

# Kiesschlamm als potentieller Rohstoff?

Autor(en): **Peters, Tjerk / Iberg, Rolf / Mumenthaler, Thomas**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **100 (1982)**

Heft 19

PDF erstellt am: **21.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-74805>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

## Kiesschlamm als potentieller Rohstoff?

Von Tjerk Peters, Bern, Rolf Iberg und Thomas Mumenthaler, Zürich

Die Schweiz ist ein rohstoffarmes Land – ist sie das wirklich? Wenn uns dies, aus was für Gründen auch immer, eingeredet wird, haben sich auch in dieser Hinsicht die Zeiten geändert. Wer zum Beispiel einmal Geologen und Hydrologen durch die Schweiz, insbesondere durch die Alpen, begleitet hat, der wird den Eindruck nicht mehr los, wie sich diese über unseren Wasserreichtum und gleichzeitig über unsere Wasserverschwendung gewundert haben. Und, weiss man denn, ob in unserem Land Erdöl oder Erdgas vorkommen? Positive Indikationen im Entlebuch setzen da zumindest ein Fragezeichen. Anderswo hätte man zumindest ähnliche geologische Strukturen gründlich auf ihre Erdölhoffigkeit abgesucht. Indessen sucht man jetzt mit gleichen geophysikalischen und geologischen Methoden im Untergrund nach Stellen, wo man den radioaktiven Abfall deponieren kann.

Kies, Sand und Steine sind in jüngster Zeit Mangelware geworden. Oft müssen sie über weite Strecken an ihren Verwendungsort gebracht werden, was einen erheblichen Energieverbrauch und eine zusätzliche Belastung der Umwelt bedeutet. Immerhin ist jetzt ein nationales Forschungsprogramm «Rohstoff- und Materialprobleme» im Gang, das sich wenigstens mit einem Aspekt der Rohstofffrage bzw. mit der Wiederverwendung von Abfällen befasst, von denen man bis jetzt am liebsten nicht gesprochen hat. Der folgende Beitrag befasst sich mit einem Aspekt dieser Frage.

–yer.

Zwischenbericht aus dem Forschungsprojekt «Beitrag zur Nutzbarmachung und Bewirtschaftung stark verlehmteter Kiesvorkommen», das im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms «Rohstoff- und Materialprobleme» des Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung durchgeführt wird.

Der bewusste Abbau von verlehmtetem Kiesmaterial könnte insofern interessant sein, wenn sich eine technisch und wirtschaftlich vertretbare Verwertung von Kieswaschschlamm anbieten würde.

Dem vorliegenden Forschungsprojekt liegt somit die Zielsetzung zugrunde, durch eine systematische Erforschung der Kiesschlammigenschaften Chancen und Möglichkeiten für eine nutzbare Verwertung des zur Diskussion stehenden Kieswaschabfalles aufzuzeigen. Nachfolgend soll nun über den Stand der bisherigen Untersuchungen berichtet werden.

### Problemstellung

In den letzten Jahren ist es immer deutlicher geworden, dass der Mensch mit Rohstoffen haushälterisch umgehen muss, will man nicht die Entwicklungsmöglichkeiten späterer Generationen schwerwiegend beeinträchtigen. Dies gilt nicht nur für existenznotwendige oder strategische Rohstoffe wie Erdöl und Metalle, sondern auch für die einheimischen Rohstoffe.

Die Bedeutung von Kies und Sand hat seit einigen Jahrzehnten in der Schweiz, wie auch in andern europäischen Ländern, ausserordentlich zugenommen. Parallel dazu hat in der Rohstoffgewinnung ein bedeutender Industrialisierungsprozess stattgefunden. Aus früheren kleinen Kieswerken mit lokalem Charakter sind zum Teil hochmechanisierte Industrieunternehmen von überregionaler Bedeutung hervorgegangen. Als typisches Beispiel hierfür kann die Kies- und Sandausbeutung im Rafzerfeld angeführt werden [1].

Die intensive und grossräumige Nutzung von hochwertigen Kiesvorkommen steht heute und zukünftig immer mehr im Spannungsfeld wichtiger öffentlicher Anliegen:

**Grundwasserschutz.** Kiesvorkommen sind in vielen Fällen auch wertvolle Grundwasserspeicher. Bewilligungsverfahren werden in diesem Zusammenhang restriktiv gehandhabt und

Kiesausbeutungen in Grundwasserschutz-zonen untersagt.

**Siedlungs- und Erholungsraum.** Die oft in der Nähe von grossen Agglomerationen liegenden Schotterterrassen werden auf Grund guter Baugrundvoraussetzungen für grössere Siedlungsprojekte, Industrie- und Infrastrukturbauten prioritätsmässig beansprucht.

**Natur- und Umweltschutz.** Das dichtbesiedelte schweizerische Mittelland ist in bezug auf Natur- und Umweltschutz sensibilisiert. Die Konzentration von Kiesabbaustellen wirft Probleme auf, die in Zukunft neue Abbauprojekte in Frage stellen könnten.

**Wald.** Der Wald übt eine eminent wichtige Schutzfunktion aus, als Erholungsraum und immerwährende Rohstoffquelle ist seine Bedeutung unermesslich. Deshalb sind Kiesvorkommen unter Wald prinzipiell unantastbar.

Alle diese Begrenzungsfaktoren führen im Endeffekt dazu, dass die im schweizerischen Mittelland vorhandenen guten Kieslager nicht unbegrenzt zugänglich sind und für die weitere Zukunft sogar mit stärker eingeschränkten Nutzungsmöglichkeiten gerechnet werden muss. Dies führt zwangsläufig zu der Frage nach Alternativen und Möglichkeiten, wie die Ausschöpfung hochwertiger Kiesqualitäten durch entsprechende Verlagerung auf bisher wenig beachtete, minderwertigere Rohstoffquellen entlastet werden könnte.

### Kies als Rohstoff

Kies und Sand nehmen in der schweizerischen Industrie der Steine und Erden – sei es als Beton im Tief- und Hochbau, als Dammschüttmaterial oder als Zuschlagstoff für die Baustoffindustrie – einen wichtigen Platz ein. Eine nachhaltig ausreichende Rohstoffversorgung diesbezüglich ist volkswirtschaftlich bedeutsam.

Die einheimischen Kiesvorkommen sind eiszeitlichen Ursprunges als Verfrachtungen sehr grosser Schuttmengen aus den Alpen in das schweizerische Mittelland durch Gletscher- und Fluss-transport entstanden. Die ausgedehnten fluvioglazialen Schotterablagerungen sind bezüglich Menge und Qualität die wichtigsten Gesteinsschüttungen in unserem Land [2]. Sie sind ausserdem auch wertvolle Grundwasserträger. Hauptlieferanten des Rohstoffes Kies sind die aus gut sortiertem, sauberem Kies- und Sandmaterial bestehenden Niederterrassenschotter unserer Haupttäler, wo viele Kiesabbaustellen zu verzeichnen sind, wie z. B. entlang dem Rhein zwischen Basel und Schaffhausen, dem Reusstal oder dem Aaretal zwischen Bern und Waldshut.

In Regionen, wo keine Schottervorkommen vorliegen, werden zur Dek-



Bild 1. Kiesschlamm nach natürlicher Austrocknung im Kiesschlammweiher. Die breiten Trockenrisse deuten auf die hohe Feinheit des Abfallstoffes

kung des örtlichen Kiesbedarfes Vorkommen abgebaut, die bedeutend heterogener und verlehmt sind als Niederterrassenschotter. Das Spektrum reicht vom verlehmt Schotter bis zur kiesigen Moräne, wobei heute bereits Vorkommen abgebaut werden, die bis 30 Prozent unbrauchbaren Feinstanteil aufweisen. Mit der Verknappung abbaubarer hochwertiger Schottervorkommen ist vorauszusehen, dass stark verlehmt Kiesvorkommen an Bedeutung gewinnen könnten.

### Besondere Probleme verlehmt Kiesvorkommen

Die Aufarbeitung stark verlehmt Kiesvorkommen stellt Probleme besonderer Art, die technisch und von den wirtschaftlichen Überlegungen her mit der Beseitigung des in grösseren Mengen anfallenden Kieswaschlammes zusammenhängen. Die Wasserrückgewinnung aus dem Kiesschlamm bringt zwar eine nützliche Rezirkulation des

Waschwassers, zurück bleibt aber eine mehr oder weniger eingedickte Masse von Schlamm (Bild 1), die bisher als nicht verwertbarer Abfall ansteht.

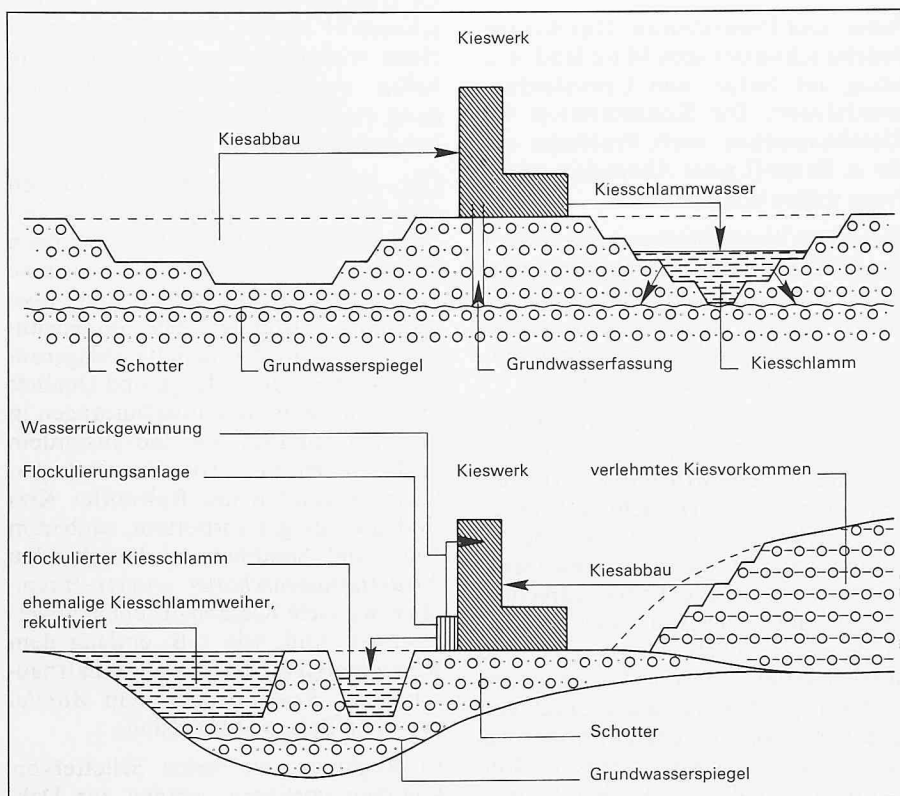
Das durch den erhöhten Lehmanteil anfallende grosse Waschvolumen bringt erschwerende Bedingungen in der Kiesaufbereitung und hat technische und wirtschaftliche Konsequenzen zur Folge, die sich bei der Gewinnung von hochwertigem Schottermaterial beispielsweise nicht stellen (Bild 2). Voraussetzungen dazu sind:

- die Ausscheidung und Bewirtschaftung eines genügend grossen Deponieraumes einerseits und
- die zwecks wirksamer Reduzierung des Schlammvolumens geeigneten Entwässerungsmassnahmen andererseits.

In einem Sedimentationsturm wird unter Zugabe von *Flockulierungsmitteln* eine beträchtliche *Erhöhung der Feststoffkonzentration* von beispielsweise etwa 50 g/l im Kiesschlammwasser auf rund 500 g/l erreicht. Da sich die mechanische Entwässerung des dünnflüssigen Schlammes oft als noch zu wenig wirksam erweist, wurde verschiedentlich schon eine *zweite Entwässerungsstufe* erwogen. Bekannt ist der Einsatz von *Vakuum-Trommelfiltern* oder *Zentrifugiersystemen*.

Die Verwertung von stark verlehmt Kiesvorkommen kann unter dem Druck erheblicher Gewinnungs- und Aufbereitungskosten in Frage gestellt sein, sofern für Kiesschlamm zukünftig nicht interessante, wertvolle Verarbeitungs- und Verwendungsmöglichkeiten erbracht werden können. Um aber die notwendigerweise auf Wirtschaftlichkeitsüberlegungen abgestützten Verwertungsmöglichkeiten von Kiesschlamm als zukünftige, potentielle Rohstoffquelle beurteilen zu können, müssen zuerst *qualitative* Bewertungskriterien für dieses Rohmaterial durch technische Untersuchungen erarbeitet werden.

Bild 2. Prinzipschema einer Kiesgewinnung. Oben: Schottervorkommen Unten: Verlehmt Kiesvorkommen



### Zusammensetzung der Kiesschlämme

Kiesschlämme sind sehr *feinkörnige* und *homogene* Mineralgemische. Sie bestehen vorwiegend aus *Karbonaten* (Kalzit, Dolomit), Quarz, Feldspäte (Albit, K-Feldspat) und Tonmineralien (Illit, Chlorit, Montmorillonit, Kaolin). Die Granulometrie ist sehr stark von der Kornverteilung der Feinstfraktion im Rohmaterial beeinflusst und hängt auch davon ab, bei welcher Korngrösze die nutzbaren Sandkomponenten

ten von den Schlammstoffen abgetrennt werden (Tabelle 1).

Untersuchungen an Kiesschlämmen aus der ganzen Schweiz (ausser Tessin) haben eine *regionbedingte Systematik in der mineralogischen Zusammensetzung* aufgezeigt. Bezeichnend ist dabei, dass der Gehalt an Dolomit, Kaolinit und Montmorillonit von der West- nach der Ostschweiz zunimmt (Bilder 3 und 4). In unseren Untersuchungen werden die verschiedenen Kiesschlamm-Typen nach diesen Gesichtspunkten ausgeschieden.

Kiesschlämme von der Korngrössenfraktion <0,063 mm zeichnen sich durch eine relativ *hohe spezifische Oberfläche* und ein *deutliches Ionenaustauschvermögen* aus. Die in Tabelle 2 dargestellten Kationenumtauschkapazitäten können weitgehend mit dem Tonmineralanteil und der spezifischen Gesamtoberfläche korreliert werden (Bilder 5 und 6). Dabei lassen sich grössere Abweichungen als Folge der verschiedenen Tonmineralarten interpretieren. So weisen montmorillonithaltige Proben eine grössere Kationenumtauschkapazität aus. In allen untersuchten Fraktionen ist Ca<sup>2+</sup> in der Ionenbelegung dominierend. Ferner tritt Mg<sup>2+</sup> in montmorillonitreicheren Proben verstärkt auf.

Kiesschlamm stellt demzufolge nicht eine *inerte Substanz* dar. Wegen dem Kationenaustauschvermögen wirkt Kiesschlamm oberflächenaktiv und kann somit auch unter bodenkundlichen Gesichtspunkten betrachtet werden. So spielt der Ionenaustausch im Boden eine wichtige Rolle bei der *Pflanzenernährung*. Die von den Pflanzenwurzeln über den Atmungsprozess erzeugten Wasserstoffionen (H<sup>+</sup>-Ionen) vermögen die an den aktiven Oberflächen der Tonmineralien haftenden Kationen, z. B. K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup> und Ca<sup>2+</sup>, durch Umtauschreaktionen derart zu mobilisieren, dass diese als Nährionen von den Pflanzenwurzeln aufgenommen werden.

### Verwertungsmöglichkeiten für Kiesschlamm in der Grobkeramik

Auf Grund der Beschaffenheit und den spezifischen Eigenschaften von Kiesschlamm, der Oberflächenaktivität, der Feinheit und dem auffallend homogenen Mineralaufbau innerhalb der einzelnen Schlammtypen lassen sich bezüglich Verwendungsmöglichkeiten interessante Überlegungen und Grundsatzbetrachtungen anhand technischer Modelle, die Gegenstand des vorliegen-

Tabelle 1. Zusammensetzung verschiedener Kiesschlammtypen

Kiesschlamm-Typ Herkunft	A Region Genfer- see	B Region Fribourg	C Region Aarau/ Luzern	D Region Zürich	E Region Zug	F Region Chur	G Region Boden- see
<b>Granulometrie (Gew.%)</b>							
Fraktion < 0,002 mm	32,3	45,1	28,9	10,2	35,6	10,6	20,0
0,002 - 0,020 mm	48,0	41,8	50,3	50,3	40,1	51,4	33,3
0,020 - 0,063 mm	10,6	12,6	17,3	23,7	17,2	29,3	28,7
0,063 - 0,200 mm	9,1	0,5	3,5	14,2	6,9	8,5	18,0
> 0,200 mm	0,0	0,0	0,0	1,6	0,2	0,2	0,0
<b>Mineralogie (Gew.%)</b>							
Kalzit	56,8	47,0	27,7	37,9	38,4	20,0	28,6
Dolomit	2,4	4,4	3,9	8,3	6,4	6,1	21,9
Quarz	11,5	16,3	21,1	33,9	18,4	26,3	21,1
Albit	3	3	8	9	5	14	6
K-Feldspat	2	2	3	4	2	3	6
<b>Tonmineralien:</b>							
Illit	13	17	20	4	18	10	10
Chlorit	4	4	4	2	4	2	2
Montmorillonit	1	1	4	< 1	1	-	3
Kaolinit	2	-	-	-	2	-	1
<b>Chemische Zusammensetzung (Gew.%)</b>							
Glühverlust	29,92	24,79	17,37	21,81	22,08	13,29	25,46
SiO <sub>2</sub>	23,17	32,08	42,24	43,61	36,36	49,54	33,91
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,87	7,98	11,24	4,13	9,12	12,08	6,86
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,65	2,85	4,49	1,47	3,43	5,07	2,84
TiO <sub>2</sub>	0,33	0,33	0,50	0,26	0,42	0,50	0,31
CaO	33,37	27,78	18,73	24,02	23,32	12,85	21,95
MgO	1,59	2,11	1,93	2,91	2,99	2,97	6,93
MnO	0,06	0,07	0,12	0,06	0,08	0,15	0,09
K <sub>2</sub> O	1,06	1,52	2,10	0,70	1,74	2,28	1,30
Na <sub>2</sub> O	0,47	0,48	0,76	0,89	0,59	1,65	0,70
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,12	0,10	0,13	0,09	0,11	0,13	0,09
Total	99,61	100,09	99,61	99,95	100,24	100,51	100,44

Tabelle 2. Ionenumtauschkapazität, spezifische Gesamtoberfläche und Tonmineralanteil der Fraktionen < 0,063 mm aus den Kiesrohmaterialien

Fraktion < 0,063 mm Herkunft	A Region Genfer- see	B Region Fribourg	C Region Aarau/ Luzern	D Region Zürich	E Region Zug	F Region Chur	G Region Boden- see
<b>Ionenumtauschkapazität (m Val/100 g)</b>							
Na <sup>+</sup>	0,41	0,37	0,36	0,18	0,37	0,19	0,72
K <sup>+</sup>	0,18	0,33	0,42	0,13	0,20	0,01	0,21
Mg <sup>2+</sup>	0,99	2,60	2,03	0,84	0,89	0,58	2,86
Ca <sup>2+</sup>	13,43	16,60	19,98	8,66	12,38	6,00	10,91
Total	15,0	19,9	22,8	9,8	13,8	6,8	14,7
<b>Spezifische Gesamtoberfläche (m<sup>2</sup>/g)</b>							
	143	150	181	83	112	69	113
<b>Tonmineralienanteil (%)</b>							
	20	35	40	10	25	10	15

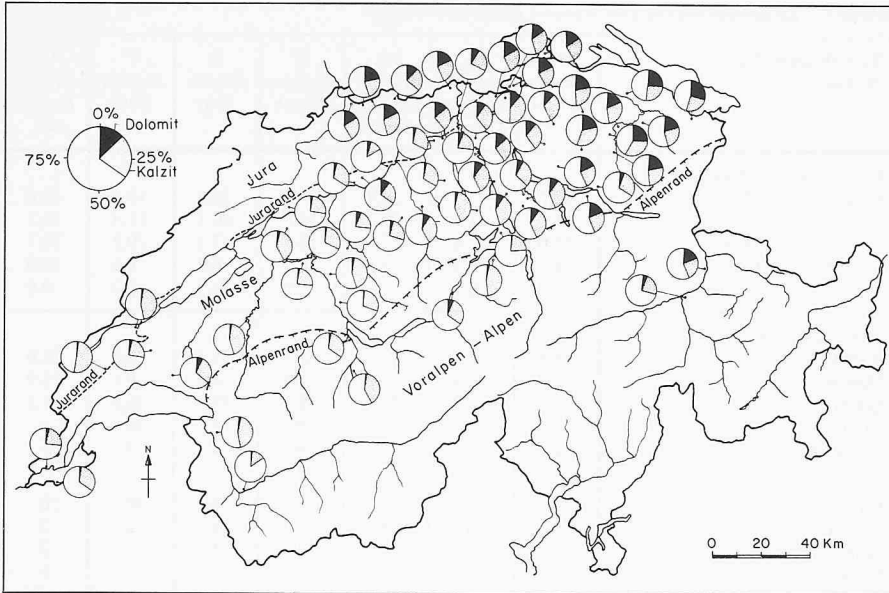


Bild 3. Kalzit- und Dolomitgehalt schweizerischer Kiesschlämme [3]

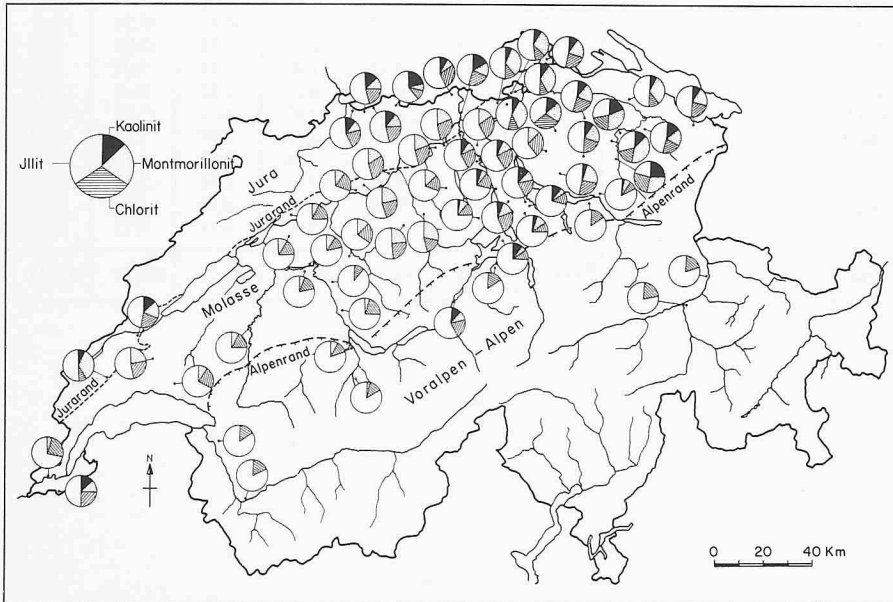


Bild 4. Tonmineralverteilung in schweizerischen Kiesschlämmen [3]

Bild 5. Zusammenhang zwischen Ionenaustauschkapazität und Tonmineralgehalt der Korngrössenfraction <0,063 mm

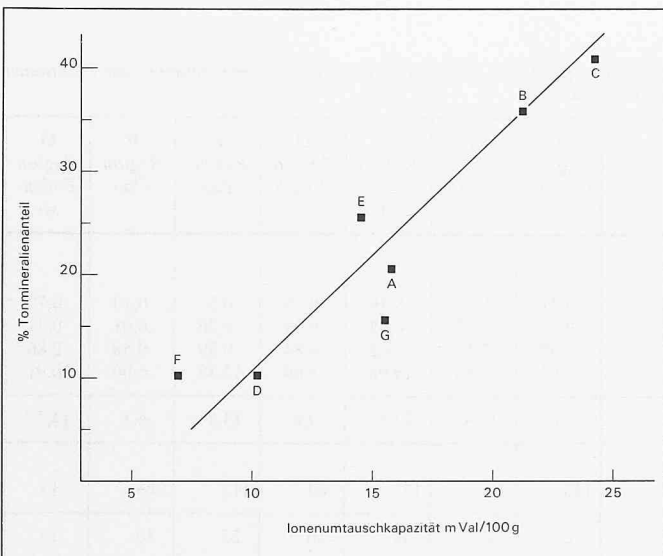
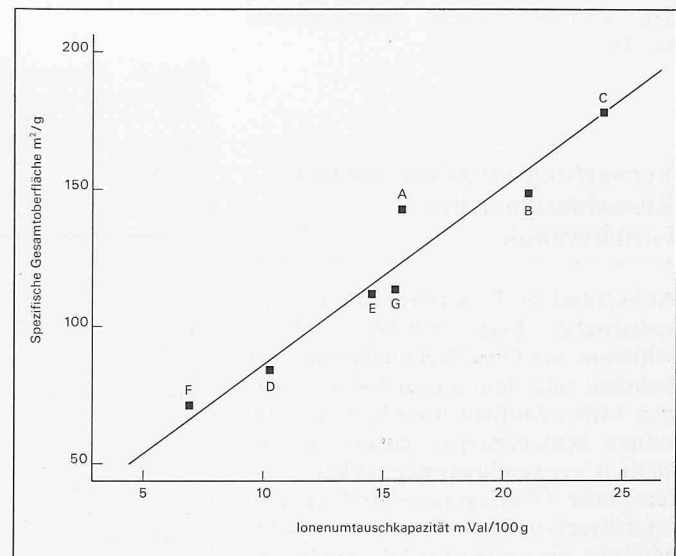


Bild 6. Zusammenhang zwischen Ionenaustauschkapazität und spezifischer Gesamtoberfläche der Korngrössenfraction <0,063 mm



den Forschungsprojektes bilden, anstellen.

Das besondere thermische Verhalten von Kiesschlamm (Bild 7) war Anlass für eine erste technische Beurteilung, die den Kiesschlammzusatz im ziegeleitechnischen Prozess betrifft, worüber nachfolgend berichtet wird. Weitere Modellbetrachtungen sollen dabei in späteren Veröffentlichungen behandelt werden.

Mit ansteigender Temperatur werden zuerst die Karbonate Kalzit und Dolomit im Bereich von 750 °C als Folge der CO<sub>2</sub>-Dissoziation in CaO und MgO zersetzt, die ihrerseits wieder mit den Silikaten und den thermischen Zerfallsprodukten aus den Tonmineralien oberhalb 850 °C in Wechselbeziehung treten, Umsetzungsreaktionen eingehen und Mineralneubildungsphasen entstehen lassen [4, 5, 6, 7, 8]. So konnte im gebrannten Kiesschlamm neben Plagioklas und Diopsid auch das vom Zement her bekannte C<sub>2</sub>S (2 CaO · SiO<sub>2</sub>) als weitere Neubildungsphase nachgewiesen werden.

Anhand von Labor- und Werkversuchen in der Backsteinherstellung wurde Kiesschlammzusatz in verschiedenen Dosierungen bei folgenden drei Ziegeleirohstoffen untersucht:

- kalkreicher, tonhaltiger Lehm der Oberen Süsswassermolasse (OSM):  
40-50% Kalk (Karbonat), 30-35% Ton (<2µ)
- kalkhaltiger, tonreicher Lehm (OSM):  
18-20% Kalk, 60-65% Ton
- kalkarmer, tonreicher Lehm (Opalinus):  
10% Kalk, 55-60% Ton

Eine Kiesschlammbeimischung zu einem kalkreichen Lehm von mehr als

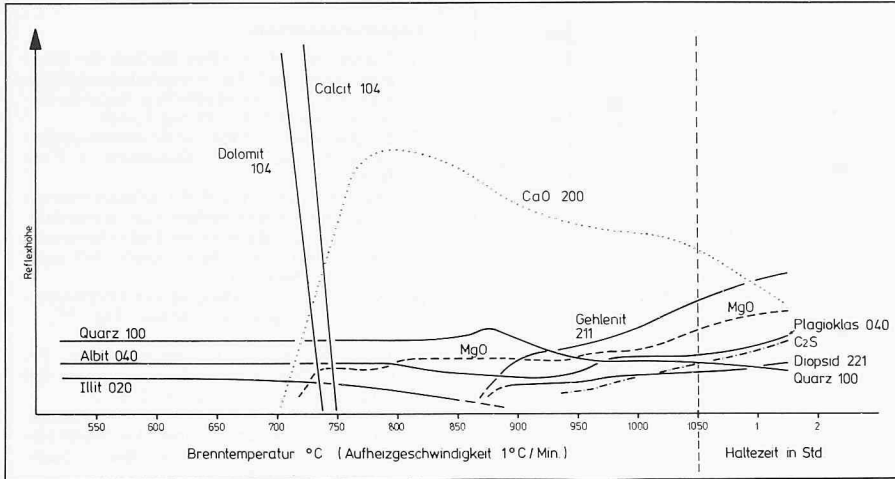


Bild 7. Darstellung des Reaktionsverlaufes der einzelnen Mineralphasen während des Brennens des Kiesschlammtyps G. Aufnahme mit der Röntgendiffraktometer-Heizkamera

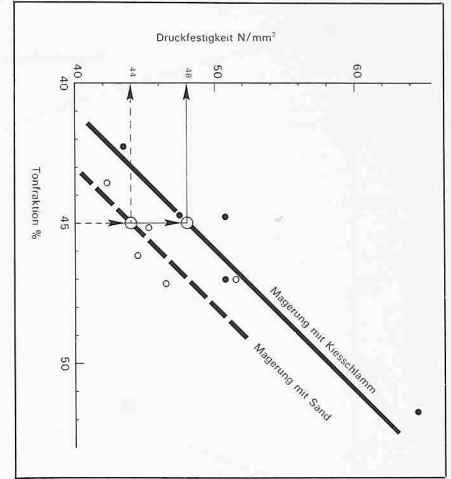


Bild 8. Druckfestigkeit von Backsteinen (1020 °C) in Funktion der Tonfraktion von mit Kiesschlamm bzw. Sand gemagertem Lehm (OSM)

40% CaCO<sub>3</sub> ist - wegen des ungünstigen Magerungseffektes auf den ohnehin bescheidenen Tongehalt eines solchen Lehmes - nicht zweckmässig. Anders dagegen liegen die Verhältnisse bei tonreichem Rohmaterial, wo mit Kiesschlamm verschiedenartige Auswirkungen manifest werden, die sowohl fabrikationstechnische Erleichterungen als auch qualitative Vorteile bringen können. So kann beispielsweise die Trocknungs- und Brennpfndlichkeit gewisser Tone durch geeignete Magerung verbessert werden.

Im Gegensatz zu Sand ist *Kiesschlamm* mehr als nur ein Magerungsmittel. So zeigen Backsteine mit Kiesschlammzusatz zu tonreichem Lehm (OSM) eine erhöhte Druckfestigkeit im Vergleich zu Backsteinen mit äquivalenter Magerung mit Sand (Bild 8). Daraus geht hervor, dass Kiesschlamm auch als thermisch reaktionsfähige Zweitkomponente betrachtet werden kann.

Besonders wirksam ist Kiesschlamm, wenn dieser einem kalkarmen und tonreichen Lehm vom Typus *Opalinuston* beigemischt wird. Als Folge der im Brennprozess stattfindenden Umsetzungsreaktionen und den daraus hervorgehenden Mineralneubildungsphasen (Tabelle 3) nimmt die Kristallinität der Gefügestruktur in gebrannten Produkten mit steigender Schlammddosierung zu. Die in Bild 9 festgehaltenen Strukturunterschiede zwischen einem aus Opalinuston allein und einer Mischung mit 80% Kiesschlammzusatz hergestellten Backstein sind sehr deutlich. Dadurch können die als Begleitscheinung des Dichtbrennens von Opalinuston auftretenden unerwünschten Blähungen und schwarzen Reduktionszonen unterbunden werden. Ferner kann in Funktion der Kiesschlammddosierung, wie aus Bild 10 hervorgeht, eine Palette von nach Druckfestigkeit und Wassersaugvermögen spezifizierten

Endproduktequalitäten erhalten werden.

**Ausblick**

Kiesschlamm, als homogener, feindisperser und oberflächenaktiver Roh-

stoff, hat interessante Eigenschaften, die im Blick auf mögliche, praxisnahe Verwertungsbereiche weiter erforscht werden müssen. Die dem vorliegenden Forschungsprojekt zugrundeliegende Problemstellung ist von grundsätzlicher Bedeutung, erfordert deshalb eine umfassende Beurteilung. Neben den

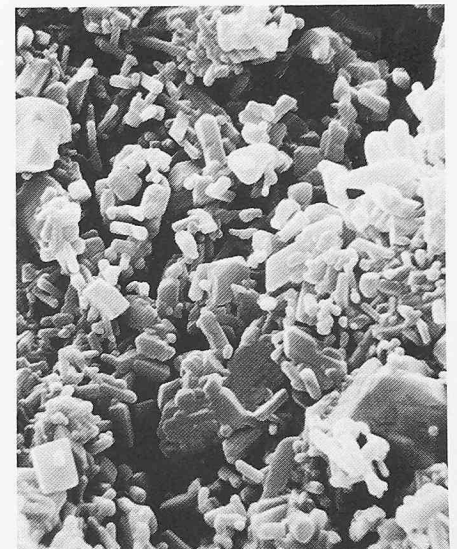
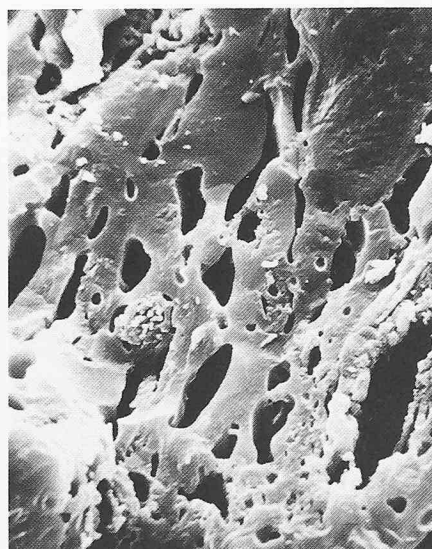
Tabelle 3. Mineralogische Zusammensetzung der gebrannten Scherben (Brenntemperatur: 1020 °C)

Mischungen	Quarz Gew. %	Plagioklas Gew. %	Wollastonit Gew. %	Diopsid Gew. %	Gehlenit Gew. %	Hämatit Gew. %	Rest amorphe Substanz Glas? Gew. %
100 % Opalinuston (Bild 9 links)	15	15-20				5	60-65
75 % Opalinuston 25 % Kiesschlamm	13	23-30		10		7	40-47
50 % Opalinuston 50 % Kiesschlamm	10	22-30	Spuren	19	2	3	36-44
20 % Opalinuston 80 % Kiesschlamm (Bild 9 rechts)	10	15-21	12	23			36-40

Bild 9. Gefügestruktur von gebrannten Backsteinen. Aufnahme im Raster-Elektronenmikroskop (Vergrößerung etwa 1850fach).

Links: «Glasiger» Scherben; Mischung: 100% Opalinuston

Rechts: Grobkristalliner Scherben; Mischung: 20% Opalinuston, 80% Kiesschlamm



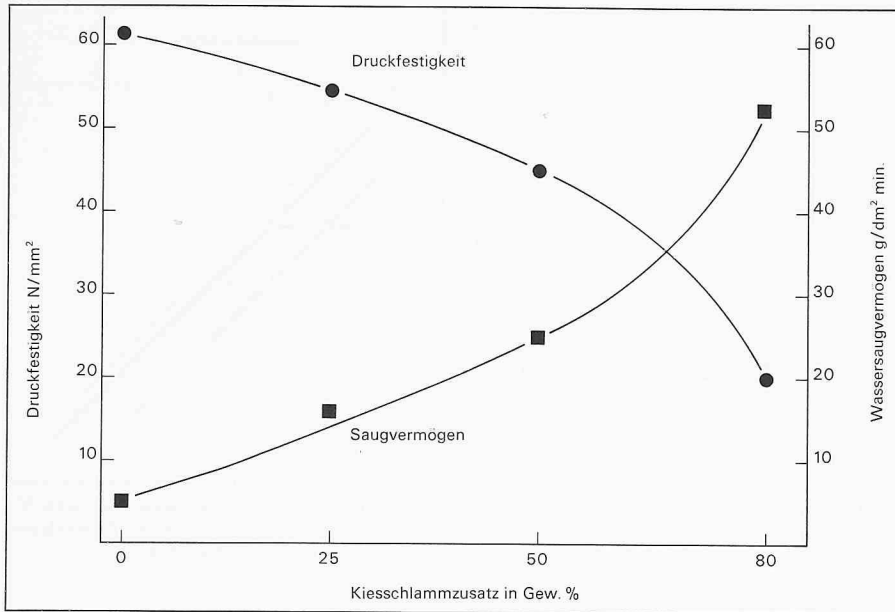


Bild 10. Druckfestigkeit und Wassersaugvermögen von gebrannten Backsteinen in Funktion der Kiesschlammzugabe (Typ D). Mittelwerte aus je zehn Steinen

hier angestellten Betrachtungen wird somit Kiesschlamm auch noch nach anderen Kriterien untersucht, worüber später berichtet werden soll.

Bei allen zur Diskussion stehenden Lösungsmöglichkeiten taucht gleichzeitig die Frage nach der Durchführbarkeit und Wirtschaftlichkeit auf, die in Funktion des Kosten-Nutzen-Verhältnisses zu beurteilen sein wird. Eine ge-

naue wirtschaftliche Gewichtung der verschiedenen Verwertungsmöglichkeiten kann im Rahmen des vorliegenden Forschungsprojektes aber nicht abgegeben werden, da eine solche von den konkreten, von Fall zu Fall stark variierenden Begleitumständen und nicht zuletzt von den individuellen unternehmerischen Überlegungen abhängt.

Der Sinn der vorliegenden Untersu-

chungen liegt deshalb in erster Linie in der Bereitstellung von technologischen Grundlagen, die als Entscheidungshilfen und Impulsgeber für die Problemlösung dienen sollen.

Adressen der Verfasser: Prof. Dr. Tj. Peters, Mineralogisch-Petrographisches Institut der Universität Bern, Sahlistr. 6, 3012 Bern; Dr. R. Iberg und Dr. Th. Mumenthaler, Zürcher Ziegeleien, Postfach, 8021 Zürich.

#### Literaturverzeichnis

- [1] *Stahel, M.* (1973): «Der Einfluss der Kiesgewinnung auf die wirtschaftsgeographische Struktur des nördlichen Kantons Zürich». Juris Druck + Verlag Zürich
- [2] *De Quervain, F.* (1969): «Die nutzbaren Gesteine der Schweiz». Kümmerly + Frey Bern
- [3] *Mumenthaler, Th.* (1979): «Zusammensetzung und Verwertbarkeit von schweizerischen Kiesschlamm im hydrothermalen Härtungsprozess». Beitr. Geol. Schweiz, Geotechn. Serie, 58
- [4] *Iberg, R.* (1971): «Beitrag zur Thermochemie von Ziegelton». Tonind. Ztg., 95, 3, 79-81.
- [5] *Iberg, R., Peters, Tj., Mumenthaler, Th.* (1972): «Beitrag zur Thermochemie von Ziegelton». Tonind. Ztg., 96, 2, 34-37
- [6] *Peters, Tj., Jenni, J. P.* (1973): «Mineralogische Untersuchungen über das Brennverhalten von Ziegeltonen». Beitr. Geol. Schweiz, Geotechn. Ser., 50
- [7] *Peters, Tj., Mumenthaler, Th.* (1977): «Mineralische Baustoffe - Chance für die Schweiz». Neue Zürcher Zeitung, Forschung und Technik, 3. Aug. 1977
- [8] *Peters, Tj., Iberg, R.* (1978): «Mineralogical Changes During Firing of Calcium-Rich Brick Clays». Am. Cer. Soc. Bull., 57/5, 503-506