

# Saponit als Umwandlungsprodukt im basaltischen Tuff von Karolihof (Kanton Schaffhausen)

Autor(en): **Hofmann, Franz / Jäger, Emilie**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **39 (1959)**

Heft 1-2

PDF erstellt am: **23.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-30389>

## **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.

# **Saponit als Umwandlungsprodukt im basaltischen Tuff von Karolihof (Kanton Schaffhausen)**

Von *Franz Hofmann* (Schaffhausen) und *Emilie Jäger* (Bern)

Das basaltische Tuff-Vorkommen von Karolihof liegt 800 m nördlich des Rheins im Gebiete von Ramsen, Kanton Schaffhausen und wurde von F. H. (1956b) erstmals beschrieben. In Weiterverfolgung einer schon damals ausgesprochenen Vermutung konnte festgestellt werden, dass das Tuffmaterial zum grossen Teil in ein montmorillonitartiges Tonmineral umgewandelt ist, das in der Folge am mineralogisch-petrographischen Institut der Universität Bern von E. J. im Detail tonmineralogisch untersucht und als *Saponit* identifiziert werden konnte. Die sedimentpetrographischen und technologischen Daten stammen aus dem Formstofflaboratorium der Georg Fischer AG., Schaffhausen (F. H.).

## **Allgemeine geologische und petrographische Charakterisierung des Vorkommens**

Das Gestein von Karolihof ist eine Tuff-Fazies des feldspatfreien Melilithbasalt-Vulkanismus des Hegaugebietes; es ist als Lapillgestein („Brockentuff“) ausgebildet. Es hat den Anschein, dass es sich bei diesem Vorkommen um eine oberflächliche Schlotpartie oder um Auswurfsmaterial eines Kraterrandes handelt. Nicht uninteressant sind darin vorkommende, aber nicht identifizierbare fossile Tierknochen.

Der Lapillituff von Karolihof ist etwas älter als die nachfolgende Intrusion der eigentlichen Melilithbasalt-Laven, jedoch etwas weniger jünger als die Schichten der pontischen Fossilfundstelle Höwenegg. Der basaltische Vulkanismus des Hegaus entspricht der Schlussphase der dortigen Eruptionstätigkeit und dürfte bereits postmolassisch sein.

Brockentuffe vom Typus Karolihof finden sich in gleichartiger Ausbildung auch an mehreren andern Fundstellen der basaltischen Eruptionen im Hegau (Hohenstoffel, Homboll, Hohenhöwen, Leipferdingen, Höwenegg).

Der mit dem Karolihofgestein gleichaltrige Tuff des Kratermantels am Höweneggvulkan ist stellenweise, besonders östlich des Steinbruches, sehr reich an rein vulkanischem, weitgehend in Tonmineralien umgewandeltem Material. Vereinzelt treten Einlagerungen eines gelben Tones auf, der völlig den Charakter basaltischer Bentonite hat und eine etwas andere Entwicklung der Umwandlung des basaltischen Tuffs repräsentiert. Dieser basaltische Bentonit vom Höwenegg ist nachstehend teilweise zum Vergleich mit dem Material von Karolihof mitberücksichtigt worden. Es ist sehr wahrscheinlich, dass in anderen Partien des sehr heterogenen Höwenegg-Tuffmantels ebenfalls Saponit nachweisbar wäre. Andererseits ist das Vorkommen von Karolihof so schlecht aufgeschlossen, dass gegenwärtig keine Möglichkeit zu einem weiteren Einblick in die allfällige Differenzierung der tonmineralogischen Ausbildung besteht.

Wie bereits 1956 dargestellt, besteht das Gestein von Karolihof aus einer Masse basaltischer Lapilli, die durch ein Bindemittel aus teilweise demselben vulkanischen Material, teilweise aus Kalzit, schwach verfestigt sind. Nicht selten sind eingeschlossene Auswürflinge durchschlagener Molassemergel in Knollen bis Faustgrösse. Auch grünliche Tonschollen haben sich als Molassemergel erwiesen. Andere Auswürflinge sind äusserst selten (gelegentlich Jurakalksplitter). Die meist 2 bis 10 mm grossen Lapilli bestehen aus einer vorwiegend in Tonsubstanz umgewandelten Grundmasse mit grösseren Einsprenglingen an völlig zersetzten, idiomorphen Olivinen nebst ziemlich frischem Pyroxen und wenig Magnetit (siehe auch HOFMANN, 1956 b).

### **Sedimentpetrographische Untersuchungen**

Zur allgemeinen Charakterisierung der Beschaffenheit des Tuffvorkommens von Karolihof wurden einige Untersuchungen nach sedimentpetrographischen Gesichtspunkten durchgeführt. Das Tuffmaterial lässt sich durch wiederholte Benzin-Wasser-Sprengbehandlung weitgehend aufteilen und schlämmen. Der Schlämmrückstand (Sand) setzt sich fast ausschliesslich aus Glimmersand der oberen Süsswassermolasse zusammen; seine Schweremineralfraktion besteht demzufolge vorwiegend aus Granat, etwas Epidot und Akzessorien nebst aus dem Tuff selbst stammendem idiomorphem Pyroxen und etwas Magnetit. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Da der Tuff von Karolihof gleich wie der benachbarte Basalt von Ramsen die zentrale Partie der mächtigen Glimmersandschüttung der oberen Süsswassermolasse durchstossen haben, ist die Durchsetzung mit diesem Material nicht weiter erstaunlich.

Tabelle 1. *Sedimentpetrographische Untersuchungsdaten des basaltischen Lapillituffs von Karolihof*

Dispergierbares Material < 20 $\mu$ (vorwiegend Saponit) . . . . .	76,7%
Schlämmrückstand > 20 $\mu$ , vorw. Glimmersand . . . . .	23,3%
Gesamtkarbonatgehalt . . . . .	10,0%
Dolomit (vorw. im Glimmersand enthalten) . . . . .	3,0%
Kalk (vorw. im Lapilli-Bindemittel) . . . . .	7,0%
Karbonatgehalt des Sandrückstandes > 20 $\mu$ . . . . .	6,9%
Nichtkarbonatische Sandkörner > 20 $\mu$ . . . . .	16,4%

**Tonmineralogische Untersuchungen**

**Aufbereitung**

Zur Gewinnung des im Tuff enthaltenen Tonanteils wurde das Gestein bei 105° C im Ofen getrocknet und sodann durch Tränken mit Benzin und anschliessendes Überführen in Wasser aufgesprengt. Es ist ziemlich schwer dispergierbar, lässt sich aber nach dieser Vorbehandlung durch nasses, leichtes Reiben mit der Hand in einer flachen Aluminiumschale weitestgehend aufteilen. Der entstandene grüne Schlammstoff wurde grob vom Sandrückstand abgeschlämmt, mit max. fünfprozentiger

Tabelle 2. *Chemische Analysen der Saponit- und Pyroxenproben vom Karolihof*

	Saponit roh	Pyroxen	Saponit angereichert	Saponit angereichert minus 5% Pyroxen	Ton minus CaCO <sub>3</sub> = reiner Ton	Molekül-Aequivalent	Atom-Aequivalent	Sauerstoff-Aequivalent	Formeleinheit
SiO <sub>2</sub>	42,22	39,55	42,30	42,34	42,34	7050	7050	14100	Si 3,62
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,66	11,50	7,48	6,89	6,89	676	1352	2028	Al 0,69
TiO <sub>2</sub>	2,23	3,33	1,75	1,51	1,51	189	189	—	—
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,21	8,52	7,10	7,05	7,05	422	884	—	—
FeO	1,73	2,47	1,10	0,78	0,78	109	109	—	—
MnO	0,05	n. b.	0,01	0,00	0,00	—	—	—	—
CaO	5,97	16,08	4,56	3,84	3,62	646	646	646	Ca 0,33
MgO	14,83	11,94	17,19	18,37	18,37	4556	4556	4556	Mg 2,34
K <sub>2</sub> O	0,68	n. b.	0,53	0,45	0,45	48	96	48	K 0,05
Na <sub>2</sub> O	0,76	n. b.	0,35	0,14	0,14	23	46	23	Na 0,02
H <sub>2</sub> O	15,61		17,64	18,65	18,65	—			
CO <sub>2</sub>	0,17		0,17	0,17					
	100,12		100,18					21401	

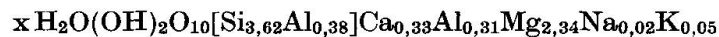
Die Prüfung auf Lithium (wegen Hectorit) verlief negativ.

Essigsäure kalt vom Karbonat befreit, ausgewaschen, mit  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -Lösung in die Ca-Form übergeführt, wieder ausgewaschen und getrocknet. Auf diese Weise entstand die Fraktion „Saponit roh“ der nachstehenden Beschreibung; sie wurde im Laboratorium des mineralogisch-petrographischen Institutes der Universität Bern wie nachstehend dargestellt weiterbehandelt und untersucht.

Der „Saponit roh“ wurde auf eine Ton- und eine Pyroxenreihe untersucht und entsprechend angereichert: 50 g wurden mit Bromoform gravimetrisch getrennt; die leichtere (Ton-)Fraktion wurde zur Zerstörung der restlichen organischen Verbindungen mit  $\text{H}_2\text{O}_2$ -2% aufgeschlossen und geschlämmt, wobei das feinste Material das an Saponit reichere war. Es wurde die Fraktion  $< 10 \mu$  verwendet = „Saponit angereichert“; nach röntgenographischer und optischer Prüfung war darin noch etwa 5% Pyroxen enthalten (im „Saponit roh“ ca. 15%). Aus dem „Saponit roh“ konnte eine Pyroxenfraktion mit mindestens 80% Pyroxen für die Untersuchung gewonnen werden (= „Pyroxen“).

#### Chemische Untersuchungen

Analysiert wurden „Saponit roh“, „Saponit angereichert“ und „Pyroxen“ (dieser nur teilweise, wegen des geringen Anfalls an Untersuchungsmaterial). Alle Proben wurden vor der Analyse 14 Tage bei 50% relativer Luftfeuchtigkeit gehalten. Die Resultate sind in Tabelle 2 enthalten. Aus den Daten ergibt sich folgende Formel:

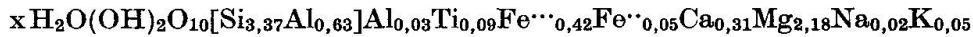


Da die Proben von Karolihof Ca-Tone sind, befindet sich das Ca zum Teil auf Austauschplätzen. Die Prüfung der Basenaustauschfähigkeit hatte folgendes Resultat ergeben:

„Saponit roh“ Karolihof	70 mval/100 g
Basaltischer Bentonit Höwenegg	110 mval/100 g

Inwieweit  $\text{Fe}^{2+}$  und Ti in das Gitter eingebaut sind, ist schwierig zu entscheiden. Die etwas erhöhte Lichtbrechung spricht für einen geringen Fe-Einbau (JASMUND, 1955; GRIM, 1953); andererseits sind im Mikroskop auch in der reinsten Saponitfraktion noch deutlich opake Teilchen erkennbar. Bei der chemischen Anreicherung zeigt sich deutlich, dass das  $\text{Fe}^{2+}$  vorwiegend an den Pyroxen gebunden ist, während  $\text{Fe}^{3+}$  ziemlich gleichmässig auf Pyroxen und Ton verteilt ist. Wegen dieser Unsicherheit wurde bei der Berechnung der Saponitformel auf den Einbau von  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  und Ti verzichtet; ein geringer, sicher nicht vollständiger

Einbau dieser Ionen ist aber gut möglich. Dies zeigt auch die Valenzbilanz: 22 negative Valenzen stehen in der obigen Formel 21,96 positive gegenüber. Wollte man alles Fe und Ti einbauen, so ergäbe sich die Formel:



mit einer positiven Valenzsumme von 22,23 gegenüber einer negativen von 22,00. Auch dies spricht für einen nur schwachen Fe-Einbau.

### Röntgen-Untersuchungen

Zur Identifikation wurden Guinier-de Wolff-Aufnahmen gemacht, zur genaueren Saponit-Analyse Aufnahmen mit der registrierenden Norelco-Apparatur. Die Saponit-Daten sind in Tabelle 3 enthalten. Das Höwenegg-Material ergab, nur grob angereichert, ausschliesslich reinen Montmorillonit.

Beim Saponit konnten keine Linien höher als 16,8 Å gefunden werden. Ausserdem waren die d-Werte der Basisreflexe stets rationale Brüche des 001-d-Wertes, was nach WEARER (1956) typisch für ein homogenes Tonmineral ohne „Mixed-Layer“-Struktur ist.

Die Linie für 060 mit 1,53 ist ganz typisch für trioktaedrischen montmorillonitischen Ton.

Im weiteren wurden stets schwache Reflexe bei 5,570 und 3,410 gefunden, die sich nicht eindeutig einordnen lassen. Es sind sicher keine

Tabelle 3. Pulverdiagramme des Saponits von Karolihof,  $\text{CuK}_\alpha$ , 50% relat. Luftfeuchtigkeit

	Indizes	Saponit roh (Ca)	Saponit roh + NaCl	Saponit roh + Glyzerin (Ca)	Saponit angereichert (Ca)
Basisreflexe	001	14,92	breit 12,70	16,73	breit 14,97
	002	7,51	—	8,38	—
	003	4,987	—	—	breit 5,023
	004	breit 3,789	breit 3,116	—	breit 3,774
	005	breit 2,970	—	breit 3,361	breit 3,035
	006	breit 2,50	—	2,795	—
Weitere Saponitreflexe	110/020	4,583	4,583	4,567	4,458
	130/200	2,650	n. b.	2,610	—
	310/150/240	1,740	n. b.	—	1,738
	060	1,531	n. b.	1,532	1,530

Pyroxenreflexe, da sie im Diagramm des Pyroxens, der zur Eliminierung der Pyroxen-Linien im Saponit auch angereichert geröntget wurde, nicht enthalten sind. Das Pyroxen-Pulverdiagramm (Tabelle 4) entspricht nach ZWAAN (1955) einem Al-reichen Diopsid, was gut der chemischen Analyse und der Optik entspricht (ohne Fe<sup>+++</sup>-Einbau).

Tabelle 4. *Charakteristische Linien des Pyroxen-Pulverdiagramms, Karolihof. CuK<sub>α</sub>*

Indices	d-Werte
{ 220	3,222
{ 221	2,996 $\Delta$ 0,226 Å
{ 131	2,557
{ 221	2,517 $\Delta$ 0,040 Å
{ 221	2,996
{ 310	2,949 $\Delta$ 0,047 Å

#### Optik

Die Lichtbrechung des Pyroxens beträgt 1,672 für  $n_{\beta}$ . Eine Achse tritt senkrecht (100) aus.

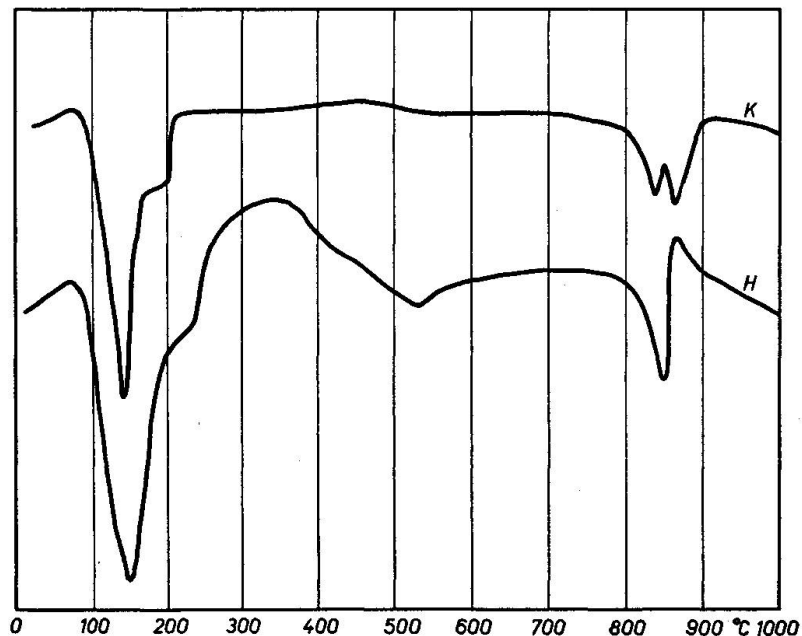


Fig. 1. Ergebnisse der Differentialthermoanalyse des Saponits von Karolihof (K = „Saponit roh“) und des basaltischen Bentonits vom Höwenegg (H).

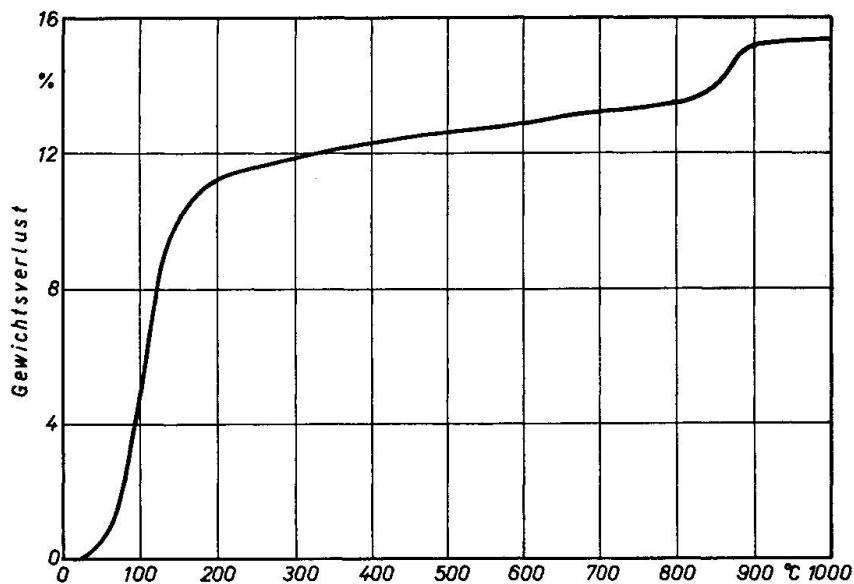


Fig. 2. Thermogravimetrische Kurve des Saponits (roh) von Karolihof.

Beim Saponit ist die Lichtbrechung bei  $n_\alpha$  1,50—1,51, bei  $n_\gamma$  1,53—1,54. Stärker gefärbte Körner ergaben  $> 1,54$ , jedoch stets  $< 1,55$ . Die Lichtbrechung ist also kleiner als jene von Kanadabalsam, was eine gute Unterscheidungsmöglichkeit gegen Serpentin bzw. Chlorit-Montmorillonit-Mischmineral ( $n >$  Kanadabalsam, opt. einachsig —) ergibt.

#### Differentialthermoanalyse und Entwässerung

Die DTA-Kurven des Saponits von Karolihof und des basaltischen Bentonits von Höwenegg sind in Fig. 1 dargestellt; der geprüfte „Saponit roh“ enthielt noch 0,39% Kalzit. Eine Vergleichskurve von Quarz mit 0,4% Kalzit ergab keinen Karbonateffekt bei 800° C, d. h. der Doppelpack der Saponitkurve ist ein echter Toneffekt.

Der basaltische Bentonit vom Höwenegg ergibt eine Kurve, die mehr montmorillonitisch ist, aber deutlich von jenen normaler, saurer Bentonite abweicht. Sie zeigt jedoch den gleichen Charakter wie jene der basaltischen Bentonite des vizeninischen Vulkanismus (Prov. Vicenza, Norditalien). Der Karbonatgehalt des Höweneggbentonits beträgt knapp 0,5%.

Fig. 2 zeigt eine Entwässerungskurve des Saponits von Karolihof.

#### Bindefähigkeit

Der Saponit von Karolihof und der basaltische Bentonit des Höwenegg wurden auch auf Bindefähigkeit geprüft, nach dem Verfahren, das



Tabelle 5. *Bindefähigkeitswerte bei formgerechtem Wassergehalt und 5% Tonzusatz zu belgischem Prüfsand, Mischzeit 5 min*

	Formgerechter Wassergehalt %	Druckfestigkeit feucht g/cm <sup>2</sup>
„Saponit roh“, Karolihof	2,2	360
Basalt. Bentonit Höwenegg	2,6	900
Bentonit Bischofszell	2,6	1080
Bentonit Wyoming	1,9	840

früher beschrieben wurde (HOFMANN, 1956a). Bei 5% Zumischung zu belgischem Quarzsand ergaben sich die in Tabelle 5 zusammengestellten Werte. Der Vergleichswert Bentonit Bischofszell stammt von einer neuen Probe.

Die Bindefähigkeit des Saponits dürfte vor allem wegen der schlechten Dispergierbarkeit und wegen des Gehalts an Pyroxen verhältnismässig bescheiden sein.

Prüft man Tone auf die gleiche Art, jedoch bei hohen Wassergehalten, so ergibt sich die Möglichkeit, den Einfluss der Besetzung mit austauschbaren Kationen auf die Bindefähigkeit sehr deutlich festzustellen („Nassfestigkeitsprüfung“). Mit steigendem Soda-Zusatz aufbereitet, erreicht das Nassbindevermögen ein Maximum bei optimaler Absättigung der Umtauschkapazität mit Na, wobei das auf Austauschplätzen befindliche Ca in CaCO<sub>3</sub> übergeführt und ausgefällt wird. Bei Überdosierung mit Na fällt die Nassfestigkeit wieder ab.

Fig. 3 zeigt den Einfluss des Sodazusatzes auf den Saponit von Karolihof, der überraschend gut auf die Sodabehandlung anspricht. Er verhält sich weitgehend gleichartig wie der Höwenegg-Ton. Zum Vergleich sind die Nassfestigkeitskurven gleichartig hergestellter, fünfprozentiger Mischungen von Bischofszeller- und Wyoming-Bentonit eingetragen. Der Umtausch verläuft beim Bischofszeller Bentonit wegen des Gehaltes an umtauschfähigem Mg nicht so leicht wie bei reinen Ca-Bentoniten. Beim Wyoming-Bentonit (natürlicher Na-Bentonit) ist die natürliche Absättigung mit Na nicht ganz vollständig, so dass eine Vervollständigung derselben und damit noch eine geringe Erhöhung des Nassbindevermögens möglich ist.

Kaolinite reagieren — wegen der sehr geringen Umtauschkapazität — von Anfang an mit einem Abfall des Nassbindevermögens, Illite können hingegen in der Regel noch „aktiviert“ werden.

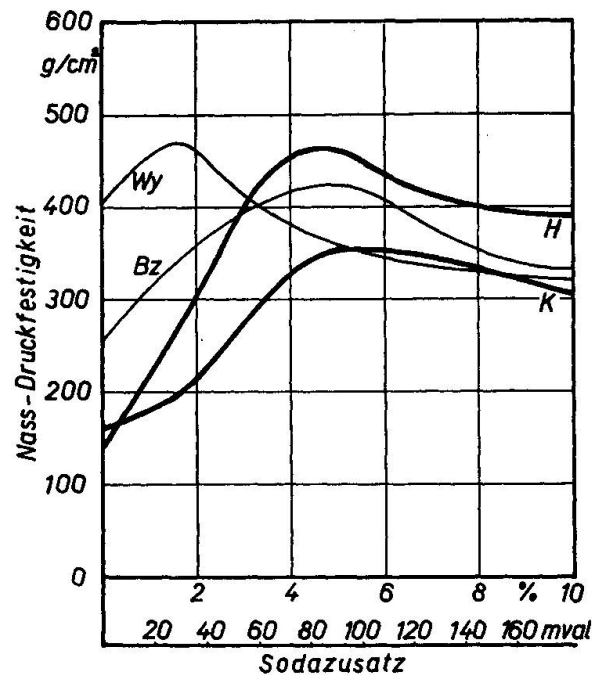


Fig. 3. „Soda-Aktivierungskurven“ des Saponits von Karolihof und einiger Vergleichstone. Mischungen von belgischem Testquarzsand mit 5% Tonzusatz, aufbereitet im Labor-Mischkollergang (+GF+-Simpson) und geprüft bei starker Übernässung, Prüfwassergehalt der Mischung 6,5%. Steigender Zusatz von kalzinierter Soda ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), bezogen auf den Tonanteil.

K = Saponit Karolihof roh; H = basaltischer Bentonit Höwenegg;  
Bz = Bentonit Bischofszell; Wy = Wyoming-Bentonit.

Die Bindefähigkeit von Tonen bei formgerechtem (verarbeitungsgünstigstem) und bei stark übernässtem Zustand sind von erheblicher Bedeutung für deren technische Verwendbarkeit als Formsandbinder für Giessereizwecke.

Die aus Fig. 3 hervorgehenden Werte maximaler Nassbindefähigkeit lassen sich sehr gut mit der Basenaustauschfähigkeit vergleichen (siehe auch S. 118). Sie zeigen auch die nahe genetische Verwandtschaft des Saponits mit dem basaltischen Bentonit des Höwenegg. Die basaltischen Bentonite des videntinischen Vulkanismus verhalten sich ebenfalls gleichartig.

Das Basenaustauschvermögen scheint bei basaltischen Tonen allgemein hoch zu sein. Trotzdem lassen sich basaltische montmorillonitartige Tone nicht in hochquellbare Na-Tone überführen. Sie ergeben mit Wasserüberschuss keine hochviskosen Suspensionen, wie z. B. der Wyoming-Bentonit oder wie viele sodaaktivierte ursprüngliche Ca-Bentonite saurer Provenienz.

### Umwandlungsfolge

Aus den Untersuchungsergebnissen ergibt sich die nachstehende Umwandlungsfolge:

Pyroxen, Olivineinsprenglinge → Serpentin → (Chlorit-Montmorillonit-Mischmineral?) → Saponit.

Es ist sehr wahrscheinlich, dass der grössere Teil des basaltischen Materials aus einem glasig-amorphen Zustand unter dem Einfluss der Eruptionsbedingungen direkt in Tonsubstanz überging, wie dies auch für die ostschweizerischen Bentonite angenommen werden muss (HOFMANN, 1956a).

Das Montmorillonit-7 Å-Mischmineral wurde vor kurzem als häufiges Umwandlungsprodukt von Olivin und Pyroxen beschrieben (WILSHIRE, 1958). Die mikroskopischen Bilder ähneln oft jenen von Karolihof. Das genannte Mischmineral konnte aber in den Proben von Karolihof röntgenographisch nie nachgewiesen werden, da dasselbe nicht sehr häufig ist und wahrscheinlich nicht mit dem Saponit angereichert wird. Nach WILSHIRE beginnt die Umwandlung bald nach der Verfestigung von Laven.

Die Verfasser sind der Schweizerischen Geotechnischen Kommission für die Finanzierung der tonmineralogischen Untersuchungen zu grossem Dank verpflichtet. Herrn Dr. T. Remenyik sei für die Hilfe bei der chemischen Analyse gedankt.

### Literatur

- BRINDLEY, G. W. (1951): X-Ray Identification and Structure of Clay Minerals. Monogr. Min. Soc. Great Britain.
- GRIM, R. E. (1953): Clay Minerals (New York, McGraw-Hill Book Co.).
- HOFMANN, F. (1956a): Sedimentpetrographische und tonmineralogische Untersuchungen an Bentoniten der Schweiz und Südwestdeutschlands. *Eclogae geol. Helv.*, 49/1.
- (1956b): Die vulkanischen Erscheinungen auf schweizerischem Gebiet nördlich des Rheins in der Gegend von Ramsen (Kt. Schaffhausen). *Eclogae geol. Helv.*, 49/1.
- JASMUND, K. (1955): Die silicatischen Tonminerale. Monogr. Angew. Chem. u. Chem.-Ing. Techn., 60 (Verl. Chemie, Weinheim).
- TRÖGER, W. E. (1935): Spezielle Petrographie der Eruptivgesteine (Berlin).
- WEARER, CH. E. (1956): The Distribution and Identification of Mixedlayer Clays in Sedimentary Rocks. *Am. Min.*, 41.
- WILSHIRE, H. G. (1958): Alteration of Olivine and Orthopyroxene in Basic Lavas and Shallow Intrusions. *Am. Min.*, 43.
- ZWAAN, P. C. (1955): On the Determination of Pyroxenes by X-Ray Powder Diagrams. Diss. Leiden.

Eingegangen: 8. Dezember 1958.