

111
BIBLIOTHEK
Institut für Umwelt- und Bodenmechanik
Eg. Technische Hochschule Zürich

SCHRIFTENREIHE
ANGEWANDTE GEOLOGIE KARLSRUHE



Lehrstuhl für Angewandte Geologie
der Universität Karlsruhe

Herausgeber:
Prof. Dr. Dr. Kurt Czurda und Prof. Dr. Heinz Hölzl



SCHRIFTENREIHE
ANGEWANDTE GEOLOGIE KARLSRUHE

TONE IN DER UMWELTECHNIK

Der Schwerpunkt bei der Anwendung von Tonen und Tonmineralen in der Umwelttechnik liegt nicht auf dem Gebiet des Deponiebaus. So müssen bei weiteren Stufen des bodenmechanischen Baueserfordernisses Methoden der Tonmineral- und Tonmineralabscheidung in die Betrachtung miteinbezogen werden. Nicht dem Deponiebau zuzurechnen, aber jedenfalls als maßgeblicher Faktor der Umwelttechnologie anzusehen, ist der Einsatz von Tonen in der Abwasserreinigung. Die adsorptiven Eigenschaften von Tonen als

Kurt A. Czurda, Jean F. Wagner (Herausgeber)

Tone in der Umwelttechnik

Jahrestagung 1988 der Deutschen Ton- und
Tonmineralgruppe in Karlsruhe

Schr. Angew. Geol. Karlsruhe	4	I-VII 1-321	Karlsruhe, 1988
---------------------------------	---	----------------	-----------------

SCHRIFTENREIHE
ANGEWANDTE GEOLOGIE KARLSRUHE



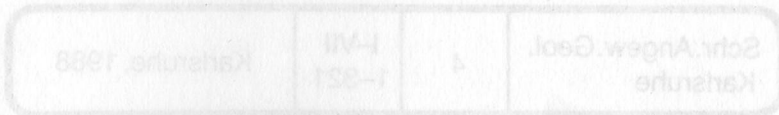
Anschrift der Schriftenleitung:

SCHRIFTENREIHE ANGEWANDTE GEOLOGIE KARLSRUHE
Lehrstuhl für Angewandte Geologie
Kaiserstr. 12, Postfach 6980

D-7500 Karlsruhe

ISSN 0933-2510

© Lehrstuhl für Angewandte Geologie,
Universität Karlsruhe



VORWORT

TONE IN DER UMWELTTECHNIK

Der Schwerpunkt in der Anwendung von Tonen und Tongesteinen in der Umwelttechnik liegt ohne Zweifel auf dem Gebiet des Deponiebaus. So müssen im weitesten Sinne auch bodenmechanische Parameter und Methoden der Tonmineral- und Tongesteinsidentifizierung in die Betrachtung miteinbezogen werden. Nicht dem Deponiebau zuzurechnen, aber jedenfalls als maßgeblicher Faktor der Umwelttechnologie anzusehen, ist der Einsatz von Tonen in der Abwasserreinigung. Die adsorptiven Eigenschaften von Tonen - als ausschlaggebender Parameter bei der Rückhaltung von Schadstoffen aus Deponien - sind auch in der Abwasserreinigung von erstrangiger Bedeutung.

Dem großen Gebiet der Tonanwendung in der Deponietechnik sind die meisten Arbeiten des Symposiums gewidmet. Diesem Problemkreis seien einige zusammenfassende Überlegungen vorangestellt.

Tone und Tongesteine haben in der Umwelttechnik eine dreifache Funktion zu erfüllen:

1. Als geologische Barriere, d.h. als natürlicher Untergrund oder Umgebungsgestein einer Deponie
2. Als mineralische Basisabdichtung von Deponien, wobei mineralogische Zusammensetzung, Chemismus und bodenphysikalische Eigenschaften abfallspezifisch variiert werden können.
3. Als mineralische Oberflächenabdichtung. Die Verwendung als mineralische Barriere an der Basis wie an der Oberfläche stellt jeweils nur einen Teil des Isoliersystems dar.

In welcher Funktion auch immer die Tone eingesetzt werden, sie haben jedenfalls zwei Aufgaben gerecht zu werden: Sie müssen

erstens abdichten, d.h. Zutritt und Austritt von Lösungen möglichst lange verhindern, und sie müssen zweitens möglichst hohe Rückhaltekapazitäten aufweisen. Letzteres für den Fall, daß die Isoliersysteme undicht werden bzw. der Alterungsprozess Stoffwanderungen früher oder später begünstigt.

Der Problemkreis der Dichtigkeit von Deponiebarrieren soll hier nicht weiter angesprochen werden. Er mißt sich an den Werten für die Gesteins- bzw. Gebirgsdurchlässigkeit. Letzteres ist ein mitbestimmender Faktor bei der Standortauswahl und muß insbesondere von der Hydrogeologie behandelt werden. Gebirgsdurchlässigkeiten waren nicht Gegenstand dieses Symposiums.

1. RETARDATIONSEIGENSCHAFTEN

Die wesentlichen Rückhalteigenschaften sind in den folgenden drei Faktoren zu sehen:

1.1 Filterfunktion

In der Filterfunktion des Tones, d.h. mechanischer Lösungsrückhalt im Porenraum. Die Permeabilität, Durchlässigkeit im engeren Sinne, ist dabei ausschlaggebend. Sie ist eine gesteinspezifische Konstante. Somit ist die Filterwirkung eine zeitabhängige Größe. Die Filtereigenschaften sind umso besser, d.h. umso länger wirksam, je kleiner der k_f -Wert ist. Auswirkungen auf die Sorption sind offensichtlich.

1.2 Fällungsreaktion

Die Reaktion von Lösungskationen mit dem aus dem Gestein gelösten CO_2 oder anderen Dissoziationsresten bewirkt die Fällung von neuen Mineralphasen, die für sich schon eine Immobilisierung darstellen, die dann aber eine Erhöhung der Filterwirkung durch Verringerung der Permeabilität nach sich ziehen.

1.3 Adsorption

In der Adsorption an die negativ geladenen Schichtsilikatoberflächen, die negativ geladenen Zwischengitterflächen und die positiv geladenen Kanten und Ecken. Die Sorption ist stark abhängig von der Ausbildung der elektrischen Doppelschicht, die ihrerseits schichtgitter- und kationenspezifisch ausgebildet ist.

2. TRANSPORTWEGE

2.2 Konvektion

Bei gegebener Permeabilität und bekannter Schadstofflösung anorganischer und organischer Art, kommen die unterschiedlichen Transportprozesse im Ton zum Tragen. Turbulentes Fließen muß gänzlich ausgeschlossen werden, laminares Fließen (Konvektion) kann bei entsprechendem Klufttraum eine Rolle spielen, ansonsten muß die Diffusion, also Verlagerung infolge eines Konzentrationsgradienten, als maßgeblicher Migrationsprozess angesehen werden. Das Darcy'sche Gesetz ist dabei aufgehoben.

2.2 Diffusion

Die Diffusion als Transportvorgang im molekularen Bereich tritt makroskopisch nicht in Erscheinung. Sie spielt sich in zwei Räumen ab: Im Raum zwischen kommunizierenden Poren einerseits und im Zwischengitterraum der Tonminerale andererseits. Die Gesetzmäßigkeit dieses Stofftransportes wurde von A. Fick erstmals angegeben.

Dabei geht der Diffusionskoeffizient in cm^2/s , die Konzentration in g/cm^3 und die Wegkoordinate in cm in die Gleichung ein. Der Diffusionskoeffizient für Wasser im Tongestein und in Tonen muß zwischen 10^{-10} und 10^{-12} cm^2/s angenommen werden. Der Diffusionskoeffizient für eine Schwermetall- oder CKW-Lösung unterscheidet sich allerdings davon, wobei die höheren Metallkationengehalte eher eine Verringerung und die CKW-Gehalte eine Er-

höhung dieses Koeffizienten bewirken können. Die Gleichung für den Diffusionskoeffizienten ergibt sich aus dem Quadrat der Weglänge der in der Zeit durch Diffusion zurückgelegten Strecke über dem Zweifachen der betrachteten Zeit. Die Größenordnung der Wanderungsgeschwindigkeit bei Diffusionsvorgängen läßt sich am besten veranschaulichen, wenn man eine Weglänge von 1 cm zugrunde legt. Typische Diffusionsvorgänge wie Wasserdampf in Luft brauchen für diese Strecke ca. 10 Sekunden, Wasser in Wasser ca. 1 Tag, Wasser in Polymeren ca. 1000 Tage. Die Diffusion in Tongesteinen wurde auch in diesem Symposium behandelt. Ein prominentes Beispiel dafür sind die Wanderungszeiten von Isotopen der Seltenen Erden, von Zirkon, Ruthenium, Rhodium und Palladium im präkambrischen Tonschiefer im Naturreaktor Oklo/Gabun. Diese Isotope sind vermutlich diffundiert, haben sich aber innerhalb von 2 Milliarden Jahren nur um wenige cm von ihrem Bildungsort entfernt.

PREFACE

Clays in Environment Technology

Clays and clay rocks have to meet three requirements in environment technological matters: 1. Geological barrier functions, which means natural clay rock surroundings for open pit or subsurface deposits. 2. Artificial clay liner functions at the base of a deposit and 3. artificial clay cover functions on top of a waste body. Mineralogical compositions, chemism and soil physical properties may be varied in order to fulfill specific sealing requirements. The application of clay for base-, surface- and side sealings are always only one part of the complete sealing system. However, in which function clays are used, they have to encapsulate and they have to perform retention properties.

The encapsulation has to prevent contaminant migration into the biosphere as long as possible - possible for any kind of synthetic or natural materials. The retention properties are a non renounceable

part of the barrier properties because any host rock will sooner or later become permeable.

The critical point in environment related clay application has to be seen in the area of waste deposit constructions. Therefore soil mechanical parameters and methods of clay mineral identification and chemical characterization of clay rocks were considered and treated in the symposium. The use of clay in sewage treatment does not belong to the waste deposit field but means a further clay application in environment technology. Two symposium papers deal with this problem.

Retardation properties and migration processes of heavy metals and organics in clays, especially diffusion and laminar flow, are treated on first place in the symposium papers.

Kurt A. Czurda

part of the barrier properties because the best results will be obtained when the clay is used in conjunction with other barrier materials. The critical point in environmental protection is the application of clay to the site of the waste disposal. The use of clay in waste disposal is not a new concept. The use of clay in waste disposal has been known for many years. The use of clay in waste disposal is not a new concept. The use of clay in waste disposal has been known for many years. The use of clay in waste disposal is not a new concept. The use of clay in waste disposal has been known for many years.

PREFACE

Clay in Environment Technology

Clay and clay rocks have to meet three requirements in environmental technology: 1. Geological barrier functions, which means natural clay rock surroundings for open pits or surface deposits. 2. Artificial clay barriers at the base of a waste body. 3. Artificial clay cover functions on top of a waste body. Mineralogical composition, chemical and physical properties may be varied in order to fulfill specific sealing requirements. The application of clay for best, surface- and side sealings are always only one part of the complete sealing system. However, in which function clay are used, they have to be expensive and they have to perform reliable properties. The clay barrier has to prevent contaminant migration into the environment as long as possible for any kind of synthetic or natural materials. The retention properties are a main characteristic of clay.

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
KOHLER, E.E. & USTRICH, E.: Tonminerale und ihre Wirksamkeit in natürlichen und technischen Schadstoffbarrieren	1-19
RAMPAZZO, N. & BLUM, W.E.H.: Veränderungen von Bodenmineralen durch saure Immissionen aus der Luft	21-46
WAGNER, J.-F.: Mineralveränderungen bei der Migration von Schwermetalllösungen durch Tongesteine	47-62
HELING, D.: Versuche zur Messung des k_f -Wertes toniger Böden mit Hilfe der elektrischen Leitfähigkeit	63-80
BAERMANN, A.: Schadstoffausbreitung im geklüfteten Glimmerton unterhalb der Deponie Georgswerder	81-98
ECHLE, W., CEVRIM, M. & DÜLLMANN, H.: Tonmineralogische, chemische und geotechnische Veränderungen in mineralischen Basisabdichtungen nach langjährigem Deponiebetrieb	99-121
DEGEN, W. & HASENPATT, R.: Durchströmung und Diffusion in Tonen	123-139
KUHN, K. & WEISS, A.: Untersuchungen zur Aufnahme von Lösemitteln durch organophilisierte Bentonite	141-159

The chemical interaction between clay minerals and complex waste waters are of high importance for evaluation the long-term stability of mineral barriers - horizontal and vertical systems as well. The "Geotechnics of Refuse Dumps and Contaminated Land

- LEE, C.-M.: Einsatz von Tonen zur Abwasserreinigung..... 161-179
- XIANG, W.: Quantitativer Zusammenhang zwischen Tongehalt und Scherfestigkeit von Tonzwischenschichten..... 181-198
- STEIN, M.: Diagenetisches Verhalten und Selten-Erd-Element-Konzentrationen als Kriterium zur Differenzierung von Smectiten in tertiären Oberrheingraben-Sedimenten 199-224
- CZURDA, K.A. & WAGNER, J.-F.: Verlagerung und Festlegung von Schwermetallen in tonigen Barrieregesteinen..... 225-245
- SCHABABERLE, R.; WAGNER, J.-F. & CZURDA, K.A.: Der Einfluß von Frost-Tau-Zyklen auf das Gefüge von Tonen 247-273
- VALI, H.; KOHLER, E.E.; BACHMANN, L. & FÖRSTER, O.: Elektronenmikroskopische Untersuchungen von Mischungen aus Portlandzement mit Smectit-Suspensionen 275-303
- BÖHLER, U.; BÖTTGER, M.; SMYKATZ-KLOSS & WAGNER, J.-F.: Exkursion zu Tonvorkommen im Oberrheingraben (Eisenberger Becken - Wiesloch - Langenbrückener Senke)..... 305-321

TONMINERALE UND IHRE WIRKSAMKEIT IN NATÜRLICHEN UND TECHNISCHEN SCHADSTOFFBARRIEREN

Clay Minerals and their Effectiveness in Natural and Technical Contaminant Barriers

E.E. KOHLER¹ & E. USTRICH²

¹Universität Regensburg,
Institut für Geographie/Angewandte Geologie
²Technische Universität München
Lehrstuhl für Angewandte Mineralogie

KURZFASSUNG

Tonminerale sind die wichtigsten Bestandteile von mineralischen Deponiebasisabdichtungen. Die chemischen Wechselwirkungen zwischen den Schichtsilikaten und den komplex zusammengesetzten Deponiesickerwässern sind verantwortlich für die Langzeitstabilität der mineralischen Barrieren - gleichgültig ob horizontale oder vertikale Systeme betrachtet werden. Der von der Deutschen Gesellschaft für Erd- und Grundbau 1985 gegründete Arbeitskreis 11: "Geotechnik der Deponien und Altlasten" hat tonmineralogischen Untersuchungen einen hohen Stellenwert zuerkannt.

ABSTRACT

Clay minerals are the most important mineral-liners of waste-deposits. The chemical interaction between sheet silicates and complex waste waters are of high importance for valuation the long-term stability of mineral barriers - horizontal and vertical systems as well. The "Geotechnics of Refuse Dumps and Contaminated Land