

ÖSTERREICHISCHE ZIEGELROHSTOFFE

I. Wimmer-Frey¹, B. Schwaighofer²

¹ Geologische Bundesanstalt, Rasumofskygasse 23, A-1031 Wien, wiming@cc.geolba.ac.at

² Institut für Angewandte Geologie, Universität für Bodenkultur Wien, Peter Jordan-Str. 70, A-1190 Wien, geolsek@mail.boku.ac.at

Einleitung

In Österreich werden im Jahr fast eine Milliarde Mauerziegel Normalformat erzeugt. Das ist Baumaterial für 15 bis 20.000 Einfamilienhäuser, produziert in knapp 30 Ziegelwerken.

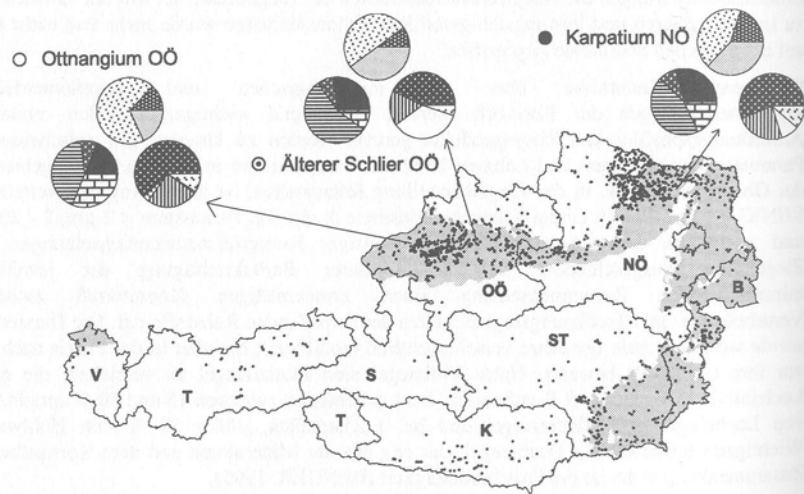
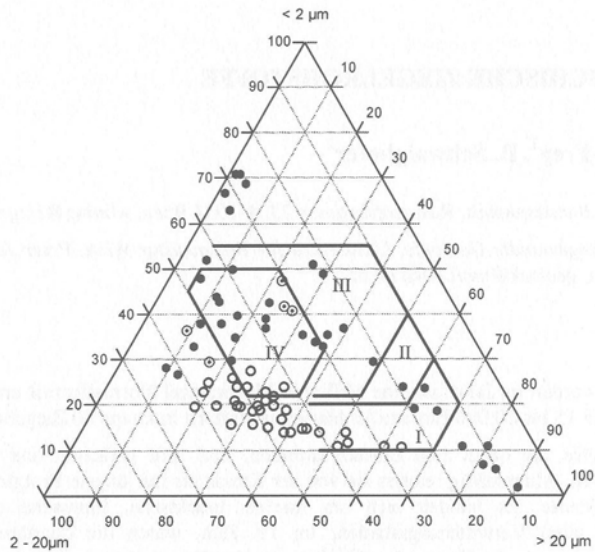
Die Tonrohstoffe, die dabei zum Einsatz kommen, sind weit gefächert und umfassen ein breites Spektrum. Altersmäßig reichen sie von der Kreide bis ins jüngste Postglazial mit einer vielfältigen Genese. Es handelt sich um marine, brackische, limnische oder äolische Sedimente in allen Verwitterungsstadien. Im 19. Jhd. waren die quartären Löss- und Lösslehmlagerungen die Hauptrohstofflieferanten der Ziegelindustrie. Mit der Entwicklung zu immer größeren und leistungsfähigeren Produktionseinheiten wurde mehr und mehr auch auf die neogenen Sedimente zugegriffen.

Eingehende Kenntnisse über die mineralogischen und granulometrischen Zusammensetzungen der Rohstoffe werden zunehmend wichtiger, um den modernen Anforderungsprofilen der Ziegelprodukte gerecht werden zu können. Ein entscheidender Parameter, der an Tonen und Lehmen überprüft wird, um ihre möglichen Einsatzgebiete in der Grobkeramik bzw. in der Ziegelherstellung festzustellen, ist ihre Korngrößenverteilung. WINKLER hat 1954 in einem Konzentrationsdreieck mit den Parametern $< 2 \mu\text{m}$, $2 - 20 \mu\text{m}$ und $> 20 \mu\text{m}$ die optimalen Bereiche günstiger Korngrößenzusammensetzungen von Ziegeltonen ausgeschieden. Sie stellen unter Berücksichtigung der jeweiligen mineralogischen Zusammensetzung einen zweckmäßigen Kompromiß zwischen Verarbeitungs- und Trocknungseigenschaften der betreffenden Rohstoffe dar. Die Darstellung wurde wohl im Laufe der Jahre verschiedentlich modifiziert, hat aber in der Praxis nach wie vor ihre Gültigkeit bewahrt. Unter Vollziegel sind Mauerziegel zu verstehen, die einen Lochanteil bis maximal 15 % aufweisen, bei Lochanteilen zwischen 15 und 50 % spricht man von Lochziegel bzw. Gitterziegel und bei Lochanteilen größer 50 % von Hohlwaren. Wichtigstes Kriterium für Dachziegel, das eng mit der Mineralogie und dem Kornaufbau in Zusammenhang steht, ist die Frostbeständigkeit (BENDER, 1995).

Im folgenden werden nun jene Ziegelrohstoffe, die in Österreich tatsächlich noch in Verwendung stehen (BM f. WIRTSCHAFT und ARBEIT, 2001), vorgestellt. Die Analysendatenbank, die der Arbeit zugrundeliegt, wurde in den Jahren 1993 bis 1996 (WIMMER-FREY, et al. 1996) erstellt und seither laufend erweitert.

Neogene Tonlagerstätten:

Die wichtigsten neogenen Tonlagerstätten (siehe Abb. 1 und 2) konzentrieren sich im Wesentlichen auf zwei geologische Einheiten, die *Molassezone* und das *Wiener Becken* bzw. die *Intramontanen Neogenbecken*.



Legende

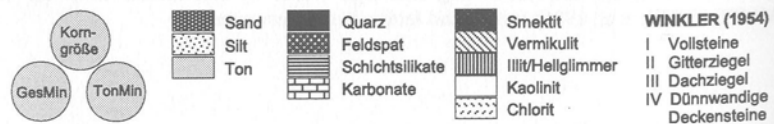
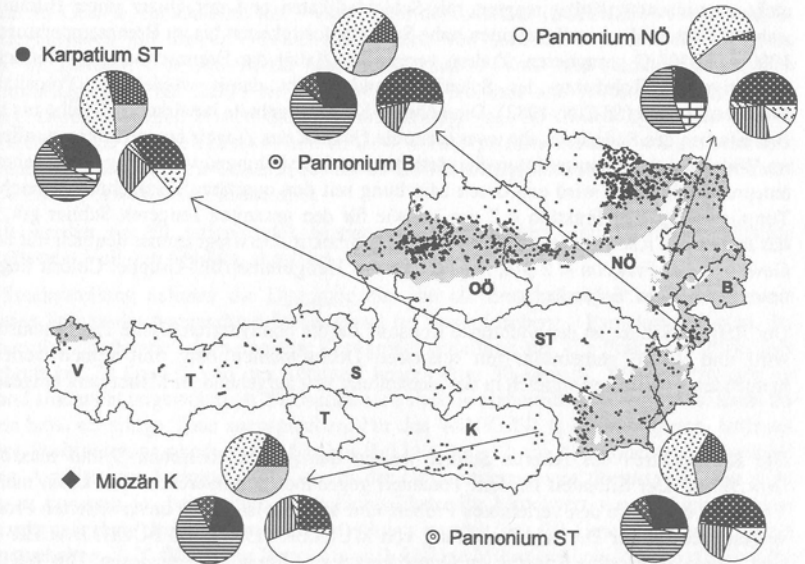
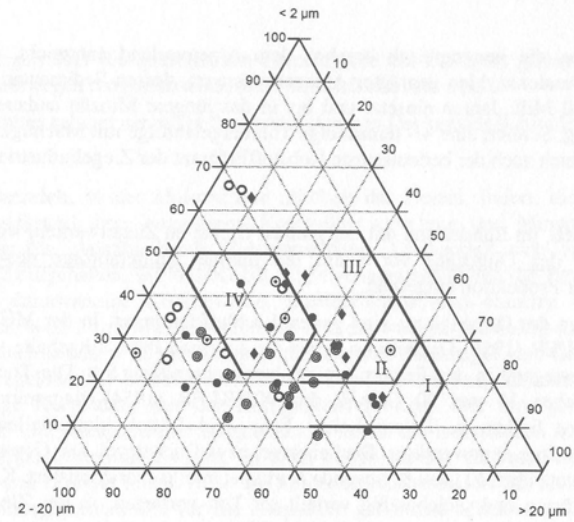


Abb. 1: Neogene Tonlagerstätten der Molassezone



Legende

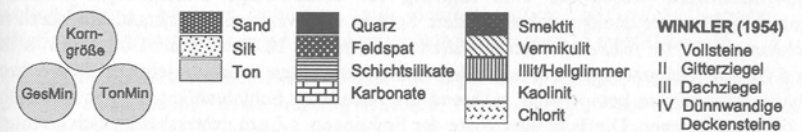


Abb. 2: Neogene Tonlagerstätten des Wiener Beckens und der Intramontanbecken

Die *Molassezone*, die geographisch gesehen dem Alpenvorland entspricht, ist ein durch Trans- und Regressionszyklen geprägter Ablagerungsraum, dessen Sedimentation im oberen Eozän vor ca. 40 Mill. Jahren einsetzt und bis in das jüngere Miozän andauert. Insgesamt dominiert der sog. Schlier, eine +/- feinsandige Tonmergelabfolge mit Mächtigkeiten bis über 1000m, der zugleich auch der bedeutsamste Rohstofflieferant der Ziegelindustrie ist.

In **Oberösterreich**, im Bundesland mit der größten Dichte an Ziegelwerken, wird neben dem Älteren Schlier des Oligozäns vor allem die marine Schlierabfolge des Ottangiums erfolgreich in der Produktion eingesetzt.

Die Kornspektren des Ottangiums sind generell schluffdominiert. In der MÜLLER (1961) und FÜCHTBAUER (1959)-Darstellung liegen sie aufgrund ihrer Siltgehalte von ca. 65 bis 75 Gew.% überwiegend in den Feldern toniger bzw. tonsandiger Silt. Die Tonanteile liegen im Mittel zwischen 15 und 20 Gew.%. Im WINKLER (1954)-Diagramm sind sie im Vollziegelfeld zu finden, z. T. mit hohen Fein- und Mittelschluffanteilen entlang der Begrenzungslinie zum dünnwandigen Deckenziegel bzw. Dachziegel. Die Gesamtmineralogie ist durch hohe, stets über 20 Gew.% liegende Karbonatanteile charakterisiert. Karbonate sind, sofern sie feinkörnig und gleichmäßig verteilt im Ton vorliegen, in der Ziegelherstellung nicht unerwünscht. Kalzit reagiert mit Schichtsilikaten und mit Quarz unter Bildung von stabilen Phasen, die im allgemeinen hohe Scherbenfestigkeiten bis zu Brenntemperaturen von 1000° - 1050° C garantieren. Zudem vermindert Kalzit die Brennschwindung beträchtlich, erniedrigt die Rohdichte des Scherbens und erhöht damit wieder die Porosität und Wasseraufnahme (STEIN, 1982). Die höheren Karbonatgehalte bewirken hellgelbe bis braune Brennfärbungen des Scherbens, die zwar nicht die Qualität des Ziegels beeinträchtigen, allerdings im Widerspruch zu den traditionellen ästhetischen Vorstellungen von „Ziegelrot“ stehen. Die entsprechende Farbe wird erst durch Mischung mit den quartären Decklehmern erreicht. Die Tonmineralogie der Fraktion < 2 µm ist, wie für den gesamten Jüngeren Schlier gilt, durch das Fehlen der Kaolinit-Gruppe charakterisiert. Smektit überwiegt immer deutlich mit über 50 Gew.% in der Fraktion < 2 µm, gefolgt von der Hellglimmer/Illit-Gruppe. Chlorit liegt stets unter der 10 Gew.-%-Marke.

Der Jüngere Schlier ist der wichtigste Rohstoff für die oberösterreichische Ziegelindustrie. Er wird und wurde gemeinsam mit quartären Deckschichten bzw. mit seinen verlehmt hangenden Anteilen erfolgreich in der Herstellung von aufgehendem Mauerwerk eingesetzt.

Die Kornspektren des Älteren Schlier weisen Sandgehalte zwischen 3 und maximal 15 Gew.% auf. Der Siltanteil ist dem Tonanteil gegenüber dominierend. Eine kaum merkliche Vormacht besteht in den verlehmt Proben, eine stärkere ist in den unverwitterten Proben zu verzeichnen. In der Dreiecksdarstellung von MÜLLER (1961) und FÜCHTBAUER (1959) sind sie als +/- sandige Tonsilte im Grenzbereich zu Silttonen ausgewiesen. Die WINKLER (1954)-Kennwerte lassen auf eine Eignung für höherwertige Deckenziegel schließen. Mineralogisch unterscheidet sich der Ältere Schlier vom verlehmt Zustand nur durch die Karbonatanteile. Im Älteren Schlier ist Kalzit im Mittel mit 10 Gew.% und Dolomit im Mittel mit 5 Gew.% nachgewiesen. Die fehlenden Karbonate werden in den verlehmt Typen durch höhere Quarzgehalte kompensiert, während die Anteile an Schichtsilikaten in beiden Fällen bei 55 Gew.% liegen. Die Tonmineralogie der Fraktionen < 2 µm unterscheidet sich qualitativ nicht voneinander. Die Smektitgruppe gefolgt von der Kaolinit/Fireclay-Gruppe überwiegt im karbonatfreien Typus, in den karbonatfreien ist das Verhältnis umgekehrt. In jedem Fall ist zu betonen, daß die Kaolinitführung im Oligozän ein tonmineralogisches Unterscheidungskriterium zum kaolinitfreien Miozän darstellt. Illit/Hellglimmer liegt für beide unter 20 Gew.%, Chlorit ist in geringen Prozentsätzen nachgewiesen. Zu beachten ist,

daß die Aussagen über die quantitativen Unterschiede nur auf einer geringen Probenanzahl beruhen und deswegen möglicherweise nicht wirklich relevant sind.

Der Ältere Schlier gelangt derzeit in der Produktion von Deckenziegel zum Einsatz.

In **Niederösterreich**, in der *Molassezone* nördlich der Donau, liefern die Sedimente des Karpatiums aufgrund ihrer homogenen Korngrößenverteilung und Mineralogie die beste Voraussetzung für gleichbleibende Ziegelqualitäten. Es handelt sich um Tonsilte mit wechselnden Sandgehalten. Im WINKLER (1954)-Diagramm liegen die Proben konzentriert im Feld für dünnwandige Deckensteine. Darüberhinaus sind einzelne tonige Vertreter oberhalb der 55%-en 2 µm Marke anzutreffen und die wenigen, schluffig-sandigen Vertreter reichen mit zunehmender > 20 µm Komponente über das Dachziegel- und Gitterziegelfeld bis in den Vollziegelbereich. In der gleichförmig ausgebildeten Gesamtmineralogie zeigt sich eine eindeutige Korrelation mit der Korngrößenverteilung. Die sandigen Vertreter sind deutlich quarz- und feldspatreicher ausgebildet, während die tonreicheren in erster Linie von den Schichtsilikaten dominiert werden. In allen Fällen kommt als Ausdruck einer marinen Fazies Kalzit und Dolomit hinzu. Auch die Karbonate, insbesondere der Kalzit zeigen solche Korngrößenabhängigkeiten. Der für das Karpatium gefundene Mittelwert für Kalzit bewegt sich um 15 Gew.%, für Dolomit um 5 Gew.%. In der Literatur (SCHMIDT, 1981) sind für Dachziegelmassen mit idealer Frostsicherheit Werte von maximal 5 Gew.% für Kalzit zu finden, für Dolomit < 3 Gew.%, für Mauerziegelmassen (Voll- und Hochlochziegel) sind Vorkommensgrenzen für Kalzit bis 26 Gew.%, für Dolomit und Ankerit bis 10 Gew.% zulässig. Durchschnittlich besteht die Gesamtmineralogie aus 30 Gew.:% Quarz, 45 Gew.:% Schichtsilikate, 20 Gew.:% Karbonat und 10 Gew.:% Feldspat. Die Fraktion < 2 µm setzt sich im Schnitt aus ca. 55 Gew.% Smektit, aus ca. 25 Gew.% Hellglimmer/Illit und aus jeweils 10 Gew.% Chlorit bzw. Kaolinit zusammen.

Derzeit werden sie für aufgehendes Mauerwerk, zum größten Teil für die Produktion Normalformat Voll und Gelocht, abgebaut.

Eine Sonderstellung nehmen die Diatomite ein, die als Einschaltungen in den allgemein kalkfreien Peliten des hangendsten Ottangiums im Raum Limberg - Parisdorf auftreten. Sie zeichnen sich durch eine sehr homogene Korngrößenverteilung aus. Die Fraktion < 2 µm liegt im Schnitt bei 70 Gew.% und der Siltanteil knapp unter 30 Gew.%. Wenige Prozente an Feinsand sind nicht ungewöhnlich. Petrographisch sind sie einheitlich und ohne Ausnahme als Silttone bzw. als siltige Tone anzusprechen. Für das WINKLER (1954)-Diagramm bedeutet das eine Positionierung oberhalb der 50 Gew.% Linie der < 2 µm Komponente mit maximal 10%-en Anteilen der Fraktion > 20 µm. In der Gesamtmineralogie überwiegen, wie nicht anders zu erwarten ist, bei weitem die Schichtsilikate. Ihr Mittelwert von 70 Gew.% deckt sich exakt mit dem der Fraktion < 2 µm. Quarz pendelt um 20 Gew.% neben geringen Feldspatgehalten. Z. T. führen die Diatomite auch kalkige Mikrofossilien und damit Kalzit bis zu 15 Gew.%. Smektit ist wie im gesamten Ottangium das vorherrschende Tonmineral. Die Kaolinit-Gruppe ist nur schwach, mit durchschnittlich 10 Gew.% vertreten, die Hellglimmer/Illitgruppe hingegen liegt deutlich höher, zwischen 15 und 30 Gew.%.
Im allgemeinen zeichnen sich Diatomit oder Kieselgur durch geringes Gewicht, durch große Porosität, entsprechend hohes Aufsaugvermögen, durch geringe Wärmeleitfähigkeit sowie durch hervorragende Filtrationseigenschaften aus (BENDA, 1981). Der Diatomit wird als Einsatzstoff für die Ziegelindustrie abgebaut, wo er als Porosierungsmittel insbesondere zur Herabsetzung der Rohdichte im Bereich von Leichtbau-Isoliersteinen eingesetzt wird.

Der zweite wichtige Bereich für Ziegelrohstoffe umfasst die neogenen Beckenlandschaften im Osten von Österreich. Das SW-NE streichende *Wiener Becken*, 200 km lang und 60 km breit, besteht aus einer bis zu 6000m mächtigen miozänen Sedimentfüllung. Die für die Ziegelindustrie interessanten Rohstoffe sind die marinen Ablagerungen des Badeniums, der sog. Badener Tegel und die brackisch-limnischen Sedimente des Pannoniums. Sie waren im Raum südlich von Wien und im Wiener Stadtgebiet die Grundlage einer bedeutenden Baustoffindustrie, die Mitte des 19. Jhd. ihren Aufschwung nahm.

Die Tonlagerstätten im Badener Tegel sind stillgelegt, die mächtigen Tonmergelserien des Pannoniums werden in Niederösterreich noch intensiv genutzt. Die nahezu sandfreien Proben weisen mehrheitlich höhere Silt- als Tonanteile auf. Nach MÜLLER (1961) und FÜCHTBAUER (1959) sind sie als Tonsilte bzw. tonige Silte einzustufen. Im WINKLER (1954)-Diagramm liegen sie mit maximal 40 Gew.% der >20 µm-Fraktion im Bereich für dünnwandige Hohlware bzw. aufgrund von höheren Anteilen der 2-20 µm-Fraktion auch außerhalb. Mineralogisch zeichnet sie ein Quarzgehalt zwischen 20 und 30 Gew.% und ein deutlich über 50 Gew.% gelegener Schichtsilikatanteil aus. Der durchschnittliche Wert für Kalzit liegt bei 10 Gew.%, der für Dolomit leicht darunter. Innerhalb der 2 µm-Fraktion ist die Smektitgruppe mit durchschnittlich ca. 45 Gew.% am stärksten vertreten, gefolgt von der Illit/Glimmer-Gruppe mit etwa 25 Gew.%. Kaolinit und Chlorit weisen jeweils ca. 10 Gew.% auf.

Im mittleren **Burgenland** treten in einer Randbucht des Wiener Beckens Süßwasserbildungen auf, die aufgrund ihrer brenntechnischen Eigenschaften die Basis für das seit Jahrhunderten berühmte Töpfergewerbe von Stob bilden. In der Ziegelindustrie werden sie in quantitativ größerem Ausmaß in der Klinker- und Dachziegelproduktion eingesetzt. Es handelt sich um fossilere, mehr oder weniger gleichförmig ausgebildete pelitische Sedimente, die stratigraphisch in das Obere Sarmatium bis Pannonium gestellt werden. Korngrößenmäßig liegen sie nach MÜLLER (1961) und FÜCHTBAUER (1959) als Tonsilte mit wechselnden Sandanteilen vor. Die WINKLER (1954)-Kennwerte weisen sie als geeignet für Dünnwandige Hohlware aus. Die Gesamtmineralogie ist karbonatfrei und neben Quarz und Feldspat, wie nicht anders zu erwarten, mit über 50 Gew.% klar von den Schichtsilikaten dominiert. Innerhalb des Tonmineralspektrums der Fraktion < 2 µm sind die Smektit- und Kaolinitgruppe beherrschend. Illit liegt im Schnitt deutlich unter 20 Gew.% und Chlorit fehlt praktisch vollständig. Aus keramischer Sicht ist der Stoober Ton als niedersinternder Steinzeugton zu klassifizieren. Seine Trockenschwindung beträgt im Mittel 6-7%, seine Brennschwindung bei 1080° C liegt zwischen 6 und 8%. Die Sinterung beginnt bei etwa 1000° C und ist im Temperaturbereich von 1075 – 1150° C abgeschlossen (WIEDEN, 1961).

Anders verläuft die Entwicklung der intramontanen Becken außerhalb des Wiener Beckens. In der **Steiermark**, im *Steirischen Becken* setzt die Sedimentation von marinen Tonmergel bereits im Otnangium ein, ein erster vulkanischer Zyklus tritt im Karpatium auf, weitere Absenkungs- und Sedimentationsvorgänge im Badenium, Sarmatium und Pannonium und schließlich eine abschließende vulkanische Phase mit einer Reihe von Basalten im Pliozän. Die Tonlagerstätten sind in allen Zeitstufen zu finden, faziell reichen sie von rein marinen Tonmergeln zu fluviatilen, tonig-schluffigen Abfolgen, Kratersee- und Bentonitablagerungen im Zusammenhang mit dem jüngsten Vulkanismus. Derzeit wird im Bereich des Mur/Mürztals und im Raum Köflach noch das Karpatium abgebaut, im Gebiet östlich und südöstlich von Graz wird vorwiegend das Pannonium in der Ziegelproduktion verwendet.

Die Kornverteilungen und die Mineralogie der untersuchten Proben sind dementsprechend variantenreich. Ein Vergleich der Proben untereinander ist nur hinsichtlich ihres

gemeinsamen Einsatzes in der Ziegelherstellung zulässig. Sie werden durchwegs für die Produktion von aufgehendem Mauerwerk eingesetzt.

Ihre Kornspektren fallen breit gestreut nach MÜLLER (1961) und FÜCHTBAUER (1959) in den silt dominierten Bereich. Aufgrund unterschiedlicher Ton- und Sandgehalte sind nomenklatorisch nahezu alle Silttypen vertreten. Die Proben aus der Oststeiermark lassen keine Konzentration erkennen, während jene aus dem Raum Köflach und Eibiswald eine schwache in den Tonsiltfeldern zeigen. Die höchsten Sandanteile wiederum sind in den Proben aus dem Karpatium des Mur/Mürztals nachgewiesen. Im WINKLER (1954)-Diagramm liegen sie allesamt im gut verarbeitbaren Bereich. Aufgrund ihrer allgemein niedrigen 2 µm-Anteile von deutlich weniger als 30 Gew.% sind sie allerdings bevorzugt im Vollziegelfeld anzutreffen.

Gesamtmineralogisch zeichnen sich die Proben durch allgemein hohe Schichtsilikatanteile aus, die zumindest doppelt so hoch als die zugehörigen < 2 µm-Fraktionen liegen. Quarz zeigt Mittelwerte um 30 Gew.% und die Feldspäte immer deutlich unter 10 Gew.%. Karbonate, bevorzugt in Form von Kalzit, fehlen im allgemeinen oder weisen abhängig vom Faziesbereich auch höhere Prozentsätze auf.

In der Tonfraktion ist die Smektit-Gruppe mit einem Mittelwert von etwa 40 Gew.% am stärksten vertreten. Die höchsten Werte sind in den vulkanisch beeinflussten Schichten zu finden, sowohl im Karpatium als auch im Pliozän. Sie fehlt vollständig in jenen Proben, die aus kohleführenden Schichten stammen. Hier wiederum sind Spitzenwerte von über 60 Gew.% in der Kaolinit/Fireclay-Gruppe zu verzeichnen. Durchgehend in allen Proben hingegen ist die Hellglimmer/Illit-Gruppe vertreten. Sie weist einen Mittelwert von rund 25 Gew.% auf, ähnlich der Kaolinit-Gruppe, allerdings mit einer wesentlich geringeren Standardabweichung. Chlorit liegt immer deutlich unter 20 Gew.% bzw. fehlt. Vermikuli ist in einigen wenigen Fällen nachgewiesen.

Innerhalb der pannonen bis pliozänen Serien sind noch die sogenannten Illittone von Fehring hervorzuheben. Sie finden in der Blättonerzeugung (LECA) Verwendung und sind umfassend von BERTOLDI et al. (1983) geologisch, sedimentpetrographisch und technologisch untersucht. Der Terminus Illitton, petrographisch entbehrt er jeder Grundlage, hat sich über Jahre hinweg in Österreich als Synonym für Blätton eingebürgert und sorgte damit bei der letzten Novellierung des Berggesetzes für fachliche und rechtliche Verwirrung.

In **Kärnten** bedient sich die lokale Ziegelindustrie der neogenen Beckenfüllungen des Lavantales und der eoänen des Krappfeldes. Die Tonrohstoffe, insbesondere die des Lavantales, werden für die Erzeugung von hochporosierten Ziegelprodukten eingesetzt, die den heutzutage gestellten modernsten Qualitätsanforderungen in großem Ausmaß entsprechen.

Gestützt auf eine nur geringe Probenanzahl ergibt sich folgendes Bild. Variantenreiche Korngrößenverteilungen reichen vom Sandsilt über Sandsiltton bis zum Siltton bzw. Tonsilt (MÜLLER, 1961 und FÜCHTBAUER, 1959). Im WINKLER (1954)-Diagramm liegen sie zwar weit gestreut, aber durchwegs im gut verarbeitbaren Bereich. Die Gesamtmineralogie ist karbonatfrei und durch hohe Schichtsilikatanteile charakterisiert. Im Krappfeld ist das Verhältnis Schichtsilikate zu Quarz etwa 50 : 50. Im Lavanttal hingegen liegen bei einem für die Ziegelproduktion günstigen Quarzanteil von 20 Gew.% die Schichtsilikate mit einem Durchschnittswert von 65 Gew.% wesentlich höher. Dazu kommen noch Feldspäte zwischen 10 und 20 Gew.%. Die Tonmineralogie der Fraktion < 2 µm ist durch eine eindeutige Kaolinitvormacht geprägt. Im Eozän des Krappfeldes kommt neben ca. 70 Gew.% Kaolinit nur noch Hellglimmer/Illit hinzu. Im Lavanttal sind Mittelwerte von etwa 25 Gew.% für die

Smektit- und Hellglimmer/Illit-Gruppe nachgewiesen, für Kaolinit liegt der Mittelwert bei rund 40 Gew.%. Vermikulit und Chlorit sind nicht erwähnenswert.

Quartäre Tonlagerstätten:

Die quartären Tonlagerstätten (siehe Abb. 3) sind österreichweit verbreitet.

Im Westen, in den Bundesländern **Tirol, Vorarlberg, Salzburg** und Teilen **Kärntens** waren und sind die quartären **Bändertone** die einzige und ausschließliche Rohstoffquelle für die Ziegelindustrie.

Die Seetone bzw. Bändertone sind lakustrine bis glaziolakustrine Ablagerungen, die eine einheitliche Korngrößenzusammensetzung aufweisen. Ihre Variationsbreite liegt vor allem in den variablen Silt- und Tongehalten. Nach MÜLLER (1961) und FÜCHTBAUER (1959) handelt es sich hauptsächlich um tonige Silte, Silttone und Tonsilte mit geringen Sandanteilen. Im WINKLER (1954)-Diagramm liegen sie zum Teil im Feld für dünnwandige Hohlware, fallen aber aufgrund ihrer hohen Fein- und Mittelsiltanteile zwischen 50 und 60 Gew.% großteils außerhalb der Begrenzung. Die vereinzelt sandreicheren, zum Teil auch kiesführenden Proben zeigen eine größerer Nähe zum Einspeisungsgebiet an. Zusätzlich gibt die Mineralogie in Verbindung mit der Kenntnis der Regionalgeologie Auskunft über die unterschiedlichen Einzugsgebiete der Seetone. So ist die Gesamtmineralogie durch generell niedrige, lokal sehr unterschiedliche Karbonatwerte gekennzeichnet. Abhängig vom jeweiligen Hinterland liegt beispielsweise im Inntal und Gschnitztal die dolomitische Komponente vereinzelt bis über 50 Gew.%, während in den Lechtaler Alpen, im Bregenzer Wald und tlw. im Rheinland der Kalzit, der ansonsten unter 10 Gew.% liegt, mit 20 bis 40 Gew.% dominant wird. Quarz und Feldspat weisen mit geringen Standardabweichungen Mittelwerte von kleiner 20 Gew.% bzw. etwa 10 Gew.% auf. Der Anteil der Schichtsilikate ist hoch und liegt durchschnittlich über 50 Gew.%, in jedem Fall deutlich über den jeweiligen Anteilen der Fraktion < 2 µm. Somit ist vor allem in den Fein- und Mittelschluffanteilen noch mit dem Auftreten von Schichtsilikaten zu rechnen. Die Tonmineralogie der Fraktion < 2 µm ist klar und österreichweit durchgehend von der Illit/Hellglimmer-Gruppe dominiert. Sie liegt mit wenigen Ausnahmen immer über 50 Gew.% und erreicht Maximalwerte von knapp 80 Gew.%. Die zweitstärkste Tonmineralgruppe ist durch den Chlorit vertreten, der sich immer nachweisen läßt und einen Mittelwert von rund 30 Gew.% aufweist. Kaolinit bzw. Fireclay in Prozentsätzen über 10 Gew.% treten ausschließlich in den karbonatfreien Proben mit kristallinen Einzugsgebieten auf. Die quellfähigen Dreischichtminerale der Smektitgruppe fehlen ausnahmslos in den Kärntner Seetonen und sind im Rheingebiet und nördöstlich von Salzburg auf einzelne Lokalitäten beschränkt.

Die derzeit in der Ziegelproduktion verwendeten Seetone müssen mit passenden Zusatztonen (kaolinitisch, karbonatfrei) verbessert werden, um den heute geforderten keramtechnischen Kriterien zu entsprechen.

In den Bundesländern **Oberösterreich, Niederösterreich und Steiermark** sind die **quartären Deckschichten** auf den glazifluviatil gebildeten pleistozänen Terrassenfolgen von tragender Bedeutung für die Ziegelindustrie.

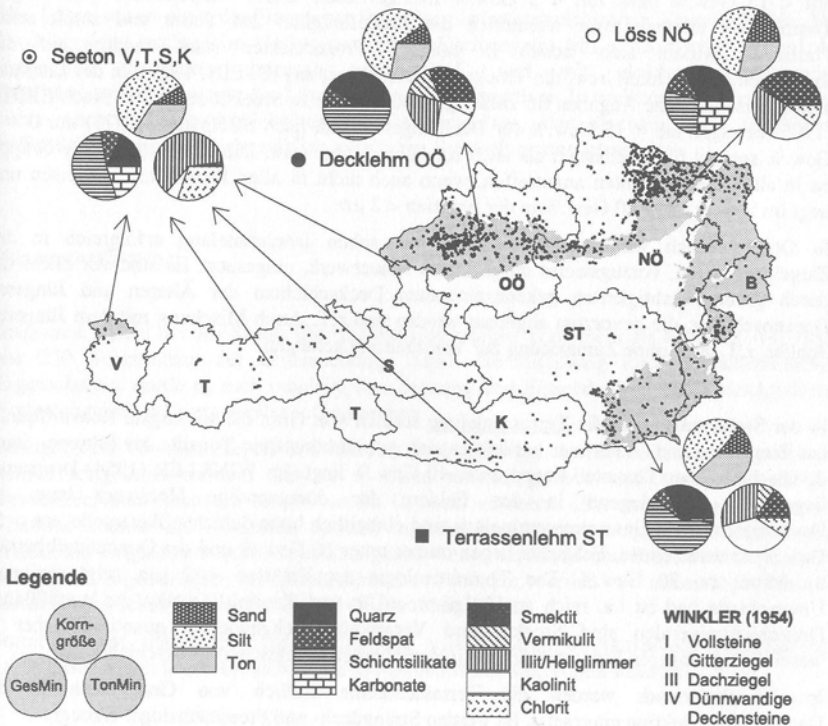
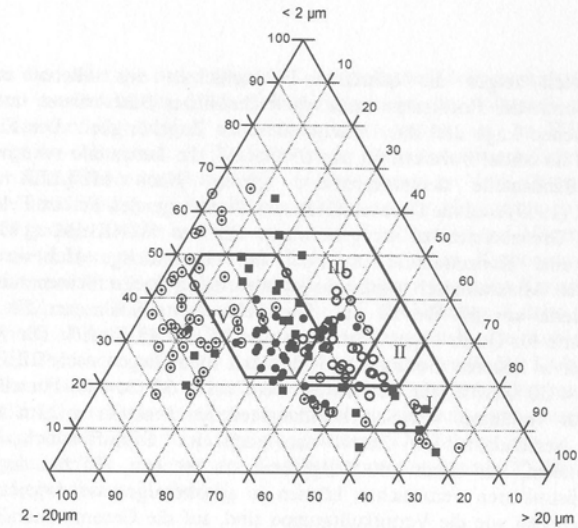


Abb. 3: Quartäre Tonlagerstätten

In **Oberösterreich** zeigen die quartären Deckschichten der Älteren und Jüngeren Deckenschotter bzw. der Hochterrasse ein sehr einheitliches Bild, nahezu unabhängig von ihrer geographischen Lage und ihrer stratigraphischen Zugehörigkeit. Die Siltanteile sind hoch und liegen im Mittel zwischen 60 und 65 Gew.%, die Tonanteile zwischen 20 und 35 Gew.%, die Sandanteile dementsprechend gering. Nach MÜLLER (1961) und FÜCHTBAUER (1959) sind die Deckschichten zum überwiegenden Teil im Feld der Tonsilte angesiedelt, im Grenzbereich zu tonigen Silten. Für das WINKLER (1954)-Diagramm bedeutet dies eine Konzentration im Feld für dünnwandige Hohlwaren bzw. im Dachziegelbereich. Mineralogisch weisen die karbonatfreien Deckschichten durchschnittliche Schichtsilikatanteile um 50 Gew.% auf. Die Feldspäte pendeln um 10 Gew.%. Die Durchschnittswerte für Quarz liegen hoch, zwischen 35 und 45 Gew.%. Die Kennwerte für freien Quarz, der in höheren Gehalten zu Kühlrisen führt, liegen nach BIEHL (1995) für Dachziegel bei < 30 Gew.%, für Hintermauerwerk bei < 50 Gew.%. Für alle Proben gilt weiters, daß das Verhältnis von Schichtsilikatanteil zur Fraktion < 2 µm zugunsten der Schichtsilikate verschoben ist. Damit ist auch im Schluffbereich mit höheren Schichtsilikatanteilen, vor allem mit Hellglimmer zu rechnen, die bei der Formgebung ungünstige Preßstrukturen verursachen können je grobkörniger sie entwickelt sind. Die Smektitgruppe ebenso wie die Vermikulitgruppe sind, auf die Gesamtmineralogie bezogen, mit < 15 Gew.% bzw. mit < 5 Gew.% nachgewiesen. Diese Vertreter der quellfähigen Tonminerale erhöhen zwar wesentlich die Bindefähigkeit des Tones und somit seine Plastizität, wirken sich jedoch in höheren Prozentsätzen stark negativ auf die Trockenempfindlichkeit bzw. die Trockenbiegefestigkeit aus (STEIN, 1982). In der Literatur sind unterschiedliche Angaben für zulässige Höchstwerte an Smektit zu finden. Nach BIEHL (1995) betragen sie < 15 Gew.% für Dachziegelmassen, nach SCHMIDT (1973) nur 0 – 5 Gew.% sowohl für Dachziegel als auch für Hintermauerwerk. Die Kaolinit/Fireclay-Gruppe ist in allen Deckschichten anzutreffen, wenn auch nicht in allen Proben nachzuweisen und liegt im Schnitt unter 20 Gew.% in der Fraktion < 2 µm.

In Oberösterreich werden die Deckschichten schon jahrzehntelang erfolgreich in der Ziegelproduktion, vorzugsweise aufgehendes Mauerwerk, eingesetzt. Es sind vor allem die durch große Mächtigkeiten gekennzeichneten Deckschichten der Älteren und Jüngeren Deckenschotter, die bevorzugt abgebaut werden und z.T. durch Mischung mit dem Jüngeren Schlier, z.T. auch ohne Zumischung zur Verarbeitung gelangen.

In der **Steiermark** sind die Terrassenlehme südlich von Graz die wichtigste Rohstoffquelle der Ziegelindustrie. Auch hier handelt es sich um karbonatfreie Tonsilte bis Silttone, deren durchschnittlicher Tonanteil knapp unter 40 Gew.% liegt. Im WINKLER (1954)-Diagramm liegen sie überwiegend in den Feldern für dünnwandige Hohlware bzw. im Dachziegelbereich. Gesamtmineralogisch sind einheitlich hohe Schichtsilikatanteile von > 50 Gew.% zu verzeichnen. Feldspäte liegen immer unter 10 Gew.% und der Quarzanteil beträgt im Mittel ca. 30 Gew.%. Die Tonmineralogie der Fraktion < 2 µm zeigt regionale Unterschiede und ist i.a. reich an Hellglimmer/Illit und Kaolinit/Fireclay. An quellfähigen Dreischichtmineralen sind Smektit und Vermikulit nachgewiesen, quantitativ aber in wesentlich geringeren Prozentsätzen als in den oberösterreichischen Deckschichten.

In der Steiermark werden die Terrassenlehme südlich von Graz auch in der Dachziegelproduktion eingesetzt. Es werden Strangdach- und Pressdachziegel erzeugt.

Schließlich ist noch auf den Löss hinzuweisen, der vorzugsweise in **Niederösterreich** in großen Mächtigkeiten auftritt.

Die Lössen liegen zum überwiegenden Teil als sandige Tonsilte vor. Die Sandanteile sind variabel und stehen mit der geographischen Verbreitung in Zusammenhang. So sind

beispielsweise die Lössen aus dem Kampal in unmittelbarer Nachbarschaft zum Kristallin am grobkörnigsten entwickelt. In allen Fällen jedoch ist im Siltanteil ein ausgeprägtes Korngrößenmaximum anzutreffen, wie es für Lössen typisch ist. Im WINKLER (1954)-Diagramm liegt die Gesamtheit der Lössproben im gut verarbeitbaren Bereich. Sie sind rein aufgrund ihrer Korngrößenverteilungen für die Herstellung von Voll-, Gitter- und Dachziegel geeignet. Für dünnwandige Deckensteine weisen sie im Gegensatz zu den Deck- bzw. Lösslehmern zu geringe Anteile im Fein- und Mittelschluffbereich auf. Mineralogisch gesehen entsprechen die Lössen mit ihren zum Teil beträchtlichen Karbonatwerten nicht den geforderten Kriterien für höherwertige Produkte. Noch dazu treten die Karbonate zum Teil als sekundäre Ausfällungen in Form von Lösskindln auf. Grobkörnige Kalzite (>1 mm) werden beim Brand nicht vollständig in Calciumsilikate umgewandelt. Sie verbleiben als CaO – Phasen im Scherben, die in Folge durch Hydratisierung und/oder Karbonatisierung zur Volumszunahme und damit zu schädlichen Kalkabplatzern im Scherben führen können (STEIN, 1982). In der Tonmineralogie unterscheiden sie sich nicht wesentlich von ihren verlehnten Äquivalenten. Die Smektitgruppe mit einem Mittelwert von ca. 40 Gew.% wird von der Hellglimmer/Illit- und von der Kaolinitgruppe mit jeweils 25 Gew.% gefolgt. Die Chloritgruppe liegt bei etwa 10 Gew.%.

Die Lössen waren einst die Hauptgrundlage der niederösterreichischen Ziegelindustrie. Die Produktpalette reichte von Vollsteinen bis zu Dachziegeln. Mit abnehmender Anzahl der Ziegelöfen, besonders drastisch nach 1945, und mit gleichzeitig steigenden Qualitätsansprüchen wurde der Löss zunehmend unattraktiver. In traditioneller Weise wird er heute noch in einer kohlebefeuerten Ringofenanlage, der einzigen noch in Betrieb befindlichen von Österreich, zu allen möglichen Sonderformaten verarbeitet.

Zusammenfassung:

Insgesamt kamen in einer Studie über die österreichischen Tone mehr als 400 Gesteinsproben aus 250 Vorkommen zur Untersuchung. Durch die Erfassung ihrer charakteristischen Eigenschaften wurde es auch möglich, ihre Eignung und Einsetzbarkeit für unterschiedliche Verwendungszwecke praxisrelevant anzugeben.

Bezüglich der Tonrohstoffe, die in Österreich im grobkeramischen Bereich eingesetzt werden, konnte festgestellt werden, daß sie in ihren mineralogischen und Korngrößenmäßigen Beschaffenheiten innerhalb relativ breiten Grenzen variieren. Erst aufgrund einer genauen Kenntnis können die Rohstoffe, optimal in ihrer Zusammensetzung abgestimmt, in der Produktion eingesetzt werden. Druckfestigkeit, Wasseraufnahme und Frostbeständigkeit, die wichtigsten Eigenschaften der grobkeramischen Produkte, werden von mineralogischen und sedimentologischen Parametern beeinflusst und kontrolliert.

Somit ergeben sich durch ihre Bestimmung auch konkrete Anhaltspunkte in bezug auf Langzeitstrategien beim Aufsuchen und Gewinnen dieser wertvollen Rohstoffe.

Literatur:

- BENDA, L.: Kieselgur (Diatomit). - in: Lagerstätten der Steine, Erden und Industriemineralen (Vademecum 2), Hrsg. Stein, V. (Hrsg.), Heft 38 der Schriftenreihe der GDMB, S. 133 - 140, Verlag Chemie, Weinheim, Deerfield Beach Florida, Basel, 1981.
- BENDER, W.: Lexikon der Ziegel. - 483 S., Bauverlag GmbH, 2. Aufl., Wiesbaden und Berlin, 1995.
- BERTOLDI, G., EBNER, F., HÖLLER, H. & KOLMER, H.: Blähtonvorkommen von Gnas und Fehring - geologische, sedimentpetrographische und technologische Untersuchungen. - Arch.f.Lagerst.forsch.Geol.B.-A., 3, 13-22, Wien, 1983.
- BIEHL, N.: Qualitative Einschätzung bekannter Kennwerte von tonigen Rohstoffen zur Herstellung von grobkeramischen Erzeugnissen. - Ziegel International 10/95, 744-756, Wiesbaden, 1995.
- BUNDESMINISTERIUM f. WIRTSCHAFT und ARBEIT (Hrsg.): Österreichisches Montan-Handbuch 2001. - BM f. Wirtschaft und Arbeit, Sektion III, Gruppe B (Montanbehörde), 75.Jahrgang, Wien, 2001.
- FÜCHTBAUER, H.: Zur Nomenklatur der Sedimentgesteine. Erdöl und Kohle, 12/8, 605 - 613, Hamburg, 1959.
- MÜLLER, G.: Das Sand-Silt-Ton-Verhältnis in rezenten marinen Sedimenten.- Neues Jahrbuch d. Mineralogie, S. 148-163, Stuttgart, 1961.
- SCHMIDT, H.: Rohstoffkenndaten der verschiedenen Erzeugnisarten der Ziegelindustrie. - ZI Ziegelindustrie, Heft 6, 212-216, Bonn, 1973.
- SCHMIDT, H.: Neuere Erkenntnisse über den Einfluß des Mineralbestandes auf die stofflichen Eigenschaften von grobkeramischen Massen und Erzeugnissen. - Fortschr. Miner., 59, 227-266, Stuttgart, 1981.
- STEIN, V.: Die Rohstoffe der Ziegelindustrie. - In BENDER, W. & HÄNDLE, F. (Hrsg.): Handbuch für die Ziegelindustrie, Bauverlag GmbH, 73-94, Wiesbaden und Berlin, 1982.
- WIEDEN, P.: Das Tonvorkommen und das Hafnerhandwerk von Stoob, Burgenland.- Montan-Rundschau, 9, Sonderheft Steine und Erden, 181-187, Wien, 1961.
- WINKLER, H.G.F.: Bedeutung der Korngrößenverteilung und des Mineralbestandes von Tonen für die Herstellung grobkeramischer Erzeugnisse. - Ber. Dt. Keram. Ges., 31, 337-343, Bonn, 1954.
- WIMMER-FREY, I., SCHWAIGHOFER, B. & MÜLLER H. W. (Projektleitung): Bundesweite Übersicht zum Forschungsstand der österreichischen Tonlagerstätten und Tonvorkommen mit regionaler Bedeutung. - Unveröff. Bericht, Bund/Bundesländer-Rohstoffprojekt Ü-LG-034/92-95, 4 Bände, Wien, 1993/94/95/96.

DER EINFLUSS DER PORENÖFFNUNGSWEITEN AUF DEN ELEKTROOSMOTISCHEN TRANSPORT IN FEINKÖRNIGEN SEDIMENTEN

Roman Zorn¹, Kurt A. Czurda¹, Reiner Haus² und Hendrik Krauss¹

¹ Lehrstuhl für Angewandte Geologie, Universität Karlsruhe (TH), Kaiserstr. 12, D-76128 Karlsruhe, E-Mail: roman.zorn@agk.uni-karlsruhe.de, hendrik.krauss@agk.uni-karlsruhe.de, kurt.czurda@agk.uni-karlsruhe.de.

² Dorfner ANZAPLAN, Scharhof 1, D-92242 Hirschau, E-Mail: rhaus@dorfner.de

Die elektrokinetische Bodensanierung ist eine innovative In-situ-Sanierungsmethode für gering durchlässige und wechsellagernde Gesteinsformationen. An eine Gleichspannungsquelle angeschlossene Elektroden induzieren im Untergrund ein elektrisches Feld, das eine Bewegung der Schadstoffe zu den Elektrodenreservoirs verursacht. Ein wesentlicher Transportprozess in tonhaltigen Böden stellt dabei die Elektrosmose, eine elektrisch induzierte Wasserströmung, dar. Das elektrokinetische Phänomen der Elektrosmose kann nicht nur eingesetzt werden, um ungeladene Schadstoffe aus Böden und Schlämmen zu entfernen, sondern es können damit auch setzungs- bzw. rutschungsempfindliche Böden und Industrieschlämme entwässert werden.

Um geeignete Vorhersagen für einen elektroosmotischen Transport machen zu können, ist es deshalb besonders wichtig, möglichst genau über die wesentlichen limitierenden und fördernden Faktoren für einen elektroosmotischen Transport Bescheid zu wissen. Allgemein bekannt ist, dass chemische Parameter wie der pH-Wert und Elektrolytgehalt des Bodens bzw. Porenwassers die elektroosmotische Geschwindigkeit beeinflussen. Häufig zeigt sich aber, dass die Berücksichtigung dieser chemischen Parameter nicht genügt, die elektroosmotischen Transportgeschwindigkeiten ausreichend prognostizieren zu können.

Anhand quecksilberporosimetrischer Untersuchungen verschieden konsolidierter Tonproben kann aufgezeigt werden, dass die Elektrosmose zusätzlich von der Art und Struktur der Bodenpartikel abhängt. Die experimentell ermittelte Verteilung der Porenöffnungsweiten wird zusätzlich zu den wesentlichen chemischen Parametern in einem Porenraummodell für eine Prognose für den elektroosmotischen Transport berücksichtigt. Ein solches Porenraummodell liefert dann verlässlichere Vorhersagen für einen elektroosmotischen Transport in tonhaltigen Böden.