

Die bayerischen Molassebentonite: genetische und technologische Aspekte ihrer Erforschung.

von

E.E. Kohler¹ und K. Vogt²

Zusammenfassung

Die Bentonite der südbayerischen Molassezone sind schon seit neun Jahrzehnten Gegenstand geologischer und verfahrenstechnischer Untersuchungen. Ihre Entstehung wurde ursprünglich auf den Riesvulkan, später auf den Molassevulkanismus zurückgeführt. Ihr Ursprung konnte bis heute nicht zweifelsfrei geklärt werden.

In zunehmendem Maße finden die Bentonite Anwendung bei umweltrelevanten Baumaßnahmen, aber auch das Gebiet der klassischen Anwendungen wird ständig erweitert.

Abstract

The bentonites of the southern Bavarian molasse region have been the theme of geological and process engineering research for nine decades. Their genesis was originally traced back to the Ries vulcano, later to the molasse vulcanism. Up to date, their origin has not been clearly defined.

More and more, the bentonites are applied in the environmentally conscious building industry. The classical application fields, however, are also continuously broadened.

¹ Prof. Dr. Ewald E. Kohler, Rosinusweg 22, 8400 Regensburg

² Dr. Klaus Vogt, Prießnitzstraße 12, 8000 München 50

1 Einleitung

In den USA beschäftigten sich Wissenschaftler schon seit Kriegsende mit Kraterbildungen bei unterirdischen und überirdischen Atomwaffentests. Bei vergleichenden Untersuchungen über die Wirkungen irdischer und lunarer Meteoriteneinschläge sowie von Kernwaffensprengungen fanden Shoemaker, Chao und Madsen 1960 im Rahmen eines von der NASA finanzierten Untersuchungsprogrammes sowohl im berühmten Barringer-Meteoritenkrater in Arizona, als auch im Wabar-Krater in Arabien das Mineral Coesit, eine Hochdruckmodifikation von SiO_2 . Dieses Mineral war erst 1953 in einem Industrielabor der Schleifmittelindustrie in Massachusetts synthetisiert worden. Es wurde nunmehr zum Leitmineral für alle Meteoritenkrater.

Bereits im August 1960 entdeckten Chao und Shoemaker auch in einer Suevitprobe von Ötting im Nördlinger Ries dieses Leitmineral - eine hundertjährige Riesdiskussion nahm damit ihr Ende und eine nunmehr drei Jahrzehnte dauernde Ära fruchtbarster Riesforschung nahm ihren Anfang.

Ein Jahr später berichteten Chao & Shoemaker auf dem XXI. Internationalen Geologenkongreß in Kopenhagen über den Coesitfund im Suevit, und noch im September des gleichen Jahres stellte sich Chou mit einem Vortrag

"New Evidence for the Impact Origin of the Ries Basin, Bavaria, Germany."

in Tübingen bei der Jahresversammlung der Deutschen Mineralogischen Gesellschaft (11. - 17.09.61) einem mehr als überraschten deutschen Gelehrtenkreis. Selten zuvor hat eine Nachricht aus einem amerikanischen Forschungslabor deutsche Geowissenschaftler mehr überrascht und/oder aufgeschreckt, wie jener untrügliche Hinweis auf die Impaktnatur des Rieskessels.

Einer jener Pioniere der ersten Stunde, der sofort die Bedeutung dieser Entdeckung richtig einzustufen wußte, war Professor Ekkehard Preuß vom Staatlichen Forschungsinstitut für Angewandte Mineralogie an der Technischen Hochschule München in Regensburg. Preuß hatte 1933 bei Professor Heide, einem weltbekannten Meteoritenforscher in Jena, über die Geochemie von Tektiten promoviert und blieb der Erforschung von Meteoriten, Meteoritenkratern und Tektiten stets treu, auch wenn ihn die akademische Laufbahn inzwischen als vielseitigen Spektroskopiker und akademischen Lehrer an die Technische Hochschule München bzw. nach Regensburg "gelenkt" hatte.

Auf Vorschlag von Preuß konstituierte sich am 2. Dez. 1961 unter Führung von A. Bentz und H. Reich die "Arbeitsgemeinschaft Ries", ein zwangloser Zusammenschluß von am

Ries interessierten Erdwissenschaftlern zur Förderung der Ries-Forschung. Mit der Eingliederung dieser Arbeitsgemeinschaft in das Unternehmen "Erdmantel" (Upper Mantle Project) erfolgte auch der finanzielle Durchbruch der Riesforschung. Bereits am 8. Januar 1968 wurde auf einer wiederum von E. Preuß vorgeschlagenen Sitzung der Arbeitsgemeinschaft in München dem Plan zugestimmt, eine "Dokumentation Ries" in erweiterter Form in der *Geologica Bavarica*, dem Publikationsorgan des Bayerischen Geologischen Landesamtes, zu veröffentlichen. Erstmals wurden damit alle Ries-Forscher erfaßt und ein einzigartiges Datenmaterial zusammengetragen. Ein spezielles mit dem Riesergebnis in Zusammenhang gebrachtes Thema wurde jedoch nicht zur Zufriedenheit von E. Preuß behandelt: das Bentonitproblem. Die vor allem im Raum Moosburg-Mainburg-Landshut vorkommenden Bentonite wurden bislang diskussionslos dem sog. Riesvulkan zugeordnet, seit der Niederlage der Ries-Vulkan-Theorie wagten sich nur wenige Forscher ernsthaft an das komplexe Thema der Genese der niederbayerischen Bentonitlagerstätten.

2 Genetische Aspekte der Bentonitforschung

Als im letzten Jahrhundert infolge der industriellen Erschließung Südbayerns zahlreiche Ziegeleien errichtet werden mußten, vor allem für den Bau von Eisenbahnbrücken und Industriegebäuden, wurden die Sedimente aus dem Tertiär und Quartär erstmals systematisch untersucht und bewertet. Der Name Bentonit war erst um 1890 in den USA aufgekommen - er bezeichnete einen bei Fort Benton im Staate Wyoming vorkommenden kretazischen Ton mit hohem Quellvermögen. Gesteine mit entsprechenden Eigenschaften waren in Europa seit langem bekannt, sie wurden als Fuller-, Walk- oder Bleicherden bezeichnet oder fanden in der Medizin, vor allem als Badsteine, Verwendung.

In Bayern hat erstmals 1901 Bergassessor von Ammon die montmorillonithaltigen Malgersdorfer Weisserden genauer untersucht und als "thoniges Kieselgur von porzellanerdeartigem Aussehen" bezeichnet.

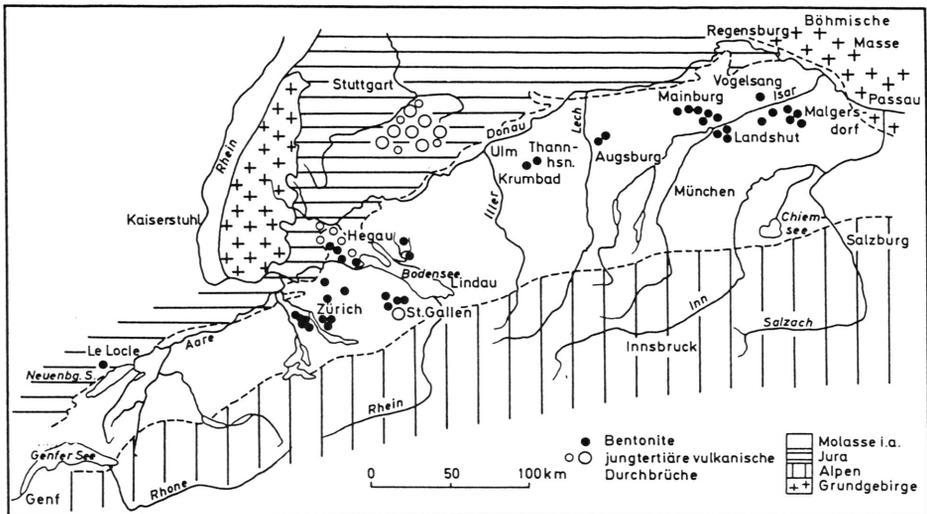


Abb. 1: Bentonite und jungtertiäre vulkanische Durchbrüche im schweizerisch-süd-deutschen Raum (aus H.J. Unger & A. Niemyer, Geol. Jb. D71, S. 6, 1985)

1905 wurde in Kronwinkel bei Landshut ein anderes Tonvorkommen erschlossen, das sich als Fixiererde für die Farbenherstellung und die Bleichung von Ölen zu eignen schien. Tatsächlich stellte sich alsbald heraus, daß der Ton von Kronwinkel jenem Bentonit aus Wyoming chemisch stark verwandt war. Die Geburtsstunde der Bayerischen Bentonitindustrie und des Bayerischen Bentonitbergbaues hatte geschlagen. Betrachtet man die heute bekannt gewordenen Bentonitvorkommen bzw. Bentonitlagerstätten in der schweizer und süddeutschen Molassezone (Abb. 1), so stellt sich sofort die Frage nach dem genetischen Zusammenhang. Die Klärung der genetischen Probleme hatte aber für die Bentonitindustrie nur eine zweitrangige Bedeutung. In der Tat haben die in der Schweiz erstmals um 1945 bekannt gewordenen Bentonitvorkommen, die aber industriell unbedeutend sind, die Diskussion um die Entstehung der Molassebentonite nachhaltiger beeinflußt, als die mengenmäßig viel bedeutenderen und schon länger bekannten Lagerstätten im Raum zwischen Mainburg und Landshut. Während sich für die schweizerischen Vorkommen sehr bald deren vulkanischer Ursprung nachweisen ließ, ein Zusammenhang mit dem Hegauvulkanismus schien evident, blieben für die niederbayerischen und schwäbischen Bentonitvorkommen westlich von Augsburg die Herkunftsbereiche lange offen.

Aufbauend auf den Arbeiten v. Ammons deutete Schulz 1926 die niederbayerischen Bentonite als "Kaolinisierungsprodukt" aus Graniten des nahen Moldanubikums.

Zöbelein versuchte 1940 den Bentonit als Kieselsäurehydrat zu interpretieren, das bei der Bildung der Quarzkonglomerate Ost-Niederbayerns ausgefallen sein soll.

Infolge der Hinweise aus der Schweiz, wo Büchi und Hofmann 1945 die Schweizer Bentonite als Verwitterungsprodukte von vulkanischem Tuff beschrieben hatten, deutete Siegl in den Jahren 1945 - 48 die niederbayerischen Bentonite als Umwandlungsprodukte aus sauren vulkanischen Glastuffen, die dem Riesvulkan entstammen sollten.

Hier begann nun die Bentonitdiskussion interessant zu werden und sie nahm Dimensionen an, die den lokalen Rahmen sprengten und die Bentonitgenese zu einem Anhängsel des auf internationalem Podium stattfindenden Ries-Streites werden ließen.

Als durch Chao & Shoemaker im Jahre 1960 dieser Streit sein Ende fand, mußte für die niederbayerischen Bentonite ein neues Herkunftsgebiet gesucht werden:

Der Ries-Vulkan wurde durch den schon bekannten bzw. "vertrauten" Molassevulkanismus ersetzt. Doch damit begann eine neue Ära in der wissenschaftlichen Diskussion: die Beweisnot der Anhänger des Molassevulkanismus. Bis zum heutigen Tage haben sich folgende Erkenntnisse in der wissenschaftlichen Literatur niedergeschlagen:

- 1969 Gentner, Storzer und Wagner stellen für Bentonitgläser aus dem Vorkommen bei Mainburg ein Spaltspurenalter von $14.6 \pm 0.8 \cdot 10^6$ Jahren fest.
- 1970 Gentner & Wagner führen die Bentonitvorkommen in der Oberen Süßwassermolasse Süddeutschlands auf einen Mikrotektitenregen infolge des Ries-Meteoriteneinschlages zurück.
- 1975 Vogt weist nach, daß es sich bei den quellfähigen Tonmineralen der niederbayerischen Bentonite kristallchemisch eindeutig nicht um trioktaedrische Beidellite, sondern um dioktaedrische Montmorillonite gleichförmigster struktureller und geochemischer Zusammensetzung handelt.
- 1976 Harr führt die Bentonite auf saure vulkanische Glastuffe und Glasaschen zurück.
- 1983 Luft weist nach, daß zwischen den Moldaviten bzw. Mikrotektiten und den Bentonitgläsern keine genetische Beziehung herzustellen ist.
- 1984 Lemcke postuliert einen durch den Riesimpakt induzierten Molassevulkanismus und Änderungen im Schüttungsverhalten alpiner Entwässerungssysteme.

- 1985 Unger kommt aufgrund umfangreicher Geländearbeiten zu der Feststellung, daß die niederbayerischen Bentonite Abkömmlinge eines miozänen Rhyolithvulkanismus des Pannonischen Beckens sind.

Dreißig Jahre nach der Auflösung des Riesrätsels ist die Diskussion um die Genese der Molassebentonite in Süddeutschland noch nicht beendet. Drei Modelle stehen noch zur Wahl:

- Bentonitisierung von Ries-Auswurfmassen
- Bentonitisierung von Tuffen eines noch aufzufindenden Molassevulkanismus
- Bentonitisierung von Tuffen eines pannonischen Vulkanismus

Beim gegenwärtigen Stand der Diskussionen zeichnet sich immerhin ab, daß eine endgültige Klärung der Genese der südbayerischen Bentonite nur über weiträumig angelegte paläogeographische und stratigraphische Untersuchungen erreicht werden kann. Leider muß festgestellt werden, daß zwischen den an der Aufklärung der Bentonitgenese interessierten Geowissenschaftlern und den an der technischen Verwertung der Bentonite Interessierten nur bedingt eine beiden Seiten nutzende Kooperation besteht. Die Bentonitindustrie verfügt über unveröffentlichtes Datenmaterial von unschätzbarem Wert, sowohl was die Mächtigkeit, Lagerung und Qualität der Bentonitlagerstätten als auch die chemisch-physikalischen Eigenschaften des Naturbentonits betrifft. Vielleicht finden beide Wissensträger doch noch zum gegenseitigen Nutzen zueinander.

3 Technische Aspekte der Bentonitforschung

Unsere gegenwärtigen Kenntnisse über die Genese der Bentonite im allgemeinen und die bayerischen Calziumbentonite im besonderen erlauben dem Geologen, Mineralogen und Geochemiker, insbesondere aber dem angewandt arbeitenden Geowissenschaftler, wichtige Aussagen über den sinnvollen Einsatz der Bentonite in der geowissenschaftlichen Praxis herzuleiten.

Als zu Beginn dieses Jahrhunderts die besonderen Eigenschaften der Bentonite erkannt und erforscht wurden, waren drei wichtige Einsatzmöglichkeiten für Bentonite von großer Bedeutung:

- Verarbeitung der Bentonite zu Bleicherden
- Verwendung der Bentonite zur Erdölraffination
- Verwendung der Bentonite bei Erdölbohrungen

Besonders die letztere Verwendungsmöglichkeit sollte für die Geologie von Interesse werden. Bereits 1901 kam Bentonit auf einem Erdölfeld in Beaumont/Texas als Zusatz für Bohrspülungen zum Einsatz. Die Montmorillonitkristalle einer wässrigen Bentonitsuspension lagern sich in kürzester Zeit (Sekunden) zu einem mehr oder weniger stabilen Gerüst zusammen. Dabei bilden sich durch Kanten-Flächen- bzw. Flächen-Flächen-Kontakte dreidimensionale Gerüste, deren Hohlräume mit Flüssigkeit gefüllt sind (Abb. 2).

Durch mechanische Kräfte (z. B. Schütteln, Rühren, Scheren- u.a. durch die Bewegung des Bohrgestänges) wird das Gerüst zerstört, das System wird flüssig. Kommt das Bentonit-Wasser-System wieder zur Ruhe, bildet sich wiederum ein stabiles Gerüst aus, das in der Lage ist, die Bohrwand bzw. das Nebengestein zu stützen. Die reversible Bildung von Kartenhaus- und Bänderstrukturen durch die Montmorillonitkristallite nennt man THIXOTROPIE. Der Erdölgeologe oder Bohrtechniker kann durch Steuerung des Elektrolythaushalts in der wässrigen Phase der Bohrspülung die Bohrung jederzeit und bei allen geologischen Untergrundverhältnissen unter Kontrolle halten. Voraussetzung ist aber auch die genaue Kenntnis des Untergrunds und der Porenwasserhältnisse.

Neben der stützenden Wirkung der Bentonitsuspensionen erkannte man alsbald auch die abdichtende Wirkung im Nebengestein. Die Montmorillonite dringen in die kleinsten Porenräume ein und verschließen die Poren, Mikrorisse und Klüfte gleichermaßen. Dieses aus der Bohrtechnik bekannte Versiegeln des Nebengesteins wurde auch in der Ingenieurgeologie und im Grundbau erfolgreich angewendet. Verdichtete Bentonitwände und -kerne im Innern von Staudämmen oder von Uferbefestigungen im Kanal- und Deichbau sind heute selbstverständliche Baumaßnahmen.

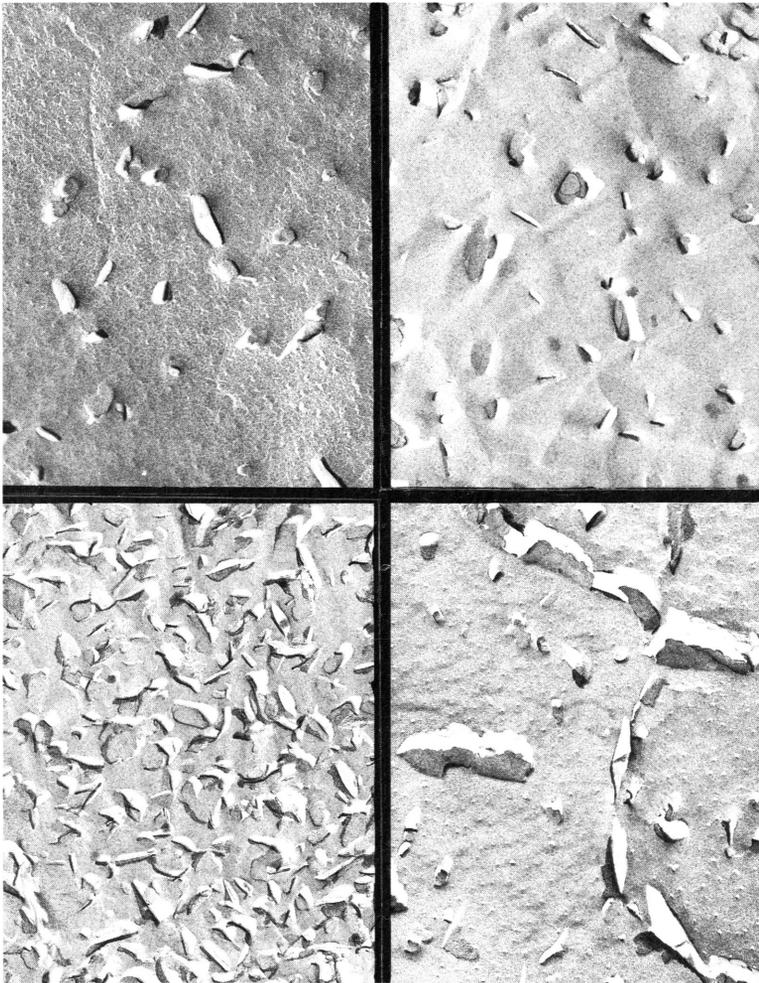


Abb. 2: Bentonit suspendiert in Wasser (Vergr. 40000-fach): 0.3 % (links oben), 1 % (rechts oben), 3 % (links unten), 1 % (rechts unten); Das Bild rechts unten zeigt die sogenannte Kartenhausstruktur mit Fläche-Fläche-Kontakten der Montmorillonitteilchen. Sie entsteht als Artefakt bei langsamen Gefrieren des Wassers (aus DFG-Projekt Ko 689-1/3)

Von größter Bedeutung waren diese Abdichtungen vor allem im Bereich der Wasser-rückhaltebecken. Der geotechnische und geologische Erfahrungsschatz dieser Arbeiten aus der jüngeren Vergangenheit wird jetzt auch von der Umweltgeologie in Anspruch genommen.

Seit der lawinenartigen Zunahme von Umweltskandalen und Umweltkatastrophen, bei denen durch toxisch belastete Sickerwässer unsere Trinkwasservorräte in Gefahr sind, sieht sich die Angewandte Geologie vor neue und bislang nicht bekannte Probleme gestellt.

Galt es bislang bei Abdichtungsmaßnahmen im Untergrund, lediglich die Porenräume der Sedimente oder eines geologischen Körpers gegenüber dem Permeanten WASSER undurchlässig zu machen, so müssen nunmehr geologische und technische Barrieren in den Untergrund eingebracht werden, die auch gegen aggressive und schadstoffbelastete Wässer stabil sind.

Spätestens an dieser Stelle sollte der Ingenieur auf jene Erkenntnisse der geologischen Wissenschaften zurückgreifen, die z. B. bei der Erforschung der Bentonitgenese erarbeitet worden sind.

Die bei der Umwandlung der vulkanischen Aschen oder Gläser in Montmorillonite bzw. Bentonite ablaufenden Verwitterungsreaktionen zeigen auch jene Mechanismen auf, die bei der Betrachtung der chemischen Langzeitstabilität von Ton- und Bentonitbarrieren berücksichtigt werden müssen.

Jede Pore im Sediment, jedes Kluftsystem im Gestein ist das Ergebnis von geochemischen und/oder tektonischen, also mechanischen Kräften. Diese Kräfte können durch anthropogene Einflüsse gesteuert und gestört werden. Da jede Gesteinsschicht in sich eine geochemische Barriere darstellt, werden anthropogene Einflüsse diese Barriere entweder in ihrer Wirksamkeit verbessern, verschlechtern oder unbeeinträchtigt lassen. Die zu kontrollierenden Reaktionsräume sind also die Porenräume.

Die Schadstoffe eines kontaminierten Standortes, einer Altlast oder einer neuen Deponie werden sich in einem geologischen Körper ausbreiten und diesen langfristig chemisch durchdringen.

Zur Einschränkung der Schadstoffmigration muß die Wasserwegsamkeit eingeschränkt werden. Feinkörnige Sedimente, die als Produkt der chemischen Verwitterung ihre chemische Resistenz in geologischen Zeiträumen schon unter Beweis gestellt haben, bieten sich als Versiegelungsmaterial an. Besonders montmorillonitreiche Tone, aber auch Tone mit einem vorherrschenden Illit-oder Kaolinitanteil werden in der Umweltgeologie als Barrierematerial vorgeschlagen und eingesetzt. Bentonite sind die teuersten und wertvollsten mineralischen Abdichtungsmaterialien. Die Einsatzmöglichkeiten der Bentonite beschränken sich aber nicht nur auf den Bausektor; in der Verfahrenstechnik, in der Ag-

rar- und Farbenchemie, sogar bei der Papierherstellung werden Bentonite eingesetzt. Der Hauptbestandteil der Bentonite, der Montmorillonit, ist eines der interessantesten Minerale, das je erforscht wurde (Abb. 3).

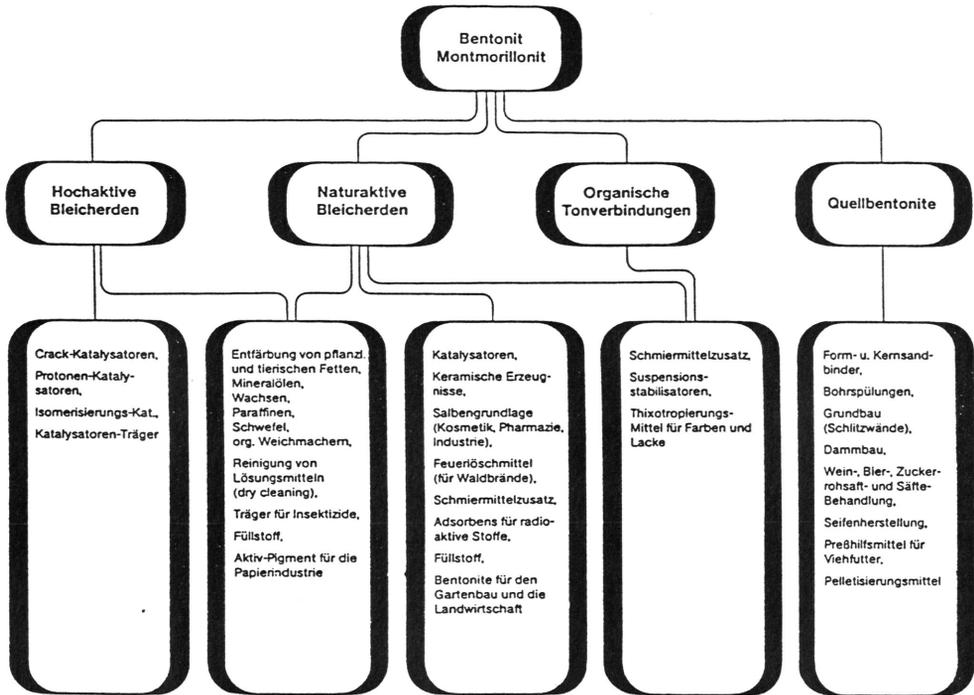


Abb. 3: Verwendungsmöglichkeiten von Bentonit

Literaturverzeichnis

Aus der umfangreichen Bentonitliteratur können an dieser Stelle nur einige wichtige Arbeiten genannt werden:

- Harr, K. (1976): Mineralogisch-petrographische Untersuchungen an Bentoniten in der Süddeutschen Molasse. - Diss. Univ. Tübingen, 131 S., Tübingen.
 Unger, H. J. & A. Niemeyer (1985): Die Bentonite in Ostniederbayern - Entstehung, Lagerung, Verbreitung. - Geol. Jb. D71, S. 3 - 58, Hannover.
 Vogt, K. (1975): Mineralogische und chemische Untersuchungen an den niederbayerischen und japanischen Bentoniten. - Diss. TU München, München.

Bezüglich der Ries-Literatur sei an die Sonderbände Nr. 61, 72 und 75 der Geologica Bavaria verwiesen.