

Zeitschrift: Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen =
Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie

Band: 49 (1969)

Heft: 2

Artikel: Mineralogische Untersuchungen an einigen schweizerischen
Ziegeleirohstoffen

Autor: Peters, Tj.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-38601>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 16.01.2026

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

Mineralogische Untersuchungen an einigen schweizerischen Ziegeleirohstoffen *)

Von *Tj. Peters* (Bern) **)

Mit 9 Figuren und 1 Tabelle im Text

Abstract

The mineralogical composition of tile mixtures and pit samples from several clay pits in the Swiss Jura Mountains and Molasse basin were determined by X-ray diffraction. Generally the carbonate content of these mixtures is rather high. The clay fraction of most of the investigated samples consists of illite and chlorite. Depending on the geologic formation in which they occur, they contain also kaolinite, montmorillonite or mixed-layer minerals. The good crystallinity of illite in the neighbourhood of the Alps causes unfavourable plasticity properties.

The mineralogical compositions, estimated from the dilatometric curves are in good agreement with the X-ray diffractometer determinations. Additionally these curves give information about drying- and firing-properties. The dilatometer proves to be very useful to determine quickly if a clay is suitable for brick-making or not.

A good red firing colour results if the iron is bonded as goethite (α -FeOOH).

Einleitung

Die vorliegende Arbeit bringt einen Teil der Ergebnisse tonmineralogischer Untersuchungen, die an sich im Abbau befindlichen Ziegelei-Tonlager vorgenommen worden sind. Das erste Ziel dieser Untersuchungen war die genaue Erfassung des mineralogischen Aufbaus dieser Lager, um später die Verwendbarkeit anderer schweizerischer Tonvorkommen beurteilen zu können. Es sei hier betont, dass die Proben auf ihre mineralogische Zusammensetzung geprüft wurden und nicht auf ihre technologischen Eigenschaften, wie Trockenempfindlichkeit, Biegezugfestigkeit etc.

*) Erscheint gleichzeitig als Kleinere Mitteilung Nr. 46 der „Beiträge zur Geologie der Schweiz“.

**) Mineralog.-Petrograph. Institut der Universität, Sahlstrasse 6, 3000 Bern.

Untersuchungsmethoden

Aufbereitung. Die Proben wurden mit 0,01 n NH₄OH aufgeschlämmt und mit Attenbergzylinern in die Korngrößenklassen < 2 μ , 2–6 μ , 6–20 μ , 20–63 μ , 63–105 μ und > 105 μ aufgeteilt. Für die röntgenographischen Untersuchungen wurde ein Teil der feinsten Fraktionen dekarbonatisiert und mit Ca⁺⁺--, Mg⁺⁺- und seltener mit K⁺-Ionen abgesättigt.

Karbonatgehalt. Der CO₂-Gehalt ist mit der Apparatur nach M. Passon und mit einer Schliffapparatur nach HILDEBRAND et al. (1953) bestimmt worden. Die Bestimmung des Calcit/Dolomit-Verhältnisses erfolgte röntgenographisch.

Röntgenographische Untersuchungen. Die Mengenverhältnisse der Tonminerale wurden aus den Basisreflexen der Diffraktometer-Aufnahmen von Texturpräparaten und aus den (060)-Reflexen auf den Guinieraufnahmen bestimmt. Quarz- und Feldspatgehalte der dekarbonatisierten Proben mit LiF als internem Standard sind nach der Methode von PETERS (im Druck) auf dem Diffraktometer mit drehendem Probehalter bestimmt worden.

DTA. Zur Kontrolle des röntgenographisch bestimmten Mineralbestandes und als Orientierung über das Brennverhalten wurden die dekarbonatisierten Tonfraktionen und die Gesamtproben differenzthermoanalytisch untersucht.

Dilatometrie. Für die dilatometrischen Untersuchungen stand ein Dilatometer der Firma Netzsch, Selb, zur Verfügung. Die meisten Grubenproben konnten nicht ohne weiteres verpresst werden, da sie zu stark verfestigt waren. Diese wurden zuerst bei 50° C getrocknet und anschliessend in einer Hammermühle zerkleinert. Nachher liessen sie sich, mit Ausnahme einiger sehr sandreiche Proben, gut zu Zylindern mit einem Durchmesser von 7 mm verpressen. Hierbei verwendeten wir eine alte Fleischmühle. Die Zylinder wurden mindestens eine Woche an der Luft (R.F. 45–50 %) getrocknet, bevor sie im Dilatometer untersucht wurden.

Beschreibung der Proben

Tongrube Allschwil (Basel) der Firma Passavant-Iselin und Cie. AG. Für die Ziegel- und Backsteinherstellung werden in erster Linie die grauen Mergel des „Septariantons“ (Ob. Rupélien) verwendet. Im oberen Teil enthalten diese marinen Ablagerungen sandige Zwischenlagen; sie liefern vor allem das Rohmaterial für den Backstein. Im unteren Teil sind die Mergel feinkörniger; sie werden vor allem für Ziegel verwendet.

Über dem Hochterrassenschotter liegen Lössse und Lösslehme, die dem Septarianton zur Farbgebung und als Magerungsmittel der Ziegeleiprodukte zugefügt werden. Die Proben stammen aus der Mitte der oberen Grube, wo

fast aller Löss entkalkt und über kleine Distanzen verschwemmt worden ist. Von der Ziegel- und Steinmischung wurde je eine Probe der gepressten Masse entnommen. In einer Skizze (Fig. 1) sind das schematische geologische Profil und die Stellen der Probenentnahme dargestellt.

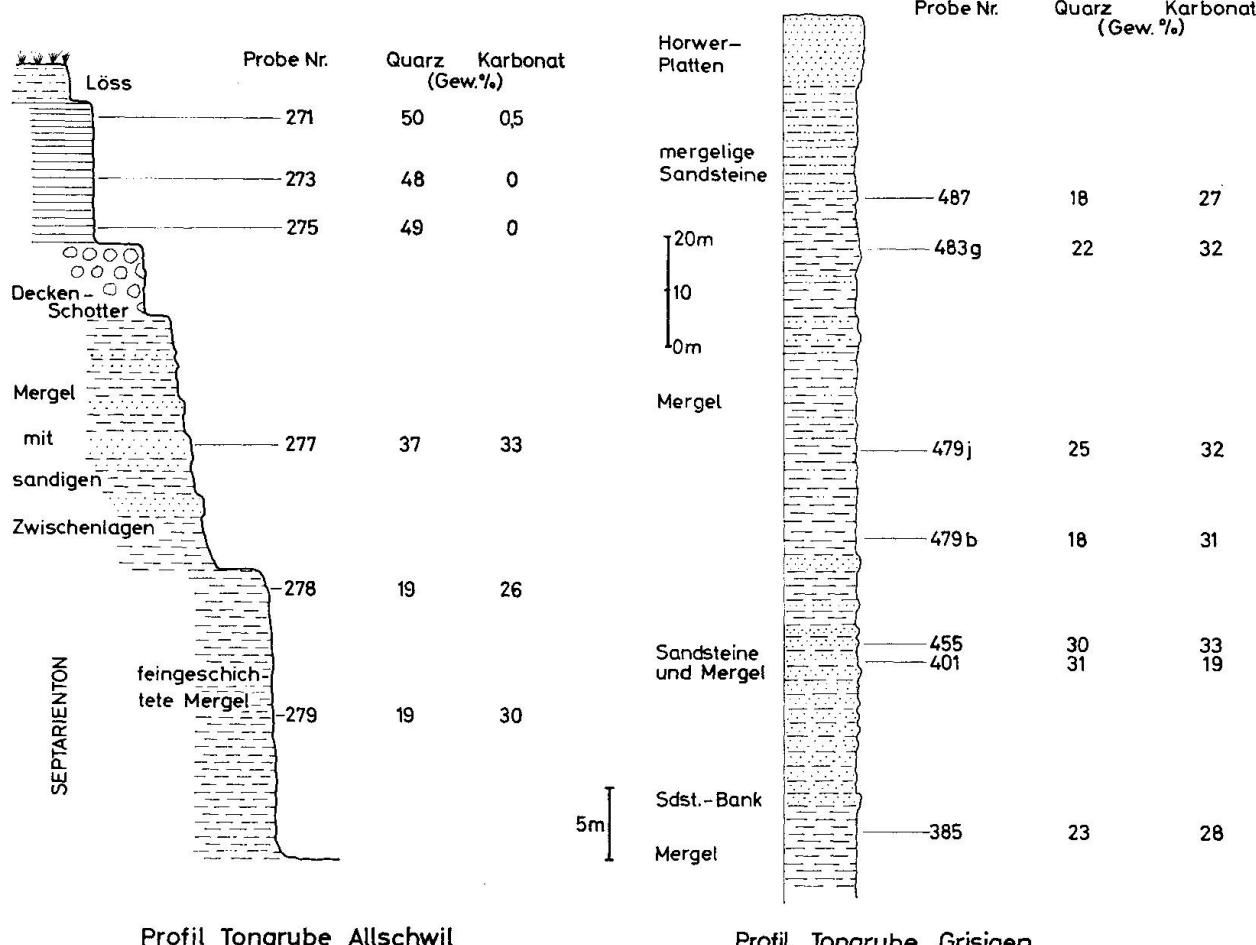


Fig. 1. Schematisches Profil der Tongrube Allschwil mit den entnommenen Proben und deren Quarz- und Karbonatgehalte. Die Gesteinslegende ist in Fig. 3 aufgeführt.

Fig. 2. Schematisches Profil der unteren Tongrube Grisigen mit Probennummern und Mineralgehalten. Die Gesteinslegende ist in Fig. 3 aufgeführt.

Tongrube Grisigen (Luzern) der AG Ziegelwerke Horw-Gettnau-Muri. Dunkle Mergelschiefer der subalpinen Molasse, die sog. Grisigermergel, werden hier abgebaut. Stratigraphisch gehören sie zu der unteren Meeresmolasse (Rupélien). Die Proben wurden in der unteren, jetzt verlassenen, Grube entnommen, da es in der im Abbau stehenden Grube praktisch unmöglich war, ein detailliertes Profil aufzunehmen. Wegen einer tektonischen Störung tritt in der unteren Grube das gleiche Profil auf wie in der oberen Grube (GASSER, 1969). Eine Skizze des Profils, worin unsere Proben aufgeführt sind, gibt Fig. 2.

Tongrube Inwil (Luzern) der Ziegelei Gebr. Ineichen. In der Grube (nördlich Inwil) sind buntgefärbte Mergel, Kalksteine und kalkige Tone der oberen Süsswasser-Molasse (Tortonien) aufgeschlossen. Die sandreicherem Mergel des oberen Teils der Grube werden gesamthaft für Backsteine verwendet. Die tonreicherem Schichten im unteren Teil gebraucht man für Ziegel. Ausser den Proben, die in der Skizze (Fig. 3) aufgeführt sind, wurden noch je eine Probe der gepressten Ziegel- und Steinmischung entnommen.

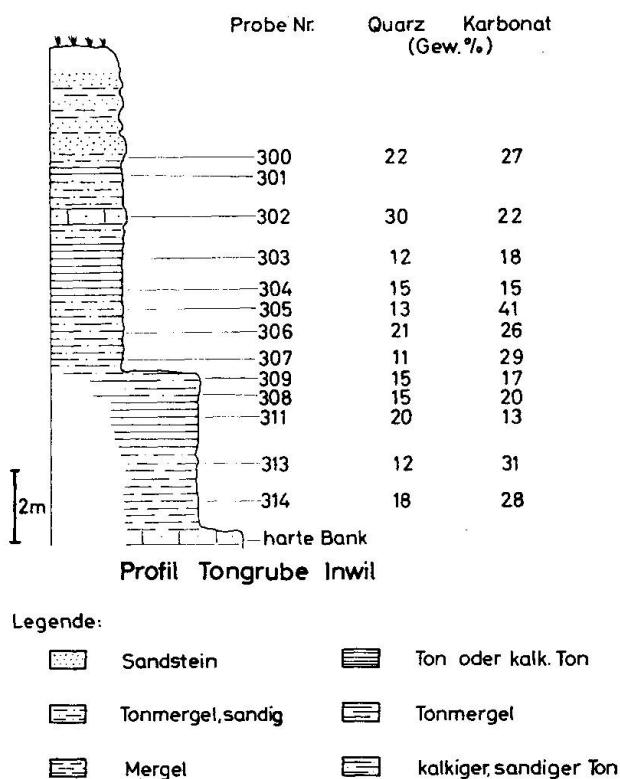


Fig. 3. Schematisches Profil der Tongrube nördlich Inwil.

Tongrube Rapperswil (Bern) der Ziegelei L. Gasser AG. Es werden hier die Mergel, Tone und Sandtone der unteren Süsswassermolasse (Aquitaniens) ausgebaut. Für die Herstellung von Backsteinen können mit Ausnahme einer harten Kalksandsteinbank alle Schichten aus dem oberen Teil der Grube verwendet werden. Für Ziegel und Plättchen werden einige tonigere Schichten ausgelesen. Die Probenentnahme aus den einzelnen Schichten (Fig. 4) erfolgte in der NE-Ecke der Grube. Daneben wurden noch Proben der ungepressten Stein-, Ziegel- und Plättchenmischung und der gepressten Ziegelmischung entnommen.

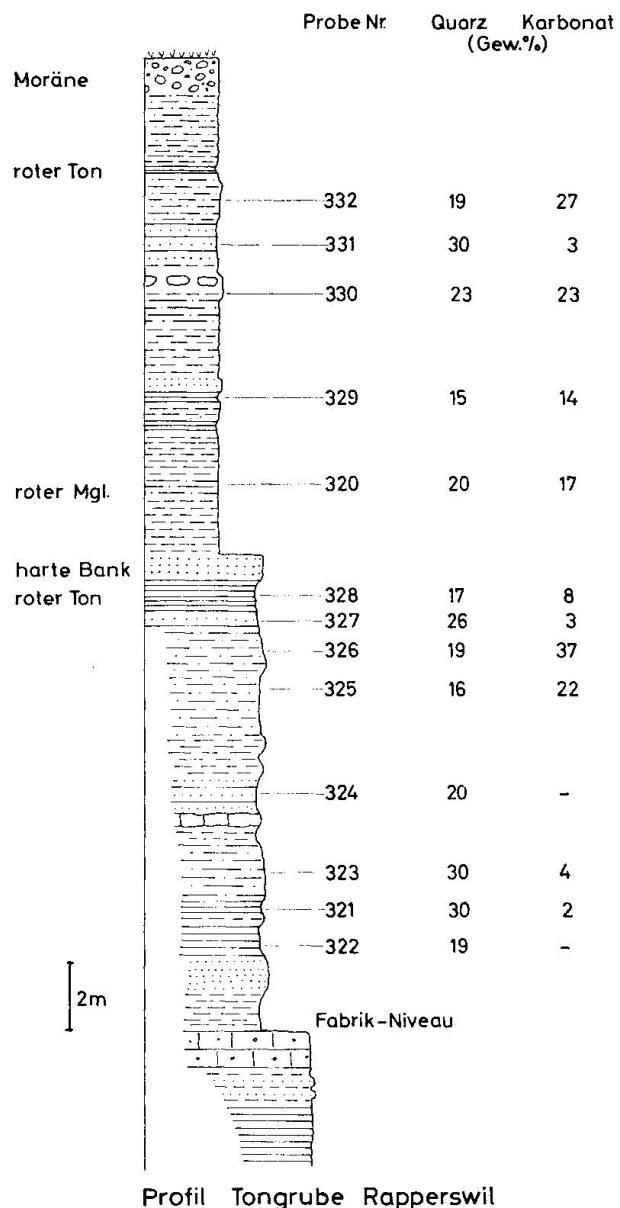


Fig. 4. Schematisches Profil der Tongrube Rapperswil. Die Gesteinslegende ist in Fig. 3 aufgeführt.

Korngrössenverteilung

Bei den Ziegeleirohstoffen spielt die Korngrössenverteilung eine wichtige Rolle. Die Darstellung der Korngrössen des Untersuchungsmaterials im Korngrössendreistoffsysteem von WINKLER (1954) kann einen Hinweis auf die Verwendbarkeit der Rohstoffe zu Vollsteinen, Gittersteinen, Dachziegeln und dünnwandigen Deckensteinen geben. Die Untersuchungen von WINKLER (1954) und SEIDEL (1962) zeigen, dass von den Vollstein- bis zu den Dachziegeltonen der Anteil an feinen Bestandteilen grösser sein sollte. Diese Tendenz zeigen auch die von uns untersuchten Rohstoffe von Rapperswil und Inwil in Fig. 5,

wo die Korngrößen der untersuchten Proben dargestellt sind. Die Ziegelmischungen von Frick und Allschwil sind in der Korngrößenverteilung praktisch gleich wie die Steinmischung, was aber durch eine zufällige Probeentnahme verursacht sein könnte.

Die untersuchten Mischungen fallen mit Ausnahme der Steinmischung Rapperswil (Fig. 5) nicht nur innerhalb des Dachziegelbereiches von WINKLER, sondern sogar noch im noch enger gefassten rissfreien Bereich von ACKERMANN et al. (1965). Letztere untersuchten den Einfluss verschiedener Tonmineralien auf die Trockeneigenschaften. Diese engen Toleranzen der von uns untersuchten Mischungen sind möglicherweise notwendig wegen ihrem hohen Karbonat-Gehalt. Das Karbonat, das sowohl in einzelnen Körnern als auch im Zement in der Matrix der Gesteine auftritt, ist natürlich auch in den Fraktionen $< 2 \mu$ und $2-20 \mu$ enthalten. Dadurch wird der Anteil an Tonmineralien, welcher für die Bildsamkeit der Massen verantwortlich ist, geringer, und die Toleranzgrenzen für karbonatreiche Proben müssen in Richtung der Fraktion $< 2 \mu$ verschoben werden.

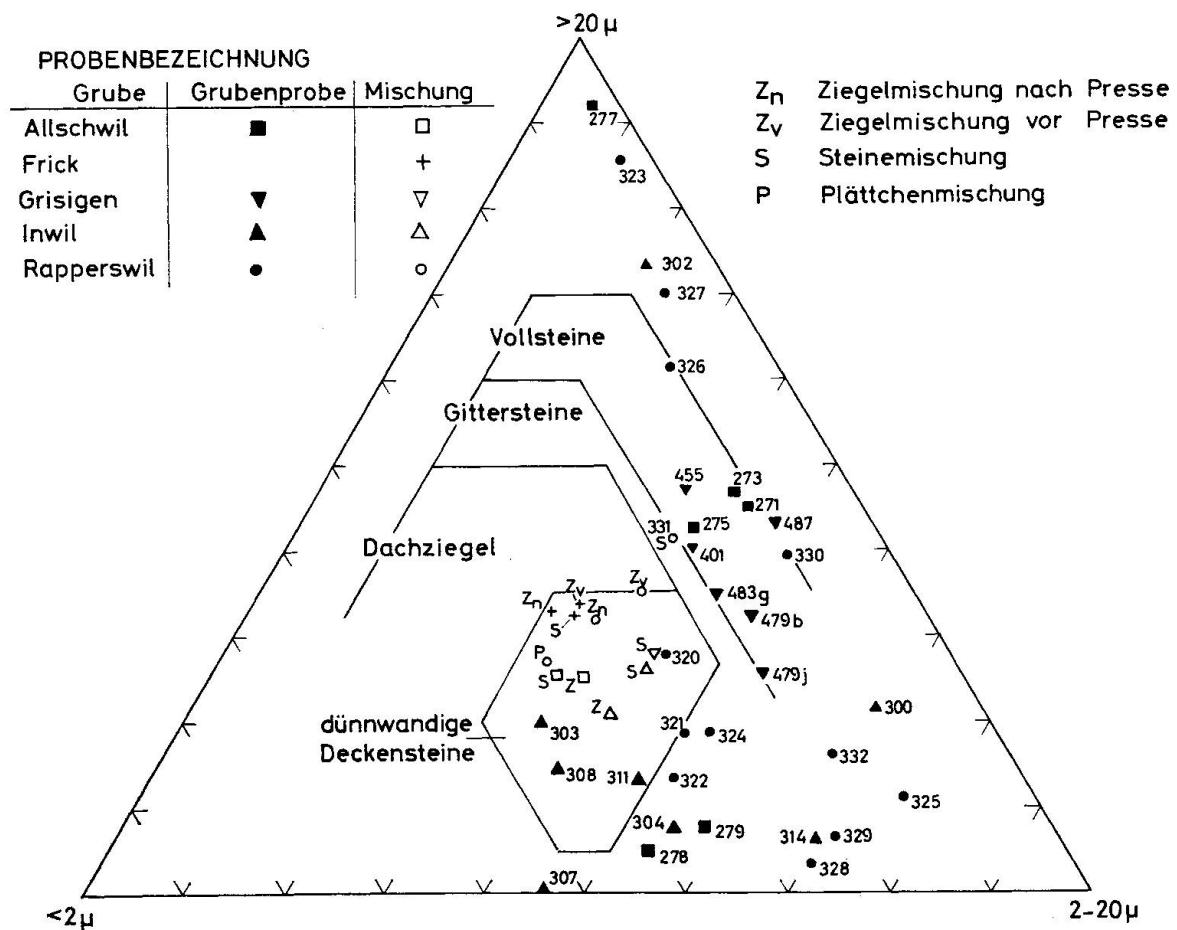


Fig. 5. Winkler-Diagramm mit den untersuchten Gesteinsproben sowie Ziegel- und Steinmischungen

Weiter geht aus diesem Diagramm (Fig. 5) hervor – vor allem deutlich sichtbar bei den Horwer Proben –, dass das Material nach der mechanischen Zerkleinerung und nach dem Sumpfen besser in seine einzelnen Komponenten zerlegt wird als die unbehandelten Grubenproben. Bei den Rapperswiler Proben sieht man auch, dass die Grubenproben fast alle kleinere Anteile der Fraktion $2\ \mu$ enthalten als die Ziegel- und Plättlimischungen. Es scheint sogar, dass in der Strangenpresse eine weitere Dispergierung auftritt, enthält doch die vor der Presse entnommene Ziegelmischung von Rapperswil weniger Tonsubstanz als nach der Presse. Um dies eindeutig abzuklären, müssten aber mehr Proben untersucht werden.

Mineralbestand

Allschwil. Die Lösslehme (Fig. 1) sind sehr quarzreich (48–50 %) und praktisch karbonatfrei, und der Mineralbestand der Tonfraktion schwankt zwischen folgenden Werten: Illit 50–65 %, Montmorillonit 5–25 %, Chlorit 0–5 %, Kaolinit 5–15 %, Mixedlayer Illit/Chlorit 0–5 %, Goethit 0–10 % und Quarz 5–10 %. Die Septarienmergel im unteren Teil der Grube enthalten ziemlich Karbonat (25–35 %), wobei das Calcit/Dolomit-Verhältnis zwischen 2,5 und 5,5 schwankt. Der sandige Charakter der oberen Schichten macht sich durch einen höheren Quarz-Gehalt bemerkbar (Fig. 1). Der Mineralbestand der Tonfraktion der Septarienmergel schwankt folgendermassen: Illit 45–60 %, Montmorillonit 10–25 %, Chlorit 10–20 %, Kaolinit 10 % und Quarz 5–10 %.

Der Mineralbestand der Gesamtprobe und der Tonfraktion der Steine- und Ziegelmischung sind in Tabelle 1 aufgeführt. Aus dem Karbonat- und Quarzgehalt ist die Vermischung von Septarienmergel mit Lösslehm deutlich erkennbar.

In bezug auf die Trockenempfindlichkeit sind diese Tone relativ günstig zusammengesetzt; der Illit und Chlorit geben eine mittlere, der Kaolinit eine geringe und der Montmorillonit eine starke Trockenempfindlichkeit. Der günstige und ungünstige Einfluss bei den letzteren Mineralien wird einander nahezu aufheben.

Grisigen. Die Mergel und sandigen Mergel der unteren Meeresmolasse (Fig. 2) haben Karbonatgehalte, die meist um 30 % schwanken, wobei der Gehalt in einzelnen Bänken bis 40 % oder auch nur 20 % erreichen kann. Das Calcit/Dolomit-Verhältnis schwankt zwischen 4 und 11. Der Quarzgehalt liegt meist zwischen 15 und 35 %. Der Mineralbestand der Tonfraktion liegt etwa innerhalb folgender Grenzen: Illit 35–50 %, Mixed-layer Illit/Montmorillonit 20 bis 40 %, Chlorit 5–15 %, Kaolinit 5–10 %, Quarz etwa 10 % und Albit 0–2 %.

Die quantitative Zusammensetzung der in Tabelle 1 aufgeführten Backsteinmischung entspricht etwa dem Durchschnittswert der verschiedenen Schichten. Trotz seinem hohen Gehalt an Mixed-layer Illit/Montmorillonit ist

diese Mischung wenig plastisch. Dies könnte verursacht sein durch die Tatsache, dass der Illit sehr gut kristallisiert ist und fast als Glimmer betrachtet werden kann. Durch die Diagenese und die tektonische Beanspruchung sind diese Grösiger Mergel schon stark verfestigt, was eine mechanische Zerlegung in die Einzelkomponenten praktisch unmöglich macht. Daher wirkt dieser Mergel „magerer“ als man von seiner Korngrößenverteilung her erwarten würde.

Inwil. Die Schichten im oberen Teil der Grube (Fig. 3) sind im allgemeinen quarz- und karbonatreicher als die im unteren Teil. Das Calcit/Dolomit-Verhältnis schwankt von 1–10. Die Zusammensetzungen der Tonfraktion variieren wie folgt: Illit 20–70 %, Montmorillonit 10–60 %, Chlorit 10–20 %, Goethit 0–10 %, Quarz 5–10 %. Hierbei sind die Gehalte an Montmorillonit und Illit negativ korreliert. Nach dem Test von GREENE-KELLY (1953) ist das Montmorillonit-Mineral vorwiegend Montmorillonit s. s. und kann in gewissen Proben mit etwas Beidellit oder Nontronit vergesellschaftet sein.

Die in Tabelle 1 angeführten mineralogischen Zusammensetzungen der Ziegel- und Backsteinmischungen zeigen deutlich, wie in der Ziegeleimischung der Quarz- und Karbonatgehalt niedriger und der Montmorillonitgehalt höher ist. Der relativ hohe Montmorillonitgehalt wird sich bei der Verarbeitung günstig, aber bei der Trocknung eher ungünstig auswirken.

Rapperswil. Die Karbonatgehalte der Schichten (Fig. 4) wechseln sehr stark, ebenso das Calcit/Dolomit-Verhältnis. Gewisse Schichten enthalten nur Calcit oder nur Dolomit, aber im allgemeinen beträgt das Verhältnis etwa 4. Die Zusammensetzung der Tonfraktion ist nicht so variabel: Illit 35–60 %, Chlorit 10–30 %, Montmorillonit 0–20 %, Mixed-layer Montmorillonit/Chlorit 0–15 %, Goethit 0–15 %, Quarz 5–10 %, Albit 0–5 % und Kalifeldspat 1–5 %.

Der Quarz- und Karbonatgehalt nimmt von der Stein- über die Ziegel- bis zur Plättchenmischung ab (siehe Tabelle 1). Bei diesen Proben aus der unteren Süsswassermolasse machen die Feldspatgehalte mit über 10 % schon einen wesentlichen Bestandteil aus, was vor allem auf das Sinterungsverhalten einen grossen Einfluss hat.

Frick. Die von dieser Ziegelei verwendeten Opalinus-, Obtusus- und Keuper-tone sind in früheren Arbeiten (PETERS, 1962 und 1964) tonmineralogisch untersucht worden. Die Opalinustone sind etwas karbonatärmer (5–10 %) und feinkörniger als die Obtusustone (5–20 % Karbonat), die Zusammensetzung der Tonfraktion ist sehr ähnlich: Illit 50–65 %, Kaolinit 15–25 %, Chlorit 10–15 % und Quarz etwa 5 %. Die Mergel und sandigen Tone des Keupers haben sehr variable Dolomitgehalte. Die Tonfraktion besteht vorwiegend aus Illit mit Chlorit und dem Mixed-layer-Mineral Corrensit.

Tabelle 1. Mineralogische Zusammensetzung der Gesamtproben und der Fraktion $< 2 \mu$ einiger Ziegeleirohstoffe
 Mineralgehalte in Gew.-%. Abkürzungen: sp = Spur, pr. = Presse

Mischung	Gesamtproben						Dekarbonatisierte Fraktion $< 2 \mu$					
	Quarz	Karbo-nat	Albit	Kali-feldsp.	Calcit/ Dolomit/ Verh.	Illit	Chlorit	Kaoli-nit	Montmo- rillonit	Mixed- layer Miner.	Goethit	Quarz
Allschwil Steine	26	21	5	2	4	45-50	10	10	15	15-20	< 5	5-10
" Ziegel	28	20	5	2-3	3-4	50	10	5-10	20-25	35	5-10	5
Inwil Steine	29	23	4	4	4	50	10-15				5	2-5
" Ziegel	23	17	3	5	4	45	10-15				5	5-10
Rapperswil Steine	27	20	6	5	5	55	10-15		10-15		5	5-10
" Ziegel vor pr.	19	13	9	3-4	5	50	20		10-15		5	5-10
" Ziegel nach pr.	24	14	8	4	5-6	40	25		15		5-10	5-10
" Plättchen	20	10	6-7	4-5	5	50	25-30		5-10		< 5	5-10
Horw Steine	23	27	3	sp	7	40	10	10		25-30		10
Frick Steine	25	10	4	3	3	60	5	25		5-10		5
" Ziegel vor pr.	27	8-9	4-5	2	3	50-55	5	25-30		5-10	< 5	5
" Ziegel nach pr.	23	8	4	2	3	55-60	5	25-30		5	< 5	5

Bei den Ziegel- und Steinmischungen (Tabelle 1) fällt, verglichen mit den Mischungen der anderen Ziegeleien, der niedrige Karbonatgehalt und der hohe Anteil an Kaolinit auf. Diese für die Ziegelherstellung günstigen Bedingungen werden ein wenig beeinträchtigt durch die schwierige Aufbereitung des Opa-linustons, der meist in cm-grosse Stückchen zerfällt.

Dilatometrie

Die Bestimmung der dilatometrischen Kurven gehört in der Keramik seit langem zu den Standardverfahren der Untersuchung von Scherben und Glasuren. Daneben sind die Dilatometerkurven auch verschiedentlich zur Identifizierung von Tonmineralien in Gemischen herangezogen worden (STEGER, 1938, FORKEL, 1955).

Von allen Gesteinsproben und Mischungen, deren Mineralbestand röntgenographisch ermittelt wurde, sind Dilatometerkurven aufgenommen worden. Von jeder Probe wurden mindestens 2 Aufnahmen gemacht: eine mit niedriger Empfindlichkeit bis etwa 1100°C , um das Brennverhalten bei höheren Tem-

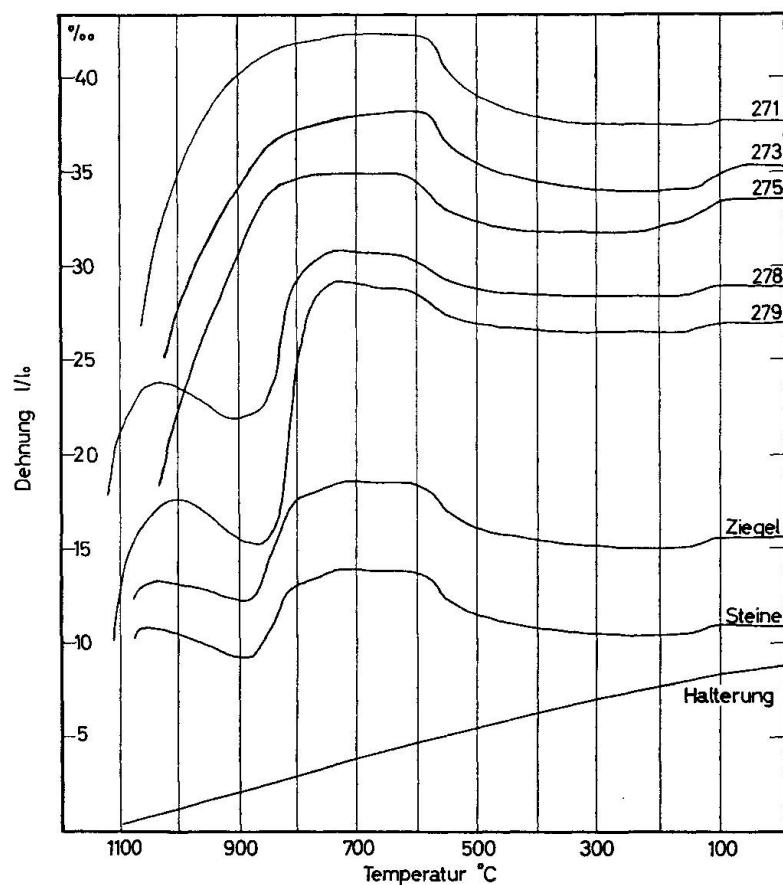


Fig. 6. Dilatometerkurven von Tonproben, Ziegel- und Steinmischungen aus der Tongrube Allschwil. Aufheizgeschwindigkeit 5°C pro Minute.

peraturen zu erfassen. Und eine zweite mit grosser Empfindlichkeit für den unteren Temperaturbereich, wo das Absorptions- und Kristallwasser abgegeben wird. In den Fig. 6, 7, 8 und 9 sind nur die Aufnahmen mit niedriger Empfindlichkeit dargestellt. Die Dehnung bei etwa 50° und die Schwindung zwischen 50 und 200° stehen mit dem Tongehalt in Beziehung. Die Dehnung bei etwa 50° wird um so geringer je langsamer man aufheizt; sie entsteht also dann,

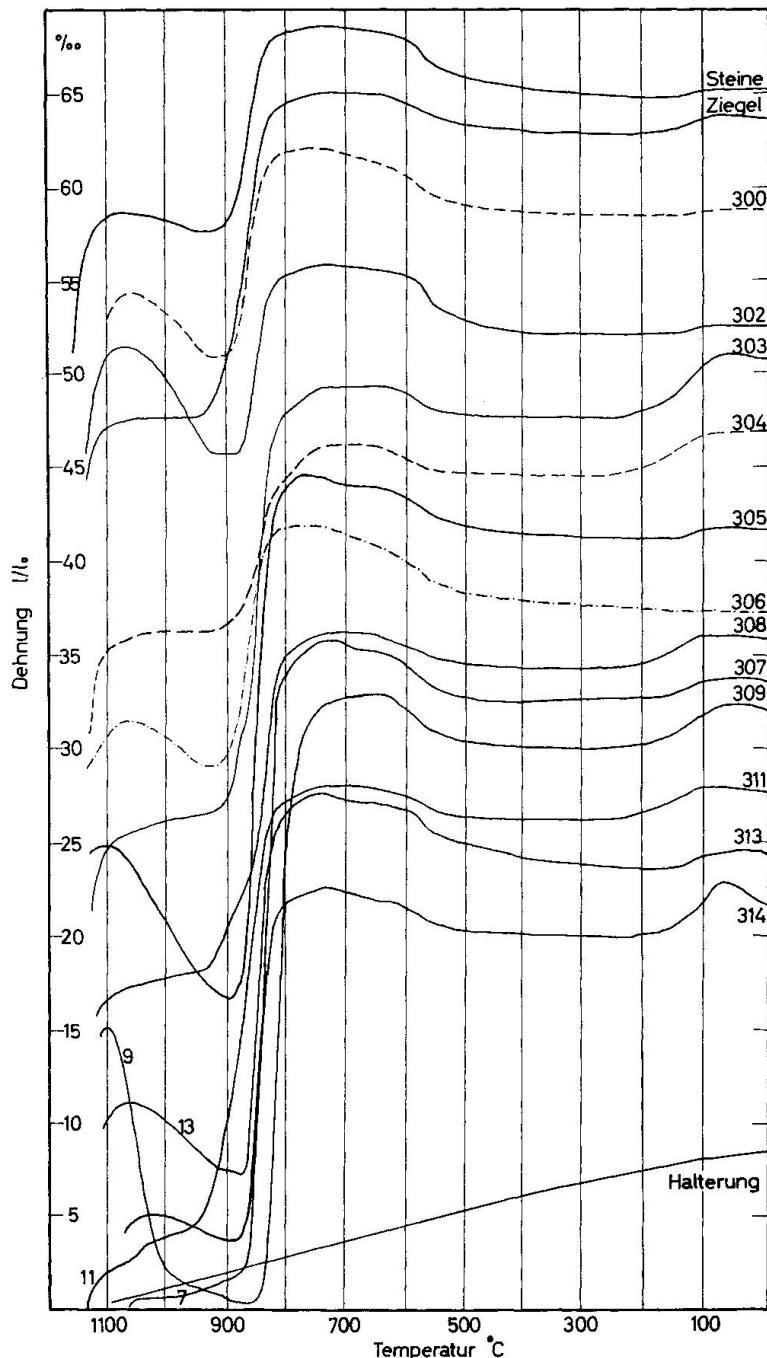


Fig. 7. Dilatometerkurven von Tonproben, Ziegel- und Steinmischungen der Tongrube Inwil.
Aufheizgeschwindigkeit 5° C pro Minute.

wenn das absorbierte Wasser nicht schnell genug ausgetrieben werden kann. Messungen in diesem Bereich können wertvolle Hinweise auf das Trockenverhalten der verschiedenen Ziegelmischungen liefern. Die Schwindung zwischen 50 und 200°C ist grösser für montmorillonitreiche Proben als für illitreiche. Die mehrstufige Entwässerung des Montmorillonits spiegelt sich oft auch in den Dehnungskurven wider.

Zwischen 200 und 500° tritt nur eine regelmässige, schwache Dehnung auf. Um 575° verursacht der Quarz eine starke Dehnung, deren Grösse ein direktes Mass für den Quarzgehalt der Proben liefert.

Ab etwa 820° sieht man bei allen Proben eine schlagartige Schwindung,

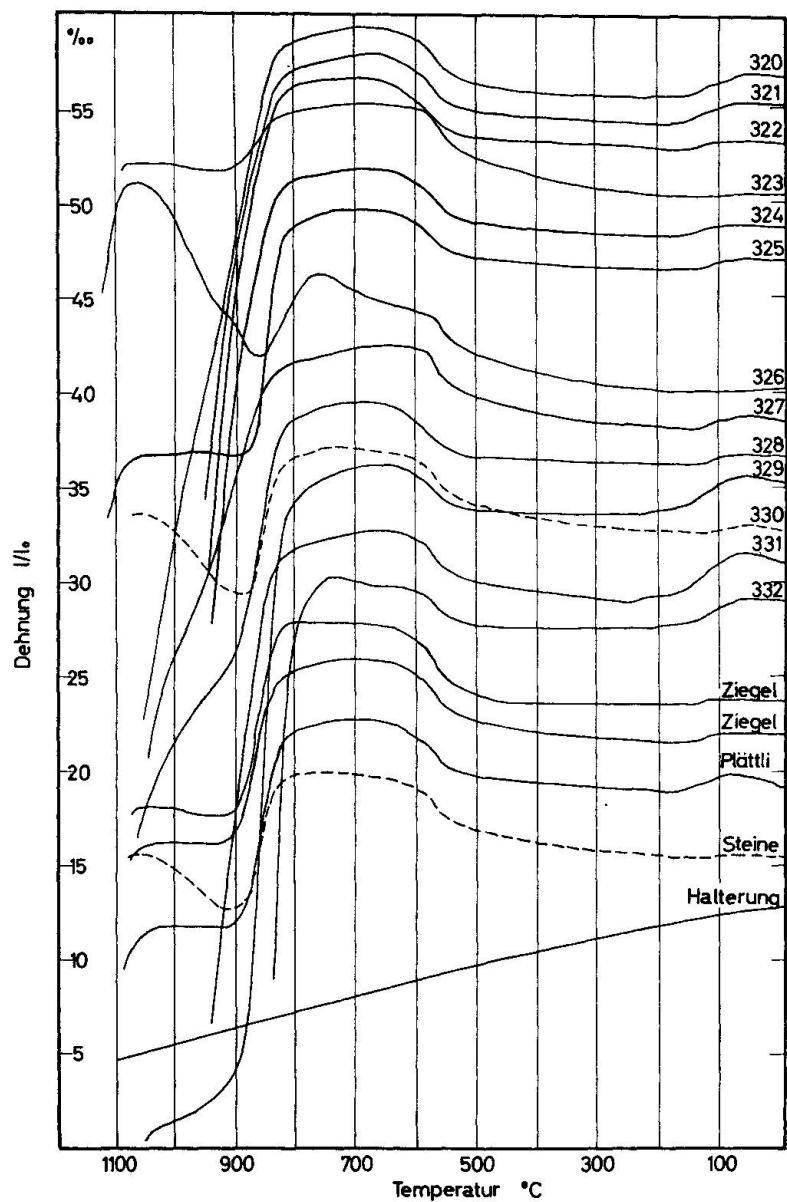


Fig. 8. Dilatometerkurven von Tonproben, Ziegel- und Steinmischung der Tongrube Rapperswil.
Aufheizgeschwindigkeit 5° C pro Minute.

verursacht durch die beginnende Trockensinterung. Bei illitischen und montmorillonitischen Tonen ist diese Anfangstemperatur etwa gleich, nur geht bei den illitischen Tonen die Trockensinterung ab etwa 950°C direkt in die Schmelzsinterung über, die bei Montmorillonit erst nach 1200°C erreicht wird. In den meisten Proben ist der Kaolinit-Anteil zu gering, als dass sich die höhere Trockensinterungstemperatur von Kaolinit bemerkbar machen kann. Auch sei hier zu bemerken, dass die Sinterungstemperatur von mit Illit oder Montmorillonit verunreinigten kaolinitischen Tonen tiefer liegt als bei reinem Kaolinitton. Dies ist ähnlich wie bei der DTA, wo die Zerfallstemperatur der Karbonate durch Beimischungen von Tonmineralien herabgesetzt wird.

In vielen unserer Proben findet nach 900°C wieder eine Dehnung statt.

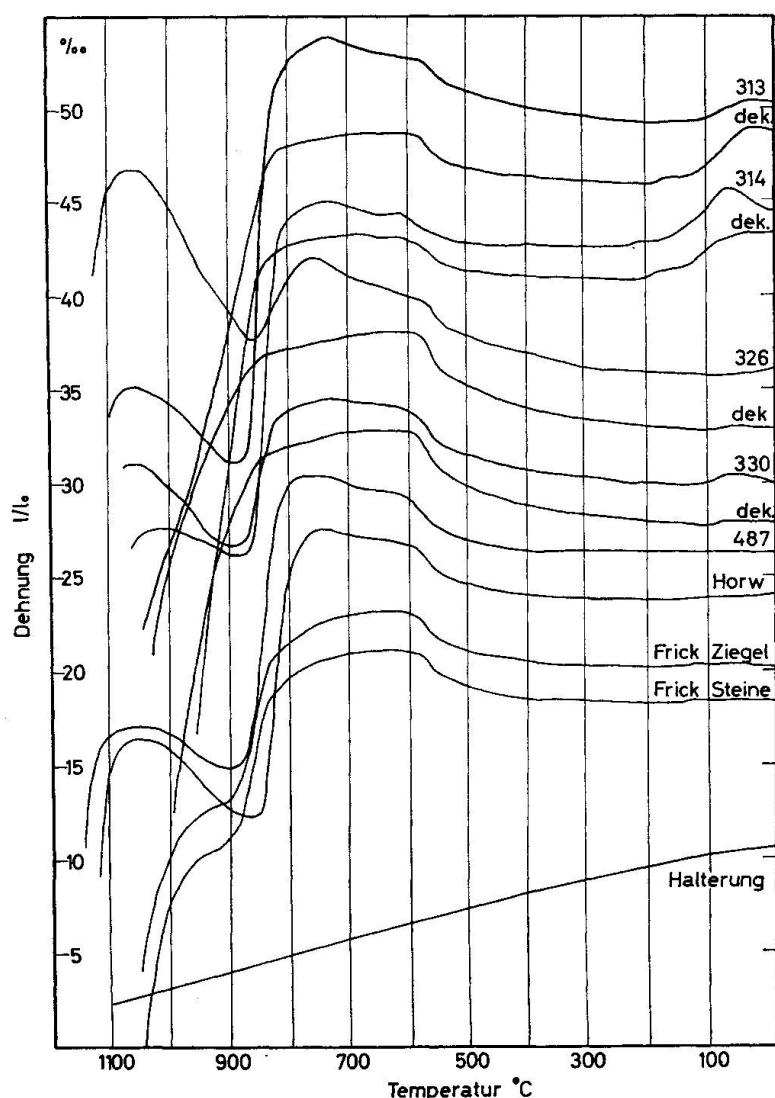


Fig. 9. Dilatometerkurven von Ziegel- und Steinmischungen der Tongruben Frick und Grisigen. Als Vergleich einige Proben mit und ohne dem Dekarbonatisieren. Aufheizgeschwindigkeit 5°C pro Minute.

Diese Dehnung kann, wie aus Vergleichen mit dekarbonatisierten Proben in Fig. 9 hervorgeht, mit dem Karbonatgehalt der Proben in Verbindung gebracht werden. Je mehr Karbonat, desto grösser die Dehnung.

Die Dilatometerkurven der Ziegel- und Steinmischungen zeigen alle zwischen 900 und 1000° C ein Plateau, wo praktisch keine Längenänderungen auftreten. Hier wird also die Schwindung, die von den Tonmineralien herrührt, gerade durch die Dehnung kompensiert, welche durch den Zerfall der Karbonate verursacht wird. Mit den Dilatometerkurven lässt sich also sehr gut das Sinterungsverhalten der Proben und somit die geeignete Brenntemperatur bestimmen. Hierbei muss die Aufheizgeschwindigkeit berücksichtigt werden; unsere Aufnahmen wurden mit 5° C pro Minute gemacht, heizt man aber mit 1° C pro Minute, dann verschieben sich die Minima und Maxima in den Kurven um etwa 15° C nach niedrigeren Temperaturen in diesem Temperaturbereich.

Betrachtet man die absoluten Längenänderungen der bis 950° C (normale Brenntemperatur für Ziegel und Backsteine) gebrannten Proben gegenüber den ungebrannten (hierbei sollte die Kurve „Halterung“ in den Fig. 6 bis 9 als Ordinate genommen werden), so fällt auf, dass sie für die meisten Ziegel- und Steinmischungen sehr gering ist. Dies muss bei der Auswahl von Schichten oder ganzen Formationen für geeignete Mischungen ebenfalls berücksichtigt werden.

Parallel zu den dilatometrischen Messungen sind alle genannten Proben auch mit der DTA-Apparatur untersucht worden. Es stellte sich hierbei heraus, dass im allgemeinen mit den DTA-Kurven weniger über den Mineralbestand und das Brennverhalten ausgesagt werden kann als mit den Dilatometerkurven. Nur der Karbonatanteil und die verschiedenen anwesenden Karbonatmineralien lassen sich besser mit der DTA erfassen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Dilatometerkurven neben ihrer Bedeutung für das Brennverhalten der Proben auch Aufschluss geben über den Karbonatanteil, den Quarzgehalt (der etwa proportional dem Sandanteil ist), den Tongehalt und über die Trocknung bei Temperaturen bis 100° C.

Farbe

Die Erforschung des Einflusses des Mineralgehaltes auf die Brennfarbe war nicht eines der Hauptziele unserer Untersuchungen. Es war aber möglich im Laufe der verschiedenen Messungen einige Zusammenhänge zwischen mineralogischer Zusammensetzung und Brennfarbe der Proben festzustellen. Die bekannte (SALMANG, 1958) Aufhellung der Farbe durch die Anwesenheit von Karbonaten wurde immer wieder beobachtet. Ferner stellten wir fest, dass bei gleichem Fe-Gehalt der Proben die rote Brennfarbe um so intensiver wird, je grösser das Verhältnis Goethit/Hämatit (in der Mischung) und je feinkörniger der Hämatit verteilt ist. Wahrscheinlich ist das günstige Verhalten

des Goethits ebenfalls auf seine feine Verteilung in den Gesteinen und Mischungen zurückzuführen. Der Hämatit wurde den Sedimenten fast immer detritisch zugeführt und ist dann oft in grösseren Aggregaten vorhanden, welche geringe oder eher schwarze statt rote Farbtöne hervorrufen.

Herrn Prof. Dr. E. Niggli danke ich für die Förderung dieser Arbeit und Herrn cand. min. J. P. Jenni für seine Hilfe bei den Untersuchungen. Der Kommission zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung aus Arbeitsbeschaffungskrediten des Bundes sei für ihre finanzielle Unterstützung besonders gedankt. Den Direktionen der Ziegeleien: Passavant-Iselin und Cie. AG in Allschwil, AG Ziegelwerke Horw-Gettnau-Muri, Gebr. Ineichen in Inwil, L. Gasser AG in Rapperswil BE und Frick AG danke ich für ihre Bereitwilligkeit bei der Probenahme.

Literatur

- ACKERMANN, Ch. et al. (1965): Untersuchung über den Einfluss von verschiedenen Tonmineralien auf die Trockeneigenschaften trockenverpresster, feinkeramischer Massen. Ber. dtsch. keram. Ges. 42/3.
- FORKEL, W. (1955): Qualitative und quantitative Untersuchungen an Dilatometerkurven von Tonen. Heidelberger Beitr. Min. Petr. 5.
- GASSER, U. (1969): Bericht über die VSP-Exkursion etc. Bull. Ver. Schweiz. Petrol. Geologen (im Druck).
- GREENE-KELLY, R. (1953): Identification of montmorillonoids. J. Soil. Sci. 4.
- HILDEBRAND, W. F. et al. (1953): Applied inorganic analysis. J. Wiley and Sons. New York.
- PETERS, Tj. (1962): Tonmineralogische Untersuchungen an Opalinustonen und einem Oxfordienprofil im Schweizer Jura. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 42/2.
- (1964): Tonmineralogische Untersuchungen an einem Keuper-Lias-Profil im Schweizer Jura (Frick). Schweiz. Min. Petr. Mitt. 44/2.
- (1969): A simple Device to avoid Orientation Effects in X-ray Diffractometer Samples (im Druck).
- SALMANG, H. (1958): Die Keramik. Springer-Verlag. Berlin. 4. Aufl.
- SEIDEL, G. (1962): Die Eigenschaften der thüringischen Ziegelrohstoffe in bezug auf ihre technische Verwertung. Silikattechnik. 13/7.
- STEGER, W. (1938): Ausdehnungs- und Schwindungsmessungen an ungebrannten keramischen Massen. Ber. dtsch. keram. Ges. 19/2.
- WINKLER, H. F. G. (1954): Bedeutung der Korngrössenverteilung und des Mineralbestandes von Tonen für die Herstellung grobkeramischer Erzeugnisse. Ber. dtch. keram. Ges. 31/10.

Manuskript eingegangen am 30. April 1969.