

BEITRÄGE ZUR GEOLOGIE DER SCHWEIZ  
GEOTECHNISCHE SERIE - KLEINERE MITTEILUNGEN

Nr. 23

**Tonmineralogische Untersuchungen  
an Glazialmergeln von Zollikofen und an  
aquitanen Tonen und Mergeln von Pieterlen**

von

**TJERK PETERS**

## **Vorwort der Schweizerischen Geotechnischen Kommission**

An der Sitzung vom 26. November 1960 beschloss die Schweizerische Geotechnische Kommission die von Herrn Prof. E. Niggli vorgelegte Arbeit von T. Peters „Tonmineralogische Untersuchungen an Glazialmergeln von Zollikofen und an den aquitanen Tonen und Mergeln von Pieterlen“ in die Reihe „Kleinere Mitteilungen“ aufzunehmen. Sie bildet eine Teildarstellung von tonmineralogischen Untersuchungen, die vom Mineralogisch-Petrographischen Institut der Universität Bern vor einer Reihe von Jahren in Angriff genommen worden waren. Durch ihr praktisches Interesse sind sie seit 1957 durch die Kommission unterstützt worden. Dem Autor sei für seine Arbeit der beste Dank ausgesprochen.

Für den Inhalt ist der Verfasser allein verantwortlich.

Zürich, den 28. April 1961

Der Präsident der  
Schweiz. Geotechnischen Kommission:

Prof. Dr. F. DE QUERVAIN

Erscheint gleichzeitig in „Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen“, Band 41, Heft 1, 1961

# Tonmineralogische Untersuchungen an Glazialmergeln von Zollikofen und an den aquitanen Tonen und Mergeln von Pieterlen<sup>1)</sup>

Von *Tjerk Peters* (Bern)<sup>2)</sup>

Mit 4 Textfiguren

## Abstract

Specimens of clay from glacial deposits near Bern and molasse deposits near Biel, Switzerland, were investigated by X-ray diffraction, differential thermal analysis, thermobalance and optical methods. The minerals found in the clay fraction are: illite, chlorite, montmorillonite, mixed-layer minerals, quartz, goethite, lepidocrocite, feldspars and calcite. The most important difference between the glacial clays and the molasse clays lies in the presence of montmorillonitic minerals in the molasse clays and the absence in the glacial marl.

Die vorliegende Arbeit bringt die Ergebnisse einiger tonmineralogischer Untersuchungen am Mineralogisch-petrographischen Institut der Universität Bern. Es wurden einerseits Proben aus Glazialablagerungen analysiert, andererseits einige Molasseproben.

Die Proben *quartärer Glazialablagerungen* stammen aus der Tongrube der Ziegelei Zollikofen bei Bern (Koord. 601.5/204.4). Es handelt sich um graue und graublaue, fette Mergel. Darin finden sich vereinzelt oder stellenweise in Linsen angehäuft bis 4 dm<sup>3</sup> grosse, gut gerundete Gerölle. Mergel dieser Art sind in der Umgebung von Bern weit verbreitet. Nach M. LUGEON (1907), der diesen Mergel als Ton bezeichnet, bildet diese Serie einen Teil einer Grundmoräne des Aaregletschers aus der letzten Eiszeit. Ob es wirklich eine eigentliche Grundmoräne ist, scheint

---

<sup>1)</sup> Erscheint gleichzeitig als „Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geotechnische Serie, Kleinere Mitteilungen Nr. 23“.

<sup>2)</sup> Mineralogisch-petrographisches Institut, Universität Bern.

dem Verfasser keineswegs als erwiesen. Eher handelt es sich um eine lacustrische Ablagerung unmittelbar vor oder unter dem Gletscher.

Die *Molasseproben* entstammen der Grube der Ziegel- und Dachsteinwerke Lauper & Cie. in Pieterlen bei Biel. Es handelt sich hier um eine mannigfaltige Wechsellagerung von Sandstein, Ton, buntgefärbten und sandigen Mergeln. Diese ganze Serie wird ins Aquitanien gestellt und als fluvioterrestrische Ablagerung der unteren Süßwassermolasse gedeutet. Etwas durch die Jurafaltung beeinflusst, fallen die Schichten mit  $20^\circ$  gegen S bis SSE ein. Nach SCHWAB (1960) liegen die Gesteine der Laupergrube 250—300 m unter der Grenze des Aquitaniens mit dem Burdigalien; dabei nimmt er als Gesamtmächtigkeit des Aquitaniens 500 m an. Die Proben stammen aus der NW-Ecke der Grube (Koord. 592.230/224.050), wo auch das Profil (Fig. 1) aufgenommen ist.

## I. Untersuchungsmethoden

### a) Aufbereitung

Eine trocken eingewogene Menge Ton wurde in 0,01 n Ammoniaklösung aufgeschlämmt, worauf diese Suspension mehrere Tage in rotierenden Flaschen geschüttelt wurde. Nachher erfolgte eine Abtrennung der Fraktion  $> 100 \mu$  in einem Sieb. Die weitere Aufteilung der Fraktionen  $100-63,5 \mu$ ;  $63,5-20 \mu$ ;  $20-6,3 \mu$ ;  $6,3-2 \mu$ ;  $< 2 \mu$  fand durch Sedimentation in Atterbergzylindern statt. Die Fraktionen  $< 2 \mu$  einiger Proben konnten mit Hilfe der „Cepa“-Ultrazentrifuge (vergleiche K. JASMUND, 1939/40) noch in die Fraktionen  $2-0,5 \mu$  und  $< 0,5 \mu$  aufgeteilt werden.

### b) Korngrößenanalyse

Die Korngrößenverteilung wurde mit Hilfe einer „Sartorius“-Sedimentationswaage bestimmt, die für Analysen des Bereiches  $40-1 \mu$  gebaut ist. Von der Tonprobe musste vorerst die Fraktion  $> 40 \mu$  mit Hilfe eines Atterbergzylinders abgetrennt werden. Vom Rest wurde eine bestimmte Menge eingewogen und sehr lange in rotierenden Flaschen geschüttelt. Von jeder so präparierten Probe mussten zwei Aufnahmen gemacht werden: eine mit einer Sedimentationsdauer von 24 Stunden, wobei man den Korngrößenbereich von 40 bis  $2 \mu$  erhält, und eine von 72 Stunden, die den Korngrößenbereich bis  $1 \mu$  erfasst, wobei der erste Teil der Kurve bis  $1 \mu$  mit der ersten Aufnahme übereinstimmen muss.

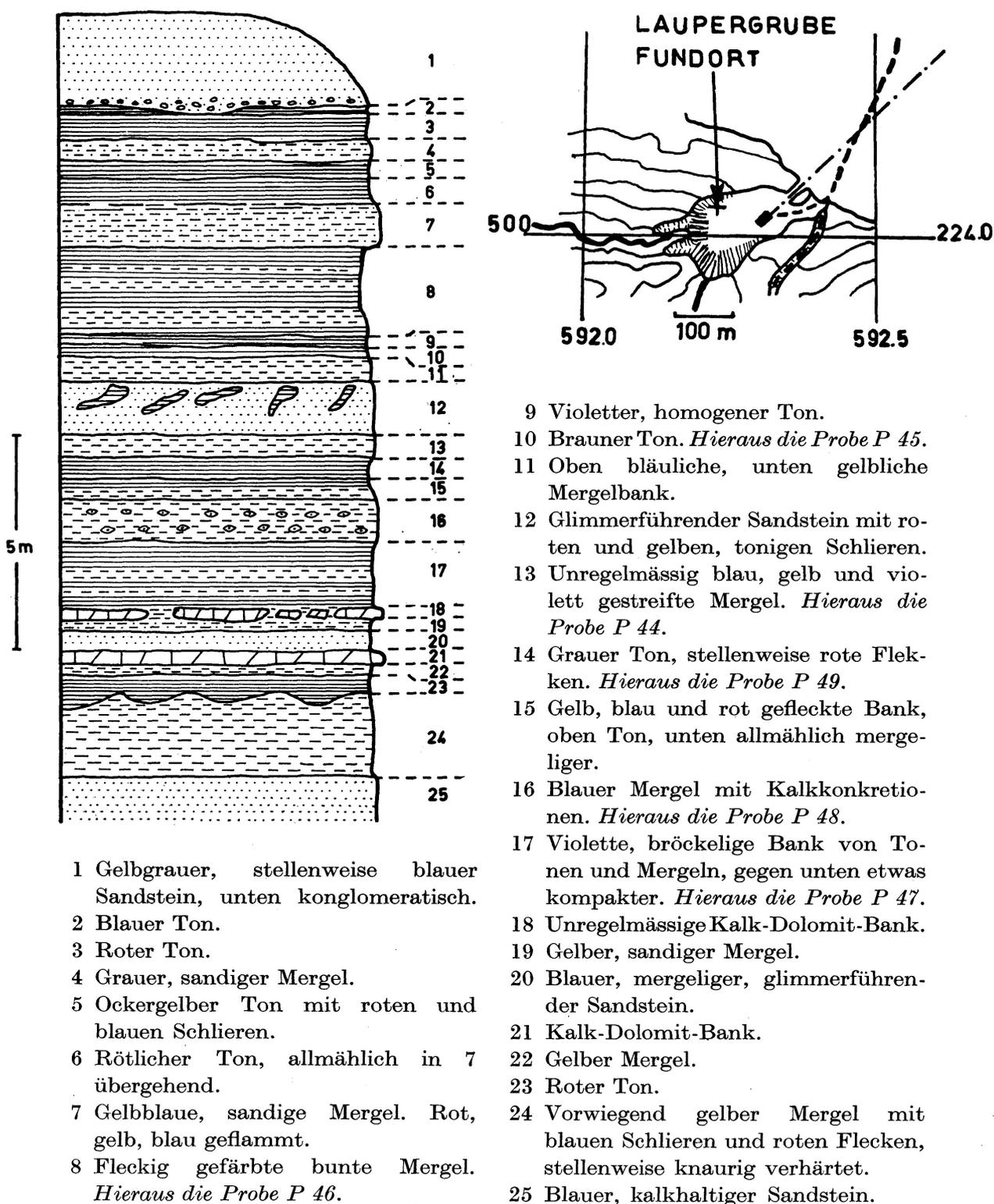


Fig. 1. Schematisches Profil durch die unteren Schichten der Laupergrube bei Pieterlen. Am 29. 10. 60 in der NW-Ecke aufgenommen. Koordinate: 592.230/224.050.

Aus den erhaltenen Kurven wurden teils graphisch, teils rechnerisch die Rückstandslinien abgeleitet. Aus diesen Rückstandslinien lassen sich sodann die Korngrößen-Verteilungskurven einfach ermitteln. Die Ergebnisse für die Molassetone sind in Fig. 2 zusammengestellt; sie gibt die Verteilungskurven für die Korngrößen  $< 40 \mu$ .

Den Anteil der Korngrößen  $> 100 \mu$ ,  $40-100 \mu$  und  $< 40 \mu$  zeigt folgende Tabelle:

Proben Nummer	Anteil in Gew. % der Gesamt-Probe		
	$> 100 \mu$	$40-100 \mu$	$< 40 \mu$
P 44	8	3	89
P 45	20	4	76
P 46	$< 1$	$< 1$	99—100
P 47	44	6	50
P 48	8	3	89
P 49	1	7	92

Bei den Analysen unter  $40 \mu$  hat sich gezeigt, dass sehr karbonatreiche Proben zuerst mit 2 n Salzsäure behandelt werden müssen. Der Kalk kittet offenbar willkürlich einzelne Teilchen zusammen und erzeugt damit eine falsche Korngrößenverteilung. Die Korngrößenverteilung der Glazialmergel wurde nicht bestimmt.

Die Korngrößenverteilung kann mit der Sedimentationswaage genauer bestimmt werden, als mit der früher angewandten Pipette-Methode, da die Sedimentation sozusagen ununterbrochen gemessen wird, und vollkommen ungestört stattfinden kann, was bei der Pipette-Methode nicht möglich ist.

#### c) Differentielle Thermoanalyse und Thermogravimetrie

Von den Fraktionen  $20-6,3 \mu$ ,  $6,3-2 \mu$ ,  $2-0,5 \mu$  und  $< 0,5 \mu$  wurden DTA-Aufnahmen gemacht. War die Probe karbonathaltig, so wurde eine Aufnahme mit normaler und eine zweite mit dekarbonatisierter Probe gemacht. Die Fraktionen  $< 2 \mu$  wurden in  $N_2$ -Atmosphäre aufgeheizt. Auf diese Weise erscheinen zum Beispiel zwischen  $200^\circ C$  und  $400^\circ C$  Peaks, die sonst durch Oxydationspeaks vorwiegend organischer Substanzen überdeckt würden. Die Fraktionen  $< 2 \mu$  wurden mit der Thermowaage nach Chevenard in  $N_2$ -Atmosphäre analysiert.

## d) Röntgenographische Untersuchungen

Die zu untersuchenden Proben wurden alle mit Calcium-Chlorid-Lösung behandelt, um Tonmineralien mit Basenaustausch mit  $\text{Ca}^{2+}$  abzusättigen.

Es wurden im wesentlichen 4 verschiedene Röntgenmethoden angewendet:

1. Aufnahmen unorientierter Proben mit einer Debye-Scherrer-Kamera, deren Radius 57,3 mm beträgt.

2. Aufnahmen orientierter Präparate mit einer Guinier-Kamera nach DE WOLFF. Jede Probe wurde einmal lufttrocken und einmal mit

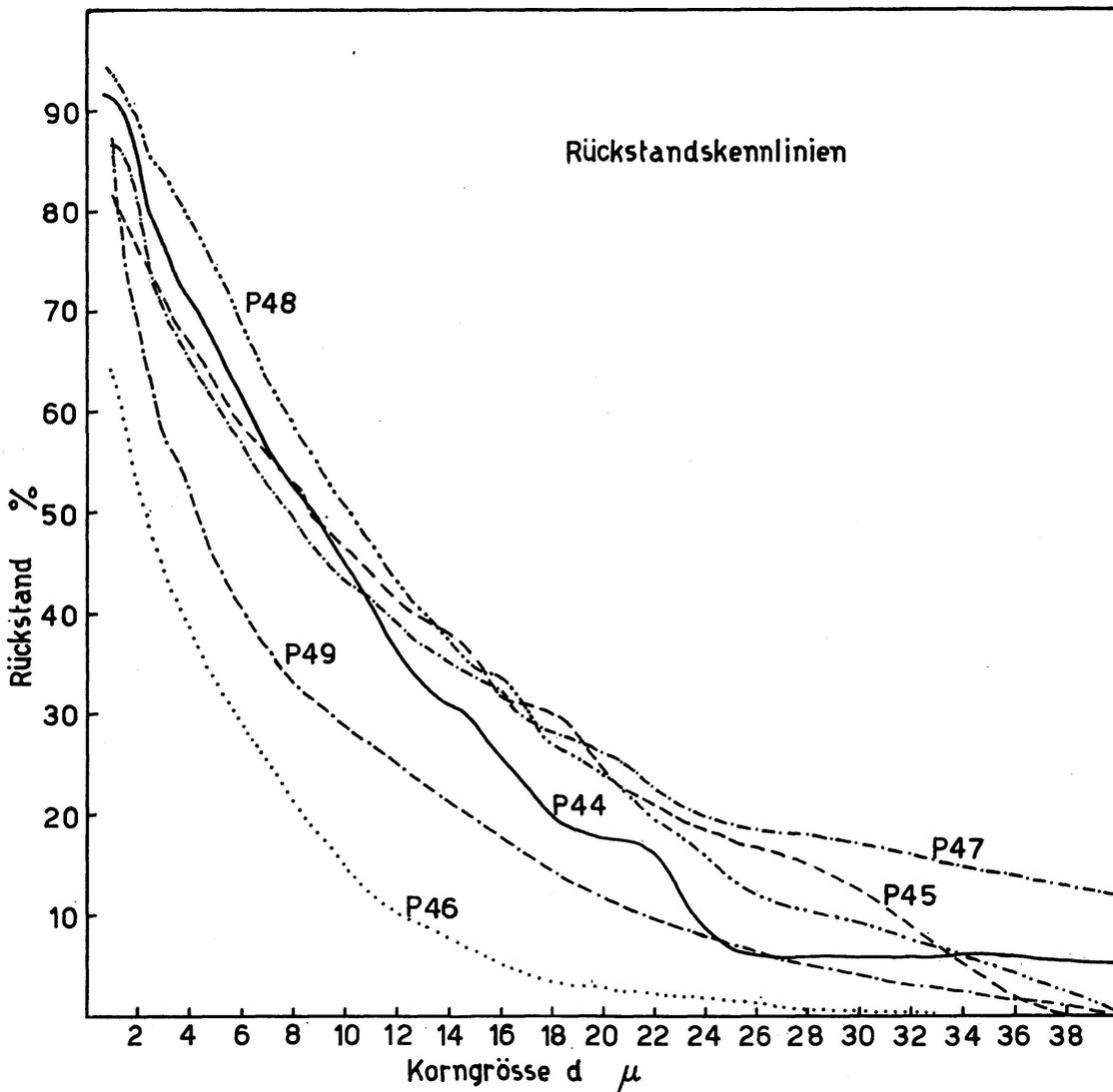


Fig. 2. Korngrößenverteilung der Fraktionen  $< 40 \mu$ , dekarbonatisiert.

Glycerin behandelt geröntgt. Diese Kamera hat sich für die Unterscheidung dioktaedrischer und trioktaedrischer Illite, vor allem mit Hilfe des (060)-Reflexes, besonders gut bewährt.

3. Aufnahmen orientierter Präparate mit einer Kamera nach K. JASMUND, die in unserem Institut selber gebaut und weiterentwickelt wurde. Sie ermöglicht Basisreflexe bis zu 40 Å gut festzustellen. Auch hier wurden immer Aufnahmen mit und ohne Glycerin- oder Glycolbehandlung gemacht.

4. Aufnahmen orientierter Präparate auf einem „Philips“-Diffraktometer nach der Methode von CH. E. WEAVER (1958). Dabei müssen je 3 Aufnahmen gemacht werden, eine mit lufttrockenem Präparat, eine mit Glycol behandeltem, und eine dritte mit bis 550°C erhitztem Präparat.

Die orientierten Präparate wurden alle durch Sedimentation hergestellt.

#### e) Schätzung der Mineralgehalte

Der Karbonatgehalt der Proben wurde mit dem Apparat nach PASON (A. v. MOOS und F. DE QUERVAIN, 1948) bestimmt. Die Ergebnisse wurden mit DTA und der Thermowaage nachgeprüft. Der prozentuale Gehalt an Tonmineralien wurde mit zwei verschiedenen Methoden bestimmt: erstens röntgenographisch, nach den von W. D. JOHNS, R. E. GRIM, W. F. BRADLEY (1954) und CH. E. WEAVER (1958) beschriebenen Methoden und zweitens an Hand der DTA-Aufnahmen, wobei die jeweiligen Kurven mit Kurven bekannter Mischungen entsprechender Standard-Mineralien verglichen wurden.

## 2. Ergebnisse der Untersuchungen

### a) GLAZIALMERGEL

#### 1. Proben

Zollikofen Nr. 2: Dunkelgrauer Mergel mit 44% CaCO<sub>3</sub>.

Zollikofen Nr. 3: Dunkelblauer Mergel mit 33% CaCO<sub>3</sub>.

#### 2. Mineralbestand

*Illit* (Hydromuskovit): Er bildet den Hauptbestandteil der Tonfraktion und konnte an Hand seiner kennzeichnenden Basisreflexe 9,8 Å, 4,9 Å und 3,3 Å nachgewiesen werden. Der (060)-Reflex liegt bei 1,49 Å,

was auf einen dioktaedrischen Illit schliessen lässt. Die Röntgenreflexe sind verhältnismässig scharf. Zudem ergibt die DTA bei 100° C einen kleinen Peak, was einen geringen Wassergehalt bedeutet. Diese beiden Tatsachen zeigen, dass es sich um einen Illit handelt, der dem Muskovit noch recht nahe steht, so dass man hier wohl besser von Hydromuskovit sprechen würde.

*Chlorit*: Neben Illit bildet er den wichtigsten Bestandteil der Tonfraktion. Seine typischen Basisreflexe liegen auf 14 Å, 7 Å und 3,5 Å. Bei Behandlung mit Glycerin verschieben sich die Basisreflexe nicht. Der kleine endotherme Peak bei 725° C auf der DTA-Kurve stammt von Chlorit.

*Quarz* und *Feldspat* kommen in sehr kleinen Mengen in der Tonfraktion vor. Mit der Grobheit der Fraktionen nimmt auch der Gehalt an Quarz und Feldspat zu.

*Karbonat*: Wie die DTA-Kurven und Röntgenaufnahmen zeigen, handelt es sich hier um Kalzit.

### 3. Mineralgehalt der Tonfraktion ( $< 2 \mu$ )

Zollikofen 2: Illit 30%, Chlorit 15%, Quarz 10%, Feldspat bis 5%,  
Karbonat 44%.

Zollikofen 3: Illit 50%, Chlorit 15%, Quarz bis 5%, Feldspat bis 5%,  
Karbonat 33%.

## b) DIE MOLASSETONE UND -MERGEL

### 1. Proben

Pieterlen Nr. 44: Gelber Mergel mit 31% Karbonat.

Pieterlen Nr. 45: Brauner Ton ohne Karbonat.

Pieterlen Nr. 46: Bunter Mergel mit 25% Karbonat.

Pieterlen Nr. 47: Roter Ton mit etwa 1% Karbonat.

Pieterlen Nr. 48: Graublauer Mergel mit 35% Karbonat.

Pieterlen Nr. 49: Dunkelgrauer Ton ohne Karbonat.

### 2. Mineralbestand

*Illit* (in allen Proben vorhanden): Er ist röntgenographisch an den Reflexen auf 10 Å (stark), 5,0 Å (mittelstark) und 4,49 Å (stark) zu erkennen. Der (060)-Reflex liegt auf 1,49 Å, es ist demnach ein dioktaedrischer Illit. Aus dem 4,49 Å-Reflex und der Anwesenheit der 3,66 Å- und

3,07 Å-Reflexe, lässt sich auf einen 1 Md-Type schliessen. In den DTA-Kurven sind 3 typische Reaktionen zu erkennen: Der Verlust des hygroskopischen Wassers durch ein Minimum bei etwa 130° C, die hauptendotherme Reaktion bei 550° C und die endotherm-exotherme Reaktion bei etwa 900° C.

*Chlorit* (in allen Proben vorhanden): Wir fanden die charakteristischen Reflexe bei 14 Å, 7 Å und 3,5 Å. Der 14 Å-Reflex fällt im lufttrockenen Präparat mit einem Montmorillonit-Reflex zusammen, bleibt aber nach der Glycol-Behandlung am selben Platz erhalten, während der Montmorillonit-Reflex nach höherem d-Wert verschoben wird. Der 7 Å-Reflex bleibt nach Erhitzung auf 550° C erhalten, was die Anwesenheit von Kaolinit ausschliesst, der am selben Ort ebenfalls eine charakteristische Linie hätte, aber bei etwa 550° C zerstört wird. Nicht alle Proben enthalten den gleichen Chlorit: Die Intensitätsverteilung der Basisreflexe und die Anwesenheit verschiedener Nebenreflexe lassen die Anwesenheit der Varietäten Pennin, Prochlorit und Chamosit vermuten. In der DTA sind die für Chlorit typischen endothermen Reaktionen bei 700—750° C und die endotherme Reaktion bei etwa 800° C, vor allem in den Kurven von P 45 und P 46, deutlich zu erkennen.

*Montmorillonit s. l.* (in den Proben P 44, P 46, P 47, P 48 und P 49 vorhanden): In den lufttrockenen, mit Ca<sup>2+</sup> abgesättigten Präparaten findet man den Montmorillonit-Basisreflex auf 15 Å, in den mit Na<sup>+</sup> abgesättigten Präparaten wandert dieser Reflex nach 14,4 Å und die Intensität des zweiten Basisreflexes auf 7,2 Å wird gleichzeitig verstärkt. Bei Behandlung mit Glycol verschiebt sich der erste Basisreflex nach 17 Å und bei Behandlung mit Glycerin nach 17,8 Å. Erhitzt man die Probe auf 550° C, so fallen die einzelnen Schichten infolge des Wasserverlustes näher zusammen, und der erste Basisreflex erscheint deshalb schon auf 10 Å. Die DTA-Kurven zeigen im niedrigen Temperaturbereich die für Ca-Montmorillonit typische zweistufige Entwässerung mit einem Hauptminimum bei etwa 150° C und einem Nebenminimum bei etwa 200° C. Der Verlust der Hydroxylgruppen erfolgt bei etwa 550° C, was auf ein Glied der Beidellit-Nontronit-Reihe schliessen lässt. Die exotherme Reaktion zwischen 900° C und 1000° C ist auf Rekristallisation zurückzuführen.

#### Mixed-layer-Mineralien:

*Illit/Montmorillonit in unregelmässiger Wechsellagerung* (nur in Probe P 45 vorhanden): Lufttrockene Präparate zeigen bei 10,1 Å und bei etwa 4,98 Å je einen breiten Reflex. Nach Behandlung mit Glycerin teilen sich

diese beiden Reflexe in je zwei, bei 10 Å und 10,6 Å einerseits und bei 4,94 Å und 4,98 Å andererseits. Die Reflexe 10 Å und 4,98 Å gehören zum normalen Illit, die Reflexe bei 10,6 Å und 4,94 Å aber gehören zu Illit, in Wechsellagerung mit etwas Montmorillonit.

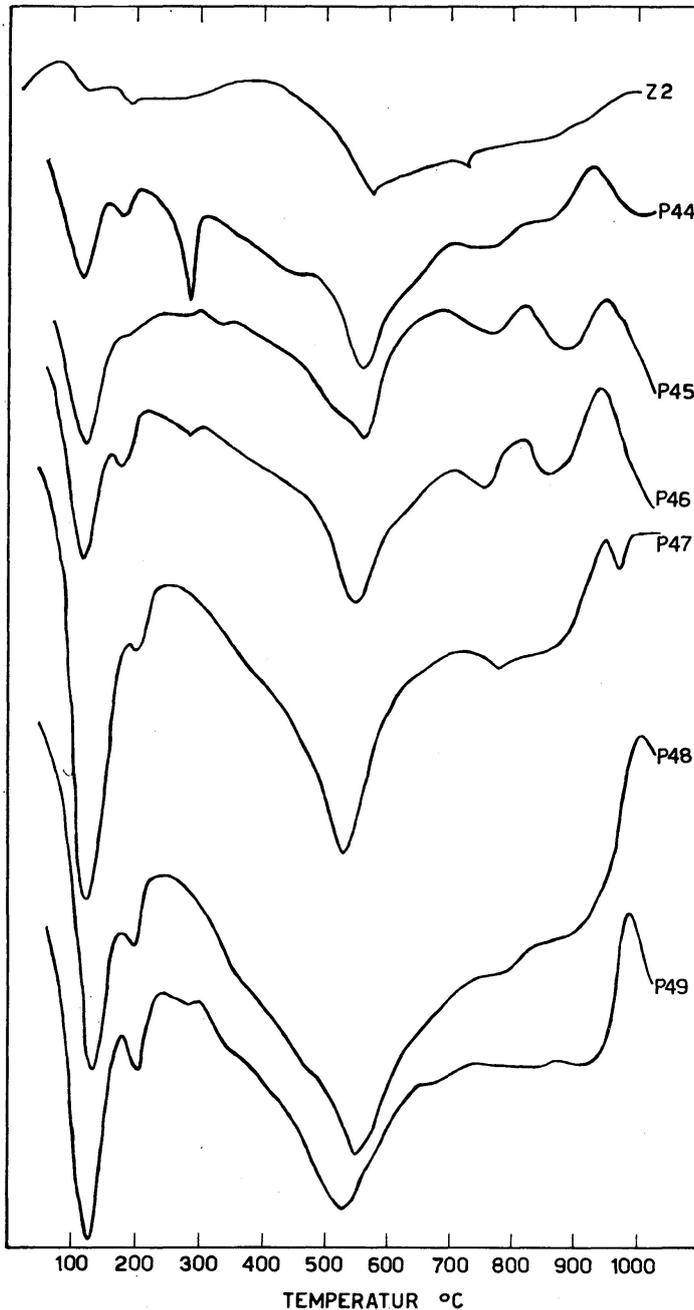


Fig. 3. DTA-Kurven. Z 2 Fraktion  $< 2 \mu$ , P 44 Fraktion  $< 2 \mu$ , P 45 Fraktion  $2-0,5 \mu$ , P 46, P 47, P 48 Fraktion  $< 2 \mu$ , P 49 Fraktion  $2-0,5 \mu$ . Proben P 44, P 45, P 46, P 47, P 48 und P 49 in  $N_2$ -Atmosphäre aufgeheizt, Z 2 in Luft. Alle Proben dekarbonatisiert. Aufheizgeschwindigkeit  $9^\circ C/min$ .

*Illit/Montmorillonit in regelmässiger Wechsellagerung* (nur in Probe P47 vorhanden): Bei lufttrockenem Präparat finden wir Reflexe bei etwa 26 Å, 16,5 Å und 12 Å. Nach Glycolbehandlung sind die Reflexe auf etwa 39 Å, 19 Å und 15 Å. Sie sind ziemlich breit, so dass ein genaues Maximum nicht festzustellen ist. Um solche grosse d-Werte zu bekommen, ist es notwendig, dass sich eine bestimmte Wechsellagerung von Illit- und Montmorillonitschichten regelmässig wiederholt, so dass gewissermassen eine Überstruktur entsteht. In unserem Falle ist die Wechsellagerung offenbar nicht vollkommen, weil die d-Werte nicht genaue Vielfache voneinander sind. In der DTA-Kurve der Probe Pieterlen 47 ist wahrscheinlich die endotherme Reaktion bei 970° C auf dieses Mineral zurückzuführen (vergleiche MACKENZIE, 1957, p. 258).

*Chlorit/Montmorillonit in unregelmässiger Wechsellagerung* (nur in Probe P45 vorhanden): Lufttrocken findet man den (002)-Reflex auf 7,3 Å, nach Glycolbehandlung wandert er nach 7,6 Å und trennt sich deutlich vom Reflex des reinen Chlorits auf 7,1 Å. Nach Glycolbehandlung erscheint gleichfalls der (001)-Reflex dieses Minerals auf 15,2 Å.

*Lepidokrokit* (nur in Probe P46 vorhanden): Aus orientierten Präparaten konnte röntgenographisch der 6,1 Å-Reflex nachgewiesen werden, der allerdings auch für Böhmit typisch ist. In der DTA-Kurve tritt aber bei 300° C deutlich ein für Lepidokrokit charakteristischer endothermer Peak auf, so dass eine Verwechslung mit Böhmit unwahrscheinlich ist.

*Goethit* (in Proben P44, P45, P47 und P49 vorhanden): Fast in allen DTA-Aufnahmen in N<sub>2</sub>-Atmosphäre zeigen die Kurven einen endothermen Peak bei etwa 300° C, welcher für Goethit charakteristisch ist. Bei DTA-Aufnahmen in Luft wird dieser Peak vollkommen überdeckt, Röntgenographisch ist Goethit kaum festzustellen, aber einige Linien, wie zum Beispiel die bei 4,96 Å und 4,15 Å, deuten auf dieses Mineral.

*Hämatit*: Dieses Mineral konnte in Probe P47 in einer Röntgenaufnahme (Guinier-Kamera nach DE WOLFF) eindeutig nachgewiesen werden. Es handelt sich bei dieser Probe um einen ausgeprägt roten Ton. Hämatit dürfte in den meisten Fällen für die Rotfärbung der Molassetone verantwortlich sein.

*Quarz* (in allen Proben vorhanden): Bis in die feinste Fraktion konnte Quarz röntgenographisch festgestellt werden. In der Fraktion 6,3—2 µ und in den gröberen Fraktionen ist der Quarz auch in den DTA-Kurven an der α→β-Umwandlung bei 575° C zu erkennen.

*Feldspat* (in allen Proben vorhanden): Röntgenographisch lässt sich der Feldspat in einigen Proben bis in die feinste Fraktion feststellen.

Die geringe Menge Feldspat wurde nicht näher bestimmt. Der Gehalt an Feldspat wird in größeren Fraktionen grösser.

### 3. Mineralgehalt der Proben

Nachstehende Tabelle zeigt den geschätzten prozentualen Mineralgehalt in Gewichtsprozenten der feineren Fraktionen der verschiedenen Proben. In den größeren Fraktionen sind die Tonminerale röntgenographisch kaum feststellbar, die DTA-Kurven zeigen aber noch den Tonmineralgehalt an. Der Montmorillonit verschwindet langsam, der Illit wird durch Muskovit ersetzt und der Quarzgehalt nimmt stark zu.

Proben Nr.	Korngröße in $\mu$	In Gewichtsprozenten der dekarbonatisierten Probe										Karbonat Gehalt %
		Illit %	Chlorit %	Montmorillonit %	Regel. Illit/Mont. %	Unrgl. Illit/Mont. %	Unrgl. Chr./Mont. %	Quarz %	Feldspat %	Goe-thit + Häm. %	Lepidokrokit %	
44	6,3—2	30	30	10				10		20		31
	< 2 $\mu$	30	30	15				5		20		
45	6,3—2	45	35					10	5	5		0
	< 2 $\mu$	35	15	5		20	15	5		5		
46	6,3—2	15	60					15	5		5	25
	< 2 $\mu$	20	60					5	5		10	
47	6,3—2	35	10	40				5	5	5		1
	< 2 $\mu$	10	10	35	30			5	5	5		
48	6,3—2	35	30	10				10	15			35
	< 2 $\mu$	15	15	55				5	10			
49	6,3—2	50	5	30				10		5		0
	< 2 $\mu$	55	5	30				5		5		

Auf den thermogravimetrischen Kurven (Fig. 4) sind die montmorillonitreichen Proben durch einen grossen Gewichtsverlust unter 300° C gekennzeichnet, was die Ergebnisse der röntgenographischen und DTA-Untersuchungen bestätigt.

### 3. Diskussion

Vergleicht man unsere Ergebnisse mit denjenigen von J. P. VERNET (1958), so stimmen die Resultate der Untersuchung der Glazialmergel gut überein, die Molassetone zeigen aber gewisse Unterschiede: Montmorillonit, der in den meisten Molasseproben in Pieterlen vorhanden

ist, wurde von J. P. VERNET nicht gefunden. Der von uns gefundene Montmorillonit kann mit demjenigen, den F. HOFMANN (1956) in der ostschweizerischen Molasse gefunden hat und der vulkanischen Ursprungs ist, nicht verglichen werden. Er beschreibt vor allem magnesiumreiche Montmorillonite, wir dagegen fanden ausschliesslich beidellitisch-nontronitische Typen. Dieser Unterschied scheint mit der Entstehungsgeschichte zusammenzuhängen. Der Mixed-layer-Montmorillonit/Chlorit, den J. P. VERNET feststellte, konnte auch hier nachgewiesen werden. Der regelmässige und der unregelmässige Mixed-layer-Montmorillonit/Illit wurden von J. P. VERNET nicht beschrieben. Diese Erscheinung kann allerdings lokal bedingt sein, um so mehr als diese Typen nur je in einer Probe vorkommen. Im Gegensatz zu J. P. VERNET konnte in keiner der Proben Kaolinit festgestellt werden, was vielleicht dadurch zu erklären ist, dass unsere Proben alle aus Gruben stammen, wobei Bodenbildung etc. ausgeschlossen wurden. In normalen Aufschlüssen kann aber durchaus eine beginnende Verwitterung Kaolinit erzeugen.

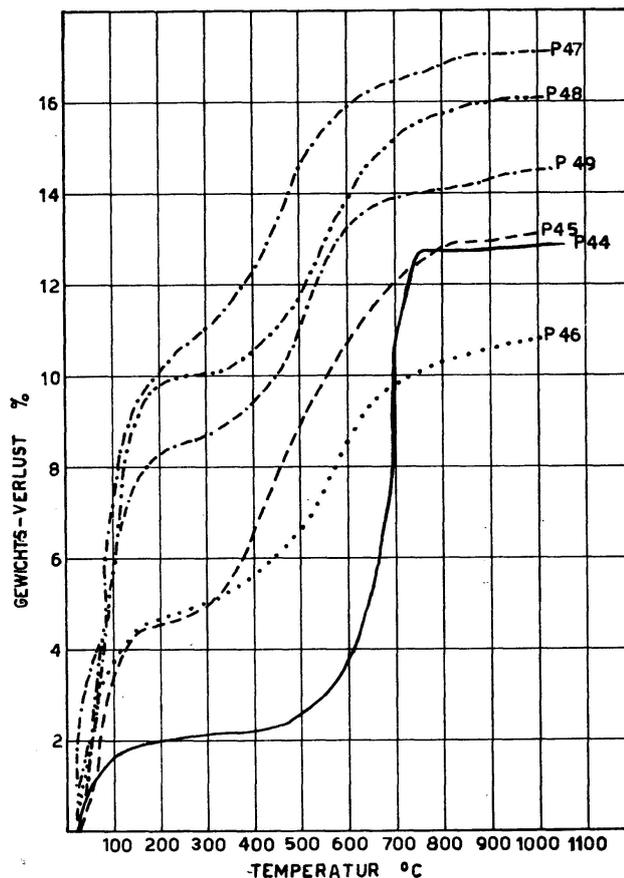


Fig. 4. Thermogravimetrische Kurven der Fraktionen  $< 2 \mu$  Aufgeheizt in  $N_2$ -Atmosphäre mit  $2,5^\circ C/min$ .

Da ein Teil der DTA-Aufnahmen in  $N_2$ -Atmosphäre gemacht worden waren, konnten die meisten Fe-Hydroxyde bestimmt werden, die wohl auch zusammen mit Hämatit und Chlorit die intensive und mannigfaltige Färbung der Schichten verursachen.

Auffallend sind die grossen Unterschiede der tonmineralogischen Zusammensetzung der einzelnen Schichten. Ob sie sich allerdings stratigraphisch verwerten lassen, kann heute noch nicht gesagt werden. Bemerkenswert ist jedoch auf alle Fälle der unverkennbare Unterschied der Zusammensetzung des glazialen Mergels und der tertiären Tone und Mergel, dessen Interpretation gar nicht leicht ist, da die Glazialablagerung direkt auf Molasse liegt.

Meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. E. Niggli, danke ich besonders herzlich für die Förderung und Überprüfung dieser Arbeit. Meinen Dank möchte ich auch Fräulein Dr. E. Jäger aussprechen, die in Bern mit den Tonuntersuchungen angefangen hatte, und die mir stets mit Rat zur Seite stand. Ein kleiner Teil der Proben wurde durch Herrn Dr. T. Remenyik aufgearbeitet. Herr Prof. Dr. W. Nowacki (Abt. für Kristallographie und Strukturlehre, Universität Bern) stellte mir freundlicherweise das „Philips“-Diffraktometer seiner Abteilung zur Verfügung.

Der Schweizerischen Geotechnischen Kommission, die diese Untersuchungen finanziell unterstützte, sei hier ebenfalls bestens gedankt.

### Literatur

- BRINDLEY, C. W. (1951): X-ray identification and crystal structures of clay-minerals. Mineral. Soc. London.
- GRIM, R. E. (1953): Clay mineralogy. Mc Graw-Hill Book Co. New York.
- HOFMANN, F. (1956): Sedimentpetrographische und tonmineralogische Untersuchungen an Bentoniten der Schweiz und Südwestdeutschlands. *Eclogae geol. Helv.* 49/1.
- JASMUND, K. (1939/40): Über den Mineralbestand einiger Kaoline unter Berücksichtigung der kolloiden Grössenordnungen. *Chemie der Erde* 12/4.
- (1950): Texturaufnahmen von blätterförmigen Mineralien submikroskopischer Grössenordnung in einer Debye-Scherrer-Kamera. *N. J. Min. Mh.* 1950.
- (1955): Die silikatischen Tonminerale. Verlag Chemie, Weinheim/Bergstr.
- JOHNS, W. D., GRIM, R. E., BRADLEY, W. F. (1954): Quantitative estimations of clay minerals by diffraction methods. *Journ. of Sed. Petr.* Vol. 24, No. 4.
- LUGEON, M. (1907), in: Die schweizerischen Tonlager. *Beitr. z. Geol. der Schweiz. Geotechn. Serie 4.*
- MACKENZIE, R. C. (1957): The differential thermal investigation of clays. Mineral. Soc. London.

- v. MOOS, A. und DE QUERVAIN, F. (1948): Technische Gesteinskunde. Verlag Birkhäuser, Basel.
- SCHWAB, R. F. (1960): Geologische Untersuchungen in der Molasse der Umgebung von Biel. Diss. Bern. Verlag Keller, Winterthur.
- VERNET, J. P. (1957): Sur quelques argiles glaciaires de la région lémanique. Bull. Soc. vaud. Sci. nat. 66.
- (1958): Etudes sédimentologiques et pétrographiques des formations Tertiaires et Quarternaires de la partie occidentale du plateau suisse. Eclogae geol. Helv. 51/3.
- WEAVER, Ch. E. (1956): The distribution and identification of mixed-layer clays in sedimentary rocks. Am. Min. 41.
- (1958): Geologic interpretation of argillaceous sediments. Bull. Am. Ass. Petrol. Geol. 42/2.

Manuskript eingegangen: 3. November 1960.