
16 Aumühle		709,8/266,4

## Proben von Sandmergeln (Fig. 3)

A' Hohenklingen	Bl. 48	706,6/281,6
B' Eggmühle		711,1/276,9
C' Eggmühle		710,9/276,5
D' Kührain		711,9/277,5
E' Steinegg	Bl. 53	706,5/275
F' Herdernobel		710,8/274,6
G' Schwendli		712,0/274,9
H' Emrigtobel, Ob. Abrissrand		714,1/274,6
J' Emrigtobel, ibidem, 2 m unter H'		
K' Emrigtobel, ibidem, 3 m unter J'		
L' Emrigtobel, ibidem, 2 m unter K'		
M' Debrunnertobel		711,3/273,2
N' Sandplatten		721,6/273,3
O' Weittobel		716,4/269,7
P' Misenriet		707,8/267,7
Q' Haltingertobel		712,3/266,3

## Proben v. Mergelsandsteinen (Fig.4)

a Eggmühle		711 /277
b Eggmühle		711 /276,5
c Steinegg	Bl. 53	706,5/275,2
d Störenberg		720,5/274,8
e Kalchdaren		712,8/271,9
f Weinfelden	Bl. 62	726,8/270,5
g Illistöbeli		718,7/270,7
h Amerwilen		716,4/269,3

## Proben von Sanden der Moräne (Fig.5)

I Pfyn		713,7/273,0
II Junkholz		721,2/269,5
III Bussnang		723,8/267,3
IV Friltschen, Grobsand		724,0/266,6
V Friltschen, Feinsand		ibidem,
VI Friltschen, Lehm sand		ibidem,

Fig. 1 Korngemischdiagramme und Aufbereitungsfaktoren aus Schlämmanalysen von Glimmersandsteinen

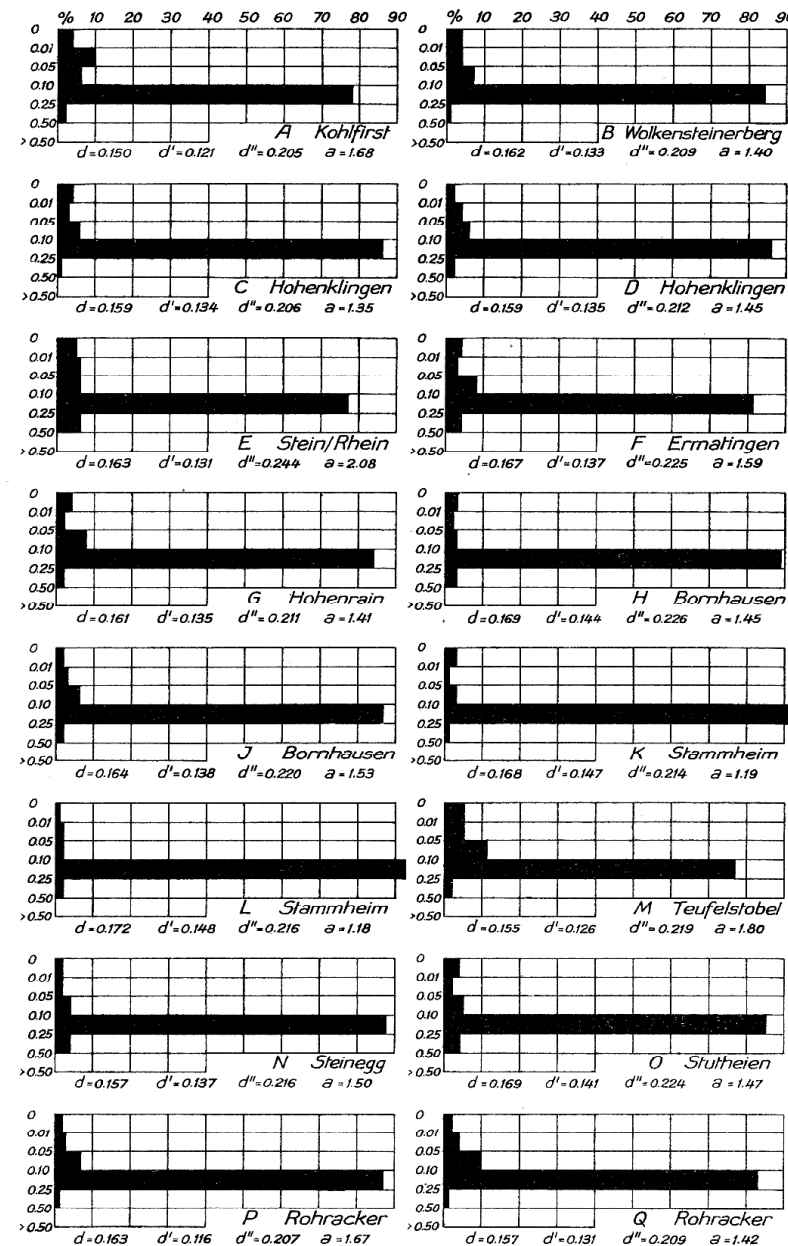


Fig. 2 Korngemischdiagramme und Aufbereitungsfaktoren aus Schlämmanalysen von knauerigen Kalksandsteinen

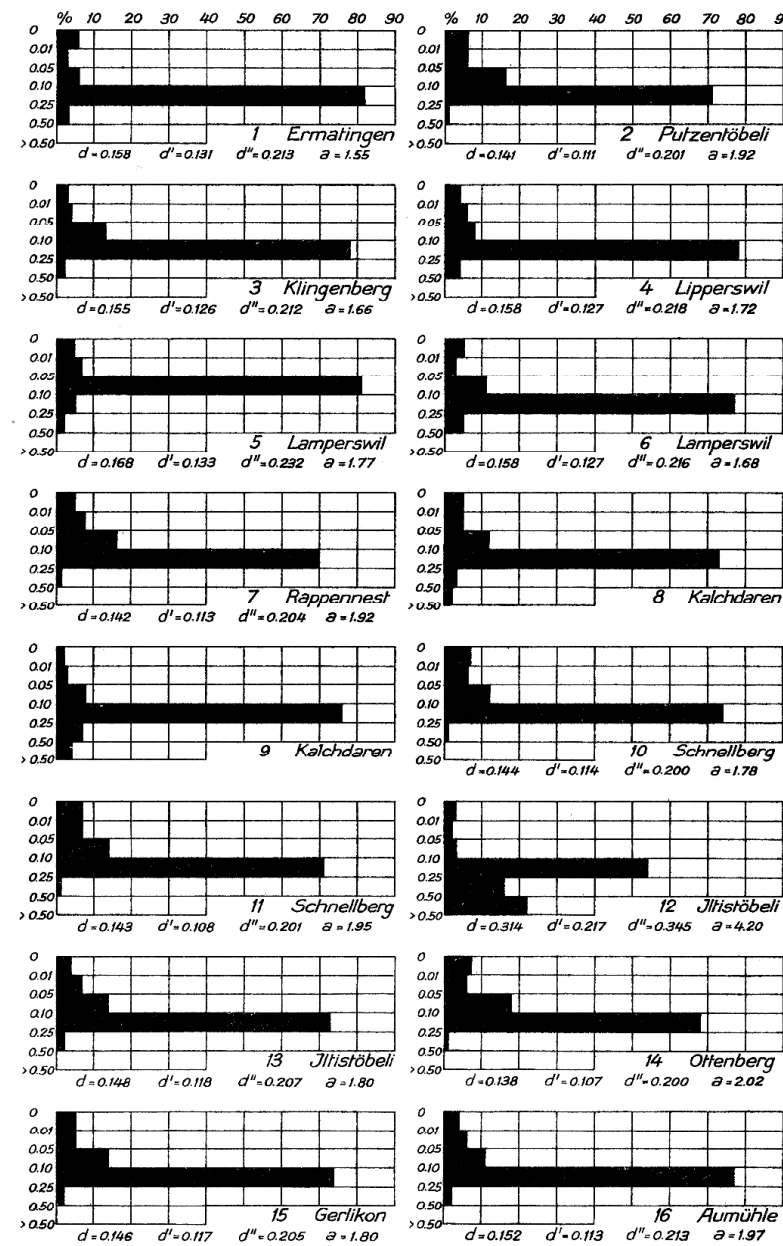


Fig. 3 Korngemischdiagramme und Aufbereitungsfaktoren aus Schlämmanalysen von Sandmergeln

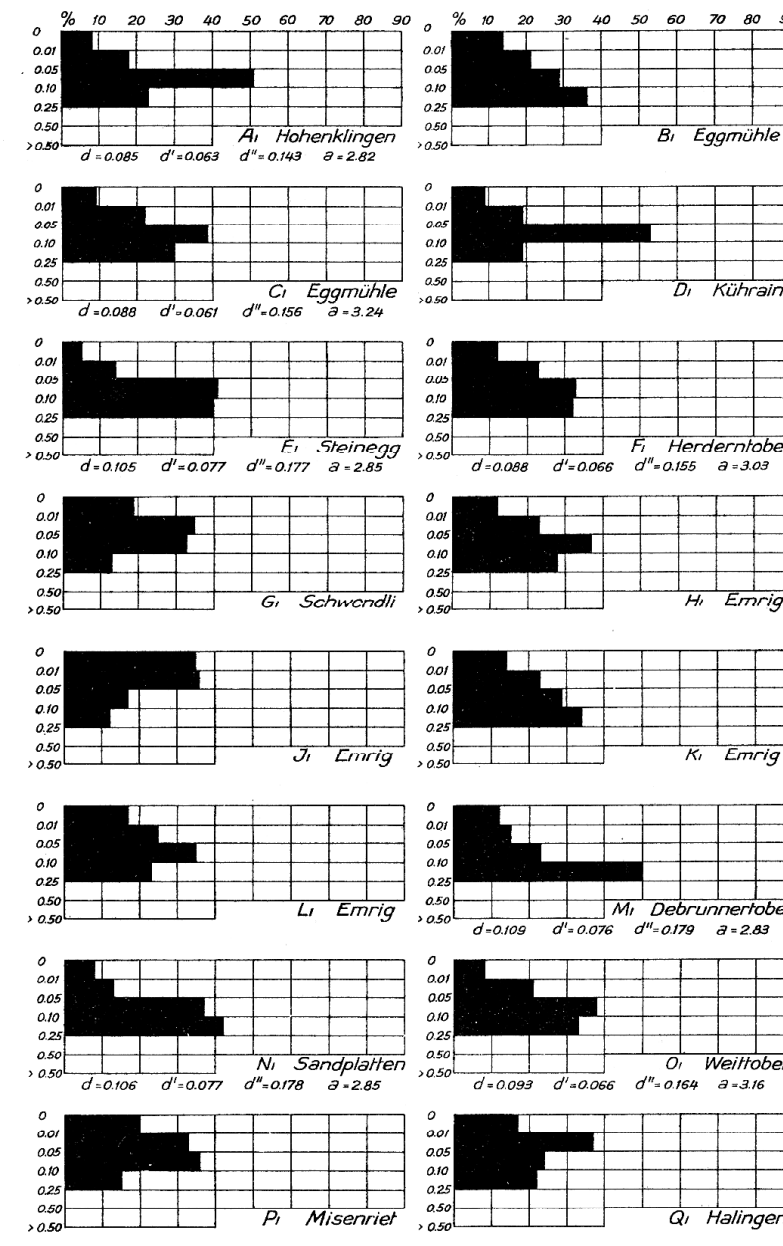


Fig. 4 Korngemischdiagramme und Aufbereitungsfaktoren aus Schlämmanalysen von Mergelsandsteinen

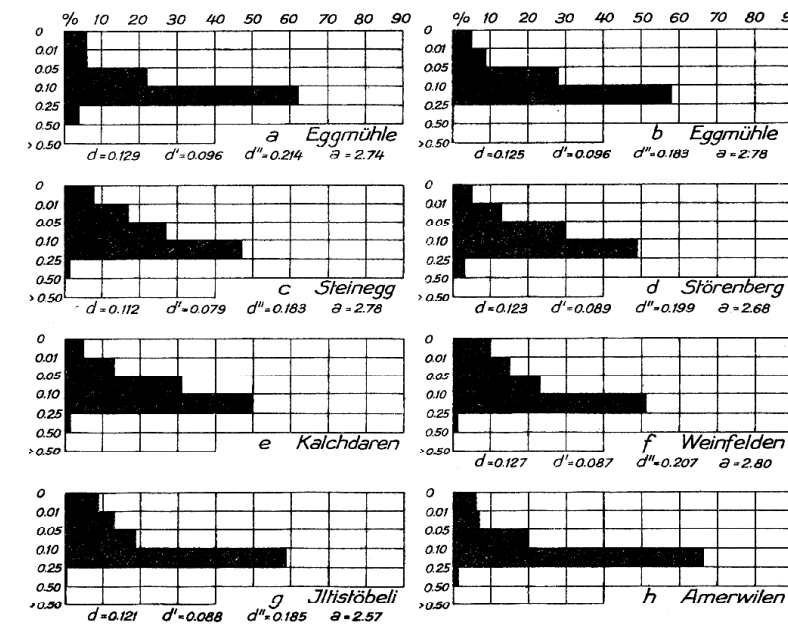
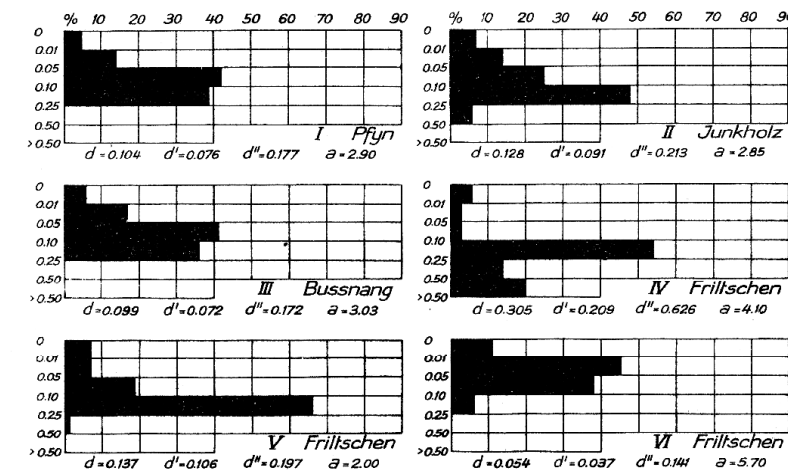
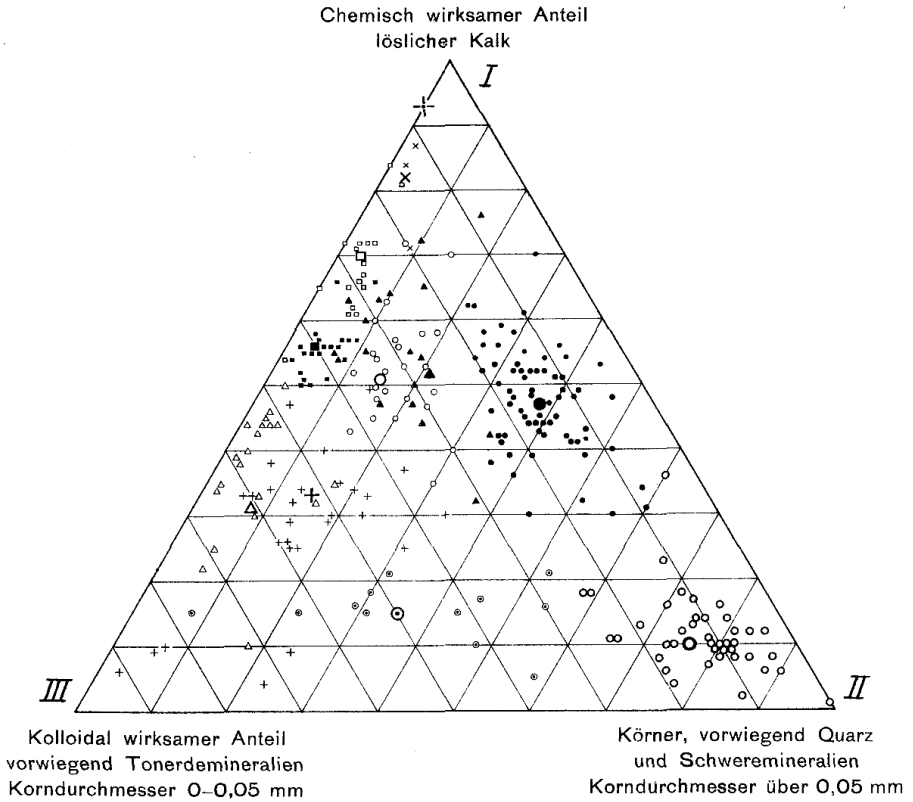


Fig. 5 Korngemischdiagramme und Aufbereitungsfaktoren aus Schlämmanalysen von Sanden der Moräne



# Darstellung der Obern Süsswassermolasse (Tortonien) nach ihren Sedimentationskomponenten



Zeichen für Einzelwerte	Schichtglieder	Mittelwerte			Zeichen
		I	II	III	
	<i>Oehninger Seekreide</i>	93	—	<i>bituminös</i>	+
x	<i>Süsswasserkalk</i>	82	3	15	X
□	<i>Kalkmergel</i>	70	3	27	□
▪	<i>Rötlichgelbe Mergel</i>	56	4	40	■
△	<i>Plastische Mergel</i>	31	8	61	△
+	<i>Bituminöse Mergel</i>	33	15	52	+
○	<i>Kalkreiche Sandmergel</i>	51	15	34	○
▲	<i>Mergelstein</i>	52	21	27	▲
⊙	<i>Kalkarme Sandmergel</i>	15	35	50	⊙
•	<i>Knauersandstein</i>	47	38	15	●
◊	<i>Glimmersandstein</i>	10	76	14	◊