

On-line Monitoring von Tonabdichtungen in Deponien mit Hilfe der Impedanzspektroskopie

D. Becker, K. Jüttner, W. Fichtner, U. Guth

E-Mail: dbecker@dechema.de

gefördert durch: Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF)



Laufzeit: 01.07.2002 - 30.06.2004

Einführung

Mülldeponien werden durch Sperrschichten aus Ton gegen das Grundwasser abgedichtet. Die Schichtstrukturen des Tonen gleichen Druck- und Temperaturschwankungen aus. Neben Wasser können auch organische Schadstoffe wie Lösungsmittel, Treibstoffe u.a. in die Tonschichten eindringen und durch die Abdichtung transportiert werden. Die Kenntnis des Ausbreitungsverhaltens von kontaminierten Flüssigkeiten im Ton ist für die optimale Materialauswahl und Dimensionierung der Tonabdichtungen wichtig. Mit einem On-line-Monitoring mit Hilfe der Impedanzspektroskopie lassen sich drohende Schadstoffdurchbrüche in das Grundwasser rechtzeitig erkennen.

Tonabdichtungen an Deponien werden vorwiegend nach zwei Methoden hergestellt.

1. Eine Mischung aus 20% sehr feinkörnigem Tonmehl und 80% Sand wird in einer 25 cm starken Schicht (70 kg/m²) aufgebracht.
2. Tonpellets werden in 2 Schichten aufgetragen und zu einer 50 cm starken Schicht verdichtet.

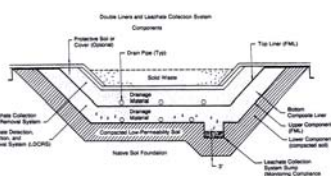


Abb. 1: Aufbau einer Deponieabdichtung

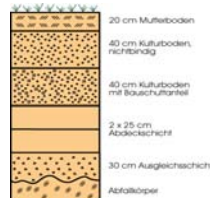


Abb. 2: Aufbau einer Oberflächenabdichtung

Charakterisierung der Proben

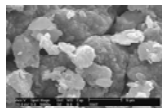


Abb. 3: REM-Aufnahme von Ton H

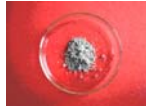


Abb. 4: Anlieferungszustand Ton B



Abb. 5: Anlieferungszustand Ton H

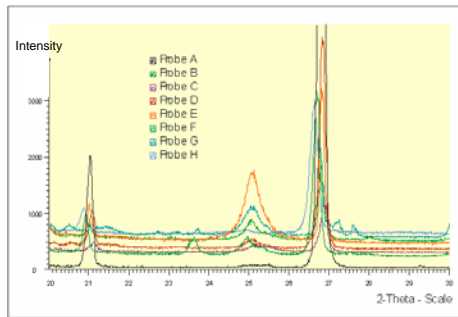


Abb. 6: Ergebnisse der XRD-Messungen, die an ausgewählten Probenmaterialien vorgenommen wurden.

Informationen über den strukturellen Aufbau der untersuchten Tonproben werden mittels röntgendiffraktometrischer Phasenanalyse gewonnen. Als Phasen, die in wesentlicher Quantität in den Probenmaterialien vorkommen, wurden erwartungsgemäß Kaolite und Quarze gefunden. Der Kaolitanteil wird durch einen Peak bei ca. 25,1° (Anregung durch Cu-K α -Strahlung) dokumentiert. Es lassen sich beispielsweise die Phasen mit den PDF-Nummern der ICDD (International Centre for Diffraction Data) **75-1593** Al₂Si₂O₅(OH)₄ oder **78-2109** Al₄(OH)₈Si₄O₁₀ zuordnen. Probe E und G zeigen den höchsten Kaolinitanteil. Ein hoher Quarzanteil wird durch Peaks bei 21,0° und 26,7° angezeigt. Eine mögliche Phase ist **46-1045** SiO₂, die mit der höchsten Intensität in Probe A gefunden wurde.

Impedanzmessungen

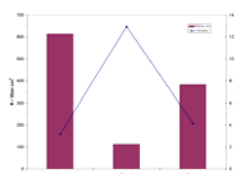
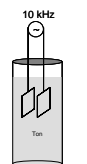


Abb. 7: Feuchte und elektrischer Widerstand der Proben im Anlieferungszustand, 2-Elektroden-Messung.



Pt-Leitfähigkeitsmesszelle

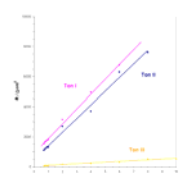


Abb. 8: Abhängigkeit des elektrischen Widerstandes der Proben vom Wasser-Ton-Verhältnis, 2-Elektroden-Messung.

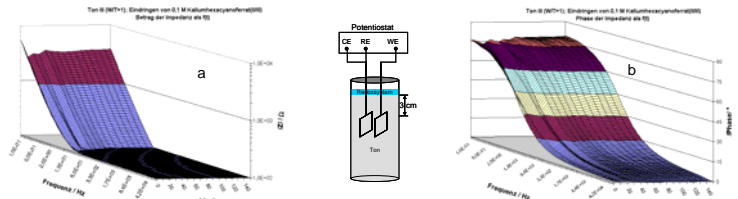


Abb. 9: EIS-Monitoring des Eindringens von 0,1 M Kaliumhexacyanoferrat(II/III) in eine Tonaufschlämmung mit einem Wasser-Ton-Verhältnis von 1:1; a) Impedanzbetrag und b) Phase in Abhängigkeit von der Penetrationszeit, 2-Elektroden-Messung.

Im Anlieferungszustand unterscheiden sich die Laborproben sehr stark im Feuchtegehalt und der Konsistenz. Es ist daher notwendig, eine für alle Proben vergleichbare Prüfkonsistenz und Feuchte einzustellen. Dies wird dadurch erzielt, daß die Proben in einem vorgegebenen Wasser-Feststoff-Verhältnis (W/T-Wert) aufgeschlämmt werden.

Im Kontakt mit Wasser zeigen die einzelnen Proben unterschiedliches Elutionsverhalten. Ein im Anmachwasser enthaltenes Redoxsystem, z.B. Kaliumhexacyanoferrat (II/III), kann elektrochemisch nachgewiesen werden.

Mit Hilfe der Impedanzspektroskopie ist es möglich, eine im Ton enthaltene Redoxkomponente zu detektieren und anhand der Potentiallage zu identifizieren. Es ist sogar möglich, eine den Ton durchströmende Komponente orts- und zeitaufgelöst zu erfassen.

Im Rahmen dieser Untersuchungen kommen zwei prinzipiell unterschiedliche Messanordnungen zum Einsatz. In der 2-Elektrodenanordnung (Pt-Leitfähigkeitsmesszelle) wird im Gegensatz zu der 3-Elektrodenanordnung ohne Referenzelektrode gemessen.

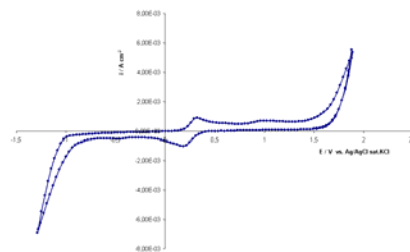


Abb. 10: Stromdichte-Potential-Kurve aufgenommen an einer Platinelektrode in Ton III in Anwesenheit von Kaliumhexacyanoferrat(II/III), 3-Elektroden-Messung.

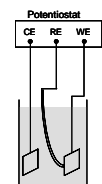


Abb. 11: Skizze der verwendeten 3-Elektroden-Messzelle

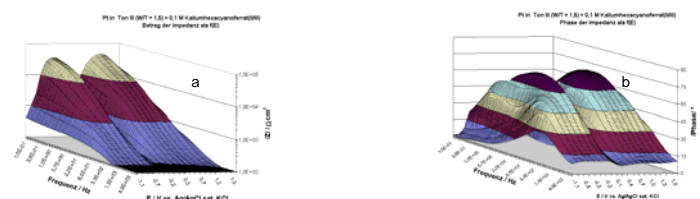


Abb. 12: EIS-Detektion von 0,1 M Kaliumhexacyanoferrat(II/III) in eine Tonaufschlämmung mit einem Wasser-Ton-Verhältnis von 1:1; a) Impedanzbetrag und b) Phase in Abhängigkeit vom Potential, 3-Elektroden-Messung.

Ausblick

- Entwicklung und Optimierung der Messmethodik für das on-line Monitoring
- Auswahl geeigneter Elektrodenmaterialien und Untersuchung des Einflusses dieser Elektrodenmaterialien auf die Impedanzmessungen
- Kinetische Untersuchungen zum Stoffeintrag an Modellsystemen unter Verwendung verschiedener Tonminerale
- Kinetische Untersuchungen an ausgewählten Schadstoffgemischen
- Entwicklung und Bau einer Messeinheit zur Durchführung von Feldmessungen
- Feldmessungen an Tonschichten

Danksagung

Die Autoren danken der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) für die finanzielle Unterstützung dieses Projektes (AiF 13340 BG) aus Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit, sowie den nachfolgenden Firmen für die Bereitstellung des Probenmaterials: Friedländer Ton-Industriegesellschaft mbH, Kaolin- und Tonwerk Seilitz-Löthain, P-D Industries GmbH Puschwitz und der Stephan Schmidt Meissen GmbH.