

Standortsspezifische Setzungsüberwachung für Deponien

Florian Kölsch

Abstract

The recently released landfill directive (DepV) particularly provides the opportunity to adjust the efforts on monitoring programs compared to the regular requirements while considering site specific conditions. Concerning the monitoring of landfill base settlements the landfill operator may agree with the authority on a "tailored" monitoring concept in terms of frequency and quality of measurements. Out of several measuring systems, hydrostatic elevation sensors are the only suitable tools for an appropriate monitoring. The low-priced camera mounted inclination sensor delivers results only in case that additional correction points are available, what will be illustrated presenting an practical example. The article introduces three case studies of long term settlement monitoring under different conditions (stiff/soft landfill subsoil, measurements inside landfill). Recommendations regarding the efforts on monitoring will be concluded. As a thumb value one measurement per 5 m landfill height increase in one monitoring axis per 1,5-2 ha seems adequate. The requirements for soft subsoil are appropriately higher. A successfully implemented site specific settlement monitoring will be presented introducing the landfill "Alte Schanze".

Zusammenfassung

In der Neufassung der Deponieverordnung wird ausdrücklich auf die Möglichkeit hingewiesen, den Umfang von Mess- und Kontrollmaßnahmen abweichend von den Regelanforderungen standortsspezifisch festzulegen. Hinsichtlich der Durchführung der Setzungsüberwachung der Deponiebasis sollte die Häufigkeit und Qualität der Messungen in einem „maßgeschneiderten“ Monitoringkonzept mit der Aufsichtsbehörde abgestimmt werden. Von den verbreiteten Messverfahren ist nur die hydrostatische Höhenvermessung für eine hochwertige, gezielte Überwachung geeignet. Die billige Kameraneigungsmessung erreicht nur durch Korrektur über zusätzliche Messpunkte überhaupt Aussagekraft, was an einem Beispiel einer Kombinationsmessung gezeigt wird. Drei Fallbeispiele für langjährige Setzungsüberwachungen unter unterschiedlichen Randbedingungen (setzungsarmer und setzungsempfindlicher Deponieuntergrund, Messungen im Abfallkörper) werden im Beitrag präsentiert. Aus den Ergebnissen werden Empfehlungen für den Umfang der Setzungsüberwachung abgeleitet. Bei tragfähigem Untergrund erscheint als Größenordnung eine Messung je 5 m Deponieerhöhung in einer Messachse je 1,5-2 ha Deponiefläche angemessen, bei wenig tragfähigem Untergrund sind höhere Anforderungen zu stellen. Mit der Deponie „Alte Schanze“ wird gelungenes Praxisbeispiel für eine standortsspezifische Setzungsüberwachung vorgestellt.

1 Situation

Das Basisabdichtungssystem stellt im Hinblick auf die gemeinwohlverträgliche Beseitigung der Abfälle unabhängig von der Qualität der abgelagerten Abfälle den zentralen Bestandteil des Deponiebauwerks dar. Daher werden an die Funktionsfähigkeit der Abdichtung besondere Anforderungen gestellt. Beeinträchtigungen der Schutzwirkung der Abdichtungen sind in jedem Falle zu vermeiden. Wichtigste Ursache für Beschädigungen sind mechanische Belastungen, deren Auswirkungen (Verformungen, Setzungen, Risse usw.) besonderer Überwachung bedürfen. Die Überwachungspflicht war bislang im Punkt 10.4.1.1 der TA Siedlungsabfall [1] formuliert. Die Messungen sollten im Zuge der Eigenüberwachung durchgeführt und im Jahresbericht zum Deponieverhalten dokumentiert werden. In Anwendung des Anhanges G der TA Abfall [2] wurde für die Durchführung der Überwachungsmaßnahmen eine jährliche Höhenvermessung aller Sickerwasserrohre gefordert. Mit der Überarbeitung der Deponieverordnung [3], mit der die EU-Deponierichtlinie in nationales Recht umgesetzt und die bis dato geltenden Verordnungen zusammengefasst wurden, haben sich die technischen Anforderungen an die Setzungsmessungen an dieser Stelle geändert.

2 Rechtliche Rahmenbedingungen

Die Anforderungen an die Kontrollmaßnahmen sind im § 12, Absatz 3 der Deponieverordnung [3] niedergelegt. Danach müssen prinzipiell alle Betreiber von Deponien der Klassen 0, I, II und III Messungen gemäß Anhang 5 Nummer 3.2 („Mess- und Kontrollprogramm“) durchführen. Da diese Forderungen gegenüber den früheren Regelungen zu einem unangemessen hohen oder sogar einem technisch unsinnigen Überwachungsaufwand führen würde, hat der Verordnungsgeber ausdrücklich auf die Möglichkeit von (antragspflichtigen) Ausnahmeregelungen für die Klasse 0 und für Monodeponien hingewiesen. Für die übrigen Betreiber (insbesondere der Klasse II-Deponien) gilt bezüglich der Setzungsmessungen die bisherige Forderung nach jährlicher Messung des Verformungsverhaltens der Deponiebasis durch Höhenvermessung der Sickerwasserrohre weiter. Neu ist, dass die Verordnung auch an dieser Stelle auf die Möglichkeit der Abweichung von Umfang und Häufigkeit der durchzuführenden Kontrollen und Messungen hinweist (Anhang 5, Nummer 3.2, Satz 2). Anders als in der Regelung nach TA Siedlungsabfall [1] wird damit auch für die Klasse II-Deponie ein standortspezifisches Monitoringprogramm zulässig.

Diese Öffnung ist höchst begrüßenswert. Bislang waren alle Deponien der Klasse II unabhängig von der Gefährdung der Basisabdichtung denselben Kontrollanforderungen unterworfen, unabhängig davon ob es sich um setzungsunempfindliche (Sandböden in der Heide, Steinbrüche, felsige Standorte in Süddeutschland) oder eher setzungsempfindliche Standorte (Marsch, Auen, Tagebau) handelte. Insbesondere Deponiebetreiber an wenig setzungsgefährdeten Standorten zeigten deshalb - durchaus nachvollziehbar - nur wenig Akzeptanz für die Ihrer Ansicht nach überzogenen Anforderungen. Diese Auffassung hat maßgeblich dazu beigetragen, billige, aber technisch ungeeignete Messverfahren wie die Kameraneigungsmessung in der Deponieüberwachung zu etablieren. Mit der Neuregelung besteht Aussicht, dass für alle Standorte entsprechend ihrer geotechnischen Ansprüche angemessene Monitoringprogramme zur Anwendung kommen und somit einerseits übertriebener Messaufwand reduziert, andererseits reine „pro forma“-Messungen verschwinden werden.

3 Messverfahren

Unter den für die Setzungsüberwachung der Deponiebasis zum Einsatz gelangenden Messverfahren haben in den vergangenen Jahren mit der hydrostatischen Höhenvermessung das genaueste und mit der Kameraneigungsmessung das billigste Messverfahren die größte Verbreitung gefunden. Die hydrostatische Höhenvermessung ist ein seit langem angewandtes Messprinzip. Die Höhe eines Punktes kann durch die Messung des der Höhendifferenz proportionalen Wasserdruckes (bei bekannter Höhenlage des Wasserspiegels) bestimmt werden. Der Aufbau der Wassersäule zwischen Referenzniveau und Messpunkt kann auf verschiedene Arten erfolgen, in der Regel wird ein Drucksensor mit angeschlossener Wassersäule in das Rohr eingebracht. Die hydrostatische Höhenvermessung kann Messgenauigkeiten von 0,1% des Höhenunterschiedes bzw. des Messbereiches des Druckaufnehmers erreichen, bei Systemen mit 5 m Messbereich somit ± 5 mm. Die Messungen sind unabhängig voneinander, so dass lokale Fehlmessungen benachbarte Punkte nicht beeinträchtigen. Die Sensitivität gegen Temperatur- und Luftdruckschwankungen erfordert qualifiziertes Personal. Da die Messungen zudem zeitintensiv sind, fallen entsprechende Kosten an. Das Einbringen der Messsonde kann mit dem Kamerafahrzeug während der TV-Inspektion erfolgen (Abbildungen 1 und 2) oder mit anderen Hilfssystemen (Zugseil, Glasfiberstab).

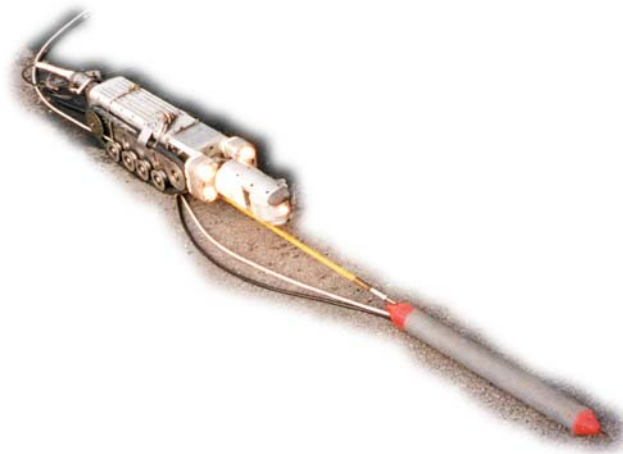


Abbildung 1: Kamerafahrzeug mit aufgestecktem hydrostatischem Sensor

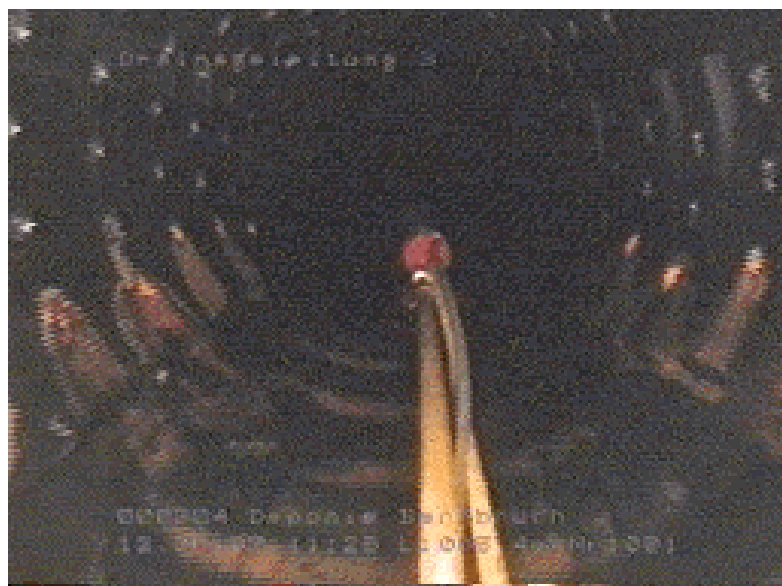
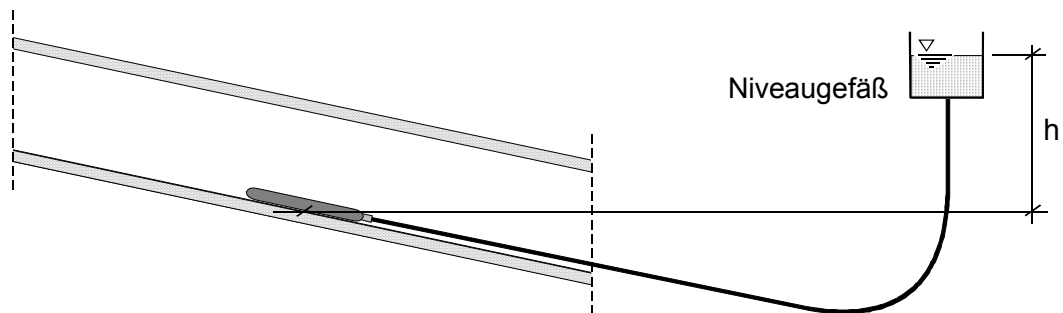


Abbildung 2: Einfahren der hydrostatischen Sonde (TV-Aufnahme)

Bei der Inklinometermessung wird in Intervallen die Neigung einer Rohrleitung gemessen und daraus der Höhenunterschied im Bereich des Intervalls ermittelt. Die einzelnen Höhendifferenzen werden aufsummiert und aus dem Ergebnis wird die Höhenlage des aktuellen Messpunktes berechnet. Die Inklinometer werden im Deponiebereich ausschließlich als in Kamerafahrwagen integrierte Systeme eingesetzt, spezielle Messrohre (wie in der Bauwerksüberwachung üblich) kommen praktisch nicht zum Einsatz. Die eingesetzten Neigungsaufnehmer haben eine sehr hohe Auflösung von 0,001% Neigung. Die Genauigkeit der berechneten Höhe nimmt unabhängig von den Messbedingungen mit zunehmender Messlänge ab. Abbildung 3 zeigt schematisch die beiden Verfahren zur Höhenvermessung.

a) Hydrostatische Höhenvermessung



b) Neigungsmessung

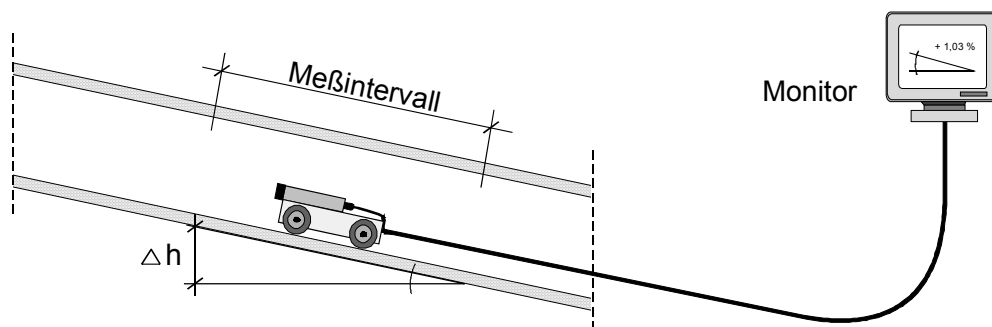


Abbildung 3: Messprinzipien zur Rohrvermessung

Da die aktuelle Höhenlage eines Messpunktes durch Summation der vorausgegangenen Messungen errechnet wird, werden alle Messfehler aufsummiert. Nach Herstellerangaben kann von einer Messgenauigkeit von 0,1% (bezogen auf die Entfernung) ausgegangen werden, das entspricht einem Fehler von 1 mm je abgefahrenem Meter Rohrleitung. Bei einer einseitig zugänglichen Sickerwasserleitung von 250 m Länge beträgt der zu erwartende Messfehler +/- 25 cm. In den einschlägigen Richtlinien der GSTT wird für die Kameraneigungsmessung sogar nur eine Messgenauigkeit von +/- 84 cm (auf 200 m Rohrlänge) angegeben [4]. Zu den Ursachen der Messfehler und Grenzen der Korrekturmöglichkeiten wurden umfangreiche Untersuchungen gemacht [5]. Ohne zusätzliche Höheninformationen sind Korrekturen der Neigungsmessungen physikalisch prinzipiell unmöglich, auch wenn dies zuweilen behauptet wird. Weder lassen sich statistisch noch auf irgendeine andere Weise Fehler identifizieren und auf ein Maß korrigieren, das sich Aussagen zum Setzungsverhalten machen ließen. Die einzige Möglichkeit besteht in der zusätzlichen Aufnahme einzelner Höhenpunkte im Rohr (durch hydrostatische

Messung), die dann als Stützstellen für eine Korrektur der Neigungsdaten verwendet werden. Diese so genannte Kombinationsmessung wird an verschiedenen Standorten eingesetzt.

Abbildung 4 zeigt das Messergebnis in einer einseitig zugänglichen Sickerwasserleitung einer großen Hausmülldeponie. Am Rohrende hat sich bei der Neigungsmessung ein Fehler von rund 60 cm (entspricht 0,15 % Neigungsfehler) aufsummiert. Über die 40 m auseinander liegenden hydrostatischen Stützstellen kann der Fehler korrigiert werden, so dass eine Messgenauigkeit von etwa $\pm 2-3$ cm erreicht werden kann.

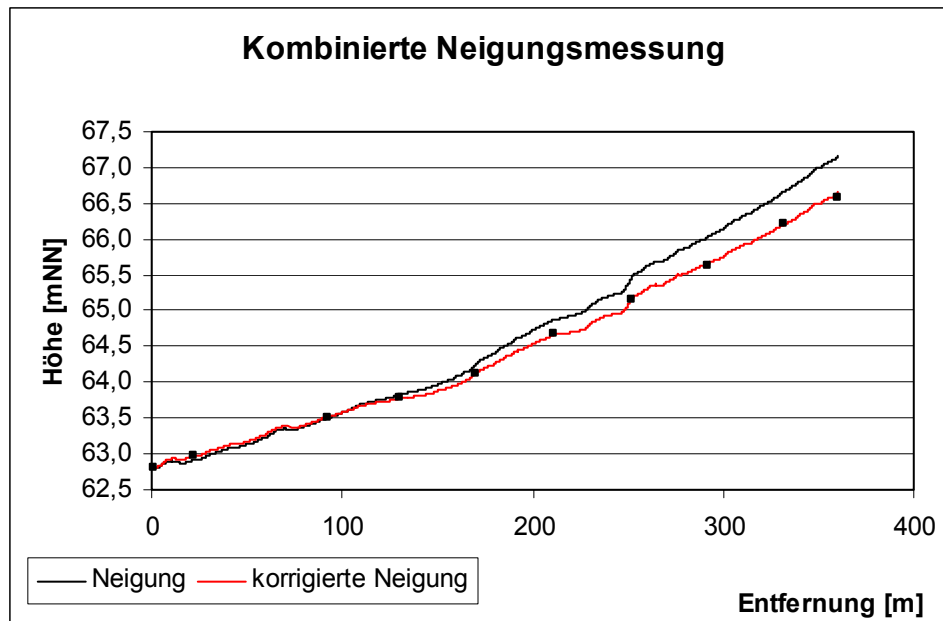


Abbildung 4: Vergleich von unkorrigierter und korrigierter Neigungsmessung

Hinsichtlich der Kosten ist die hydrostatische Höhenvermessung wegen ähnlicher Personalaufwendungen (Dipl.-Ing.) mit hochwertigen Inklinometermessungen in speziellen Messrohren vergleichbar, die kameraintegrierte Neigungsmessung ist durch Synergieeffekte und geringere Anforderungen an die fachliche Qualifikation des Personals deutlich günstiger, viele TV-Unternehmen bieten die Messungen sogar als kostenlose Beigabe. Die Kombinationsmessung ist rund 30 % günstiger als die vollständige hydrostatische Höhenvermessung.

4 Messergebnisse

Wie beschrieben, können sich Deponiestandorte in ihrem Setzungsverhalten signifikant unterscheiden. Ein standortspezifisches Messkonzept sollte sich an solchen Randbedingungen orientieren. Im Folgenden werden Beispiele für unterschiedliches Setzungsverhalten präsentiert. Abbildung 5 zeigt einen wenig setzungsempfindlichen Standort, die Deponie B im östlichen Niedersachsen. Die Messungen am Standort werden seit 1997 im Jahresrhythmus durchgeführt. Für die Haltung 3 im Polder B zeigt das Ergebnis, dass die Gesamtsetzungen zwischen 4 und 12 cm liegen, die jährlichen Setzungen mittlerweile jedoch gering sind. Das logarithmische Zeit-Setzungs-Diagramm (Abbildung 6) verdeutlicht, dass die Sekundärsetzungen noch nicht abgeklungen sind. Es wird auch klar, dass die jährlichen Wiederholungsmessungen nur begrenzt aussagekräftig sind, adäquat wäre eher ein 2-Jahres-Rhythmus. Weiter kann festgestellt werden, dass Messverfahren mit Genauigkeiten schlechter als ± 1 cm keine verwertbaren Aufschlüsse liefern würden.

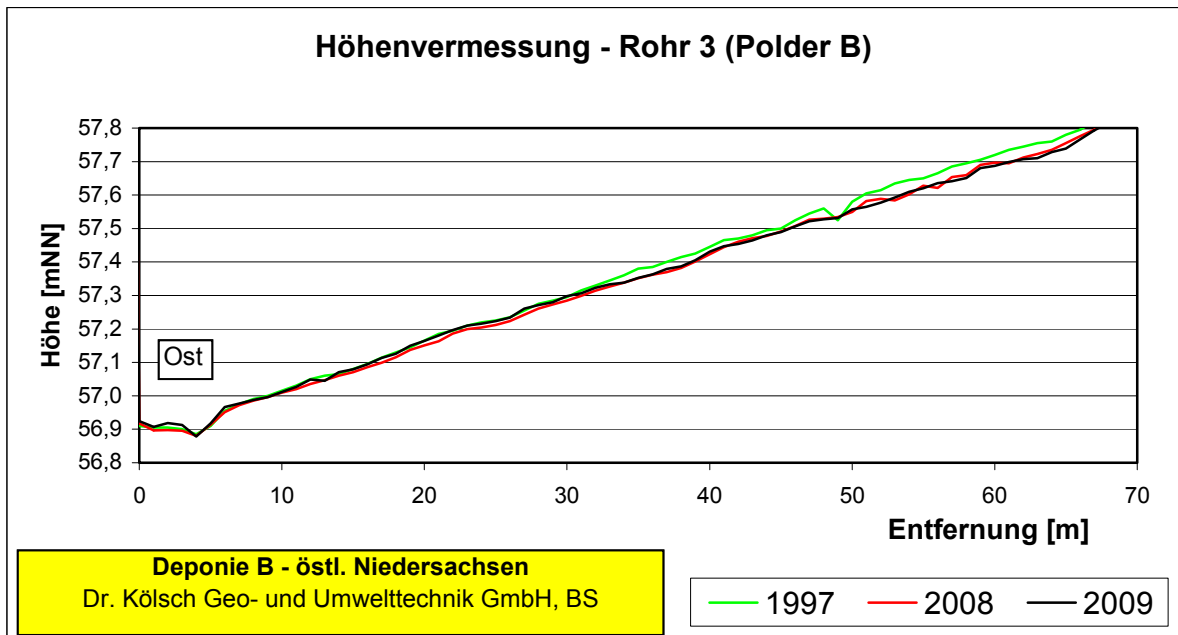


Abbildung 5: Höhenvermessung im Dränagerohr

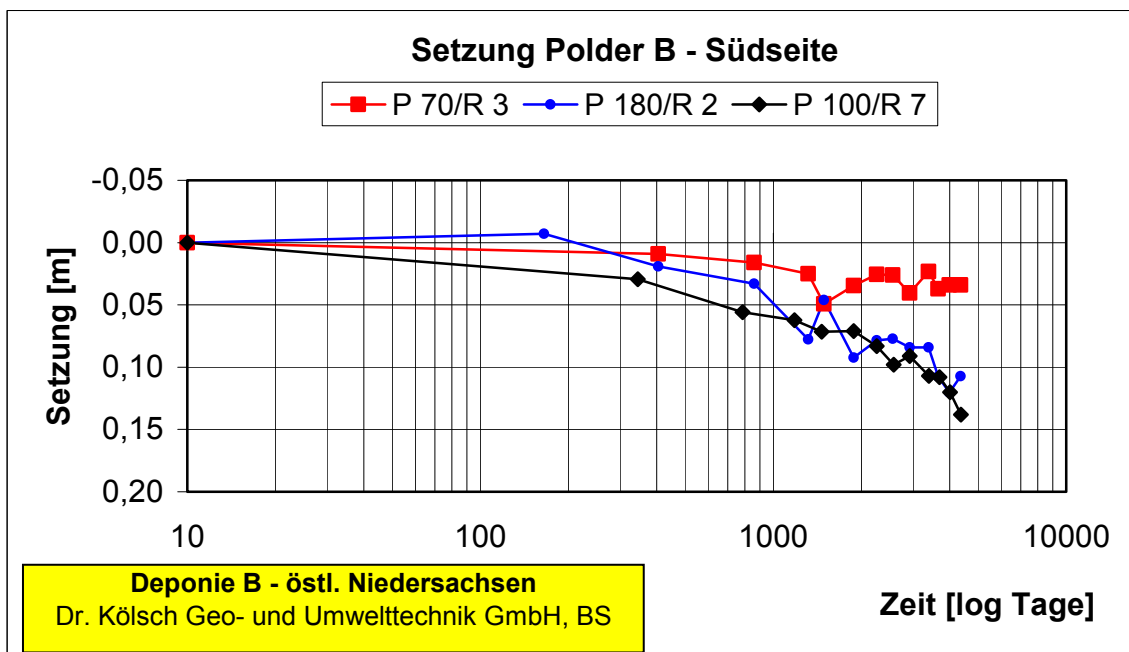


Abbildung 6: Zeit-Setzungs-Diagramm

Wie deutlich sich die Ergebnisse an einem eher setzungsempfindlichen Standort davon unterscheiden, verdeutlicht Abbildung 7. Die Grafik zeigt den Höhenverlauf des Sammlers KS 5 auf der Deponie Wiefels. Die Deponie liegt im norddeutschen Marschland. Im Messzeitraum zwischen 2000 und 2010 wurden rund 10 m Abfall (MBA-Material) abgelagert. Die Gesamtsetzungen betragen seit 2000 rund 45 cm, von 2009 bis 2010 traten 5 cm Setzung auf. An einem solchen Standort kann auf jährliche Messungen derzeit nicht verzichtet werden.

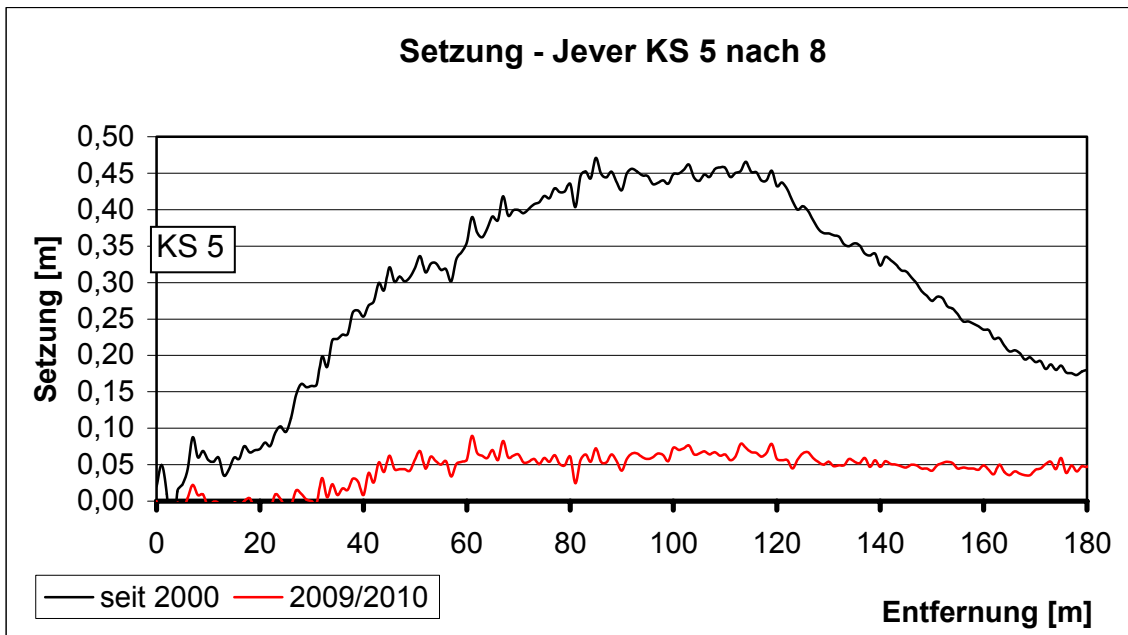


Abbildung 7: Setzungen der Deponiebasis

Noch deutlicher zeigen sich Setzungen bei Messungen im Abfallkörper. Abbildung 8 zeigt den Höhenverlauf in einem Setzungsmessrohr auf der Deponie Wesendorf. Die Messungen wurden 1988 begonnen. Bis 2009 hat das Rohr, das auf einer 5 m mächtigen Abfallschicht eingebaut worden war, Setzungen von bis zu 2,50 m erfahren.

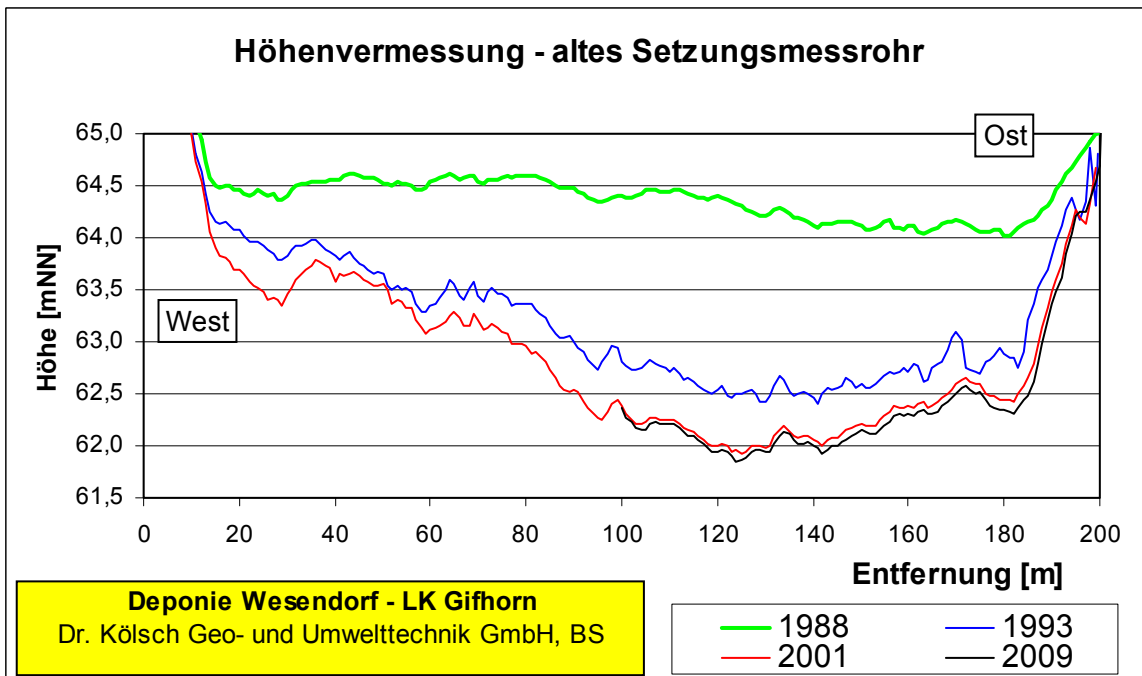


Abbildung 8: Setzungen im Abfallkörper

5 Standortspezifische Monitoringkonzepte

Das Monitoringkonzept für die Setzungsüberwachung sollte sich an der Setzungserwartung für den Standort orientieren. Hierbei sind Untergrundeigenschaften (Setzungsempfindlichkeit) und Belastungen (Ablagerungsmassen und Aufbaugeschwindigkeit) maßgeblich. Auf Deponien an setzungsarmen Standorten sowie bei nur geringen Ablagerungsmengen bzw. stillgelegten Anlagen darf -unter geotechnischen Aspekten- von daher der Umfang des Monitorings vom Regelfall abweichen.

In Abstimmung mit den Überwachungsbehörden wurden bereits standortspezifische Überwachungskonzepte bei verschiedenen Anlagen umgesetzt. Auf der Deponie „Alte Schanze“ in Paderborn wird jährlich im Wechsel jede dritte Sickerwasserleitung hydrostatisch vermessen (d.h. Wiederholungszeitraum 3 Jahre). Abbildung 9 zeigt das Ergebnis der Setzungsmessung im Sammler 1. Es wird deutlich, dass die Setzungen zwischen 2007 und 2010 zwischen 0 und 3 cm betragen. Auch eine höhere Häufigkeit hätte angesichts der geringen Setzungsbeträge selbst mit dem eingesetzten hochwertigen Messsystem (Messunsicherheit +/- 1 cm) nur geringfügig höhere Aussagekraft erreicht. Die alternativ zur Verfügung stehende Kameraneigungsmessung hätte wegen der geringeren Messgenauigkeit selbst bei jährlicher Vermessung aller Leitungen mit Stützstellen und Korrekturen gar keine Aussagekraft gehabt.

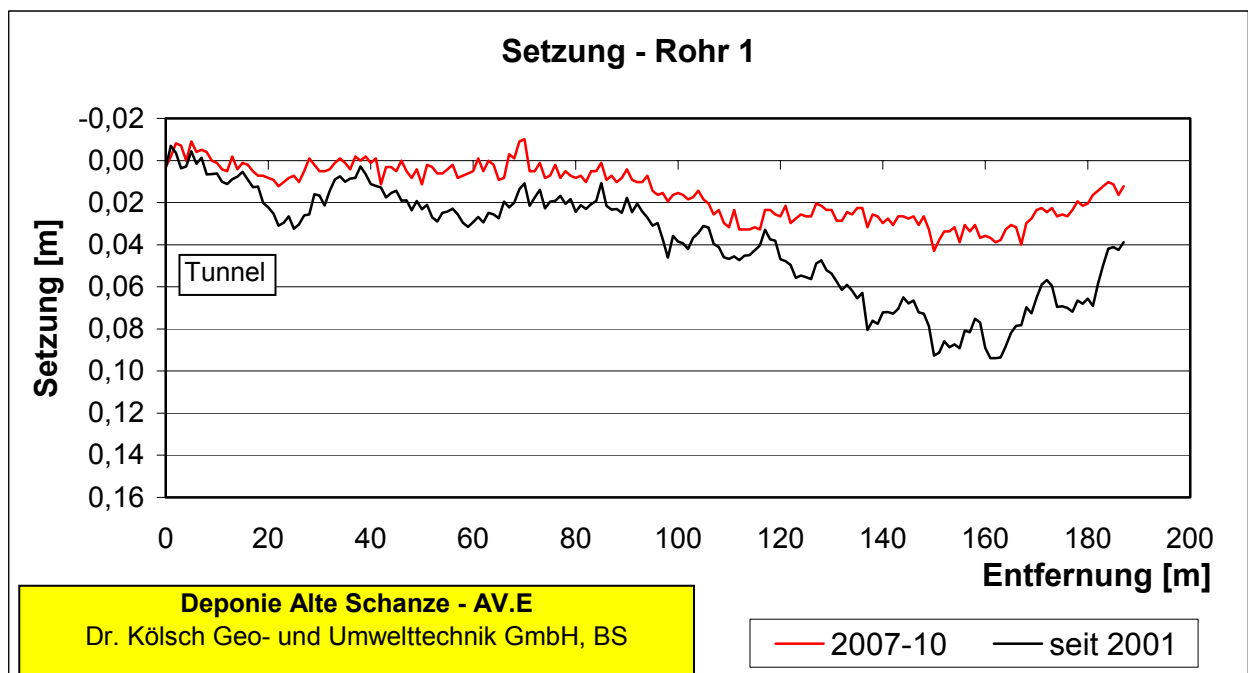


Abbildung 9: Setzungen der Deponiebasis

6 Empfehlungen

Aus den vorliegenden Erfahrungen lassen sich Richtwerte für den Umfang von Setzungsmessungen ableiten. Bei tragfähigem Untergrund kann in erster Abschätzung eine Messung je 5 m Deponieerhöhung empfohlen werden, dabei sollte eine Messachse je 1,5-2 ha vermessen werden. Bei wenig tragfähigem Untergrund sollten höhere Anforderungen gestellt werden (eine Messung/je 2-3 m Deponieerhöhung, eine Messachse je Hektar). In geschlossenen Deponiebereichen sollte der ursprüngliche Messumfang in den ersten 3-5 Jahren aufrechterhalten werden, danach sollte der Turnus anhand der Zeit-Setzungs-Kurven angepasst werden. Auf Messungen ohne ausreichende Messgenauigkeit, die nur der Vervollständigung der Berichte zum Ablagerungsverhalten dienen, sollte generell verzichtet werden, da diese Informationen eher zur Verwirrung beitragen und eine sachgerechte Beurteilung der Setzungen wie auch die Abstimmung eines adäquaten Messkonzeptes behindern.

Literatur

[1] TA Siedlungsabfall (1993), 3. allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz, BMU

[2] TA Abfall (1991), 2. allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz, BMU

[3] Deponieverordnung (2009), Verordnung über Deponien und Langzeitlager, BMU

[4] GSTT German Society for Trenchless Technology e.V. (1999), Information Nr. 9 Instandhaltung von Deponieentwässerungsleitungen, 1. Auflage

[5] Kölsch (1998), Vergleichsmessungen an verschiedenen Deponien – Messergebnisse und Verfahrensvergleich. In: Rodatz (Hrsg.): Entwicklungen im Deponie- und Dichtwandbau, Mitteilung des IGB, TU Braunschweig, Heft 56