

## **Aerobe in situ Stabilisierung von Altdeponien**

K.-U. Heyer, K. Hupe, R. Stegmann

### **141 Das Emissionsverhalten von Abfallablagerungen und die aerobe in situ Stabilisierung**

Bei der Ablagerung von nicht vorbehandelten Siedlungsabfällen in kommunalen Deponien entstehen beträchtliche Sickerwasser- und Deponiegasemissionen. Diese Emissionen infolge biologischer und chemisch-physikalischer Prozesse müssen solange kontrolliert, erfasst und behandelt werden, bis sie auf umweltverträgliche Belastungen abgeklungen sind.

In den ersten Jahren und ggf. Jahrzehnten nach Abschluss der Verfüllung kann das entstehende Deponiegas mit einem aktiven Gaserfassungssystem gefasst und verwertet werden. Mit zunehmender Ablagerungsdauer verringert sich in der fortgeschrittenen stabilen Methanphase die Gasproduktion soweit, dass eine wirtschaftliche Deponiegasverwertung nicht mehr möglich ist. Gleichwohl ist eine kontrollierte Erfassung und Entsorgung der verbleibenden Gasmengen aus Gründen des Umweltschutzes und der Gefahrenabwehr weiterhin erforderlich. Dies gilt auch für die vielen Altablagerungen, die meistens über keinerlei Gaserfassung verfügen.

Bei geordneten Deponien ist eine Erfassung und Behandlung des Sickerwassers voraussichtlich über viele Jahrzehnte notwendig. Bei Altablagerungen, die häufig weder über eine Basisabdichtung noch eine Sickerwasserfassung verfügen, besteht die permanente Gefahr des Sickerwasseraustritts in den Untergrund und damit in das Grundwasser, so dass Sicherungs- oder Sanierungsmaßnahmen notwendig werden können. Zur Vermeidung der Umweltbelastungen durch Sickerwasser sind also in beiden Fällen erhebliche Kosten aufzuwenden.

Eine Sicherung von Deponien und Altablagerungen kann durch das Aufbringen einer Oberflächenabdichtung und einer aktiven Gasabsaugung erfolgen. Zur Behandlung abgesaugter Restgasmengen kommt dann u.a. eine Schwachgasbehandlung in Frage. Durch das Aufbringen einer Oberflächenabdichtung werden die Sickerwasseremissionen reduziert bzw. verhindert. Bei einem Versagen der Oberflächenabdichtung ist aber erneut mit belastetem Sickerwasser zu rechnen. Mit einer Sicherung erfolgt lediglich eine Konservierung des verbleibenden Emissionspotenzials, jedoch keine Sanierung im Sinne der kontrollierten Schadstoffreduktion der Abfallablagerung. So wurden z.B. in mehreren

Deponien bei Bohrungen trockene Bereiche festgestellt, in denen Zeitungen nach mehr als 20 bis 30 Jahren Ablagerungsdauer noch lesbar waren. Eine Erhöhung der biologischen Aktivität im Deponiekörper mit erneuter Deponiegasproduktion wird zu einem späteren Zeitpunkt dann eintreten, wenn Wasser in die trockenen Bereiche eindringt.

Vor diesem Hintergrund wurde die TA Siedlungsabfall erlassen, um diese Emissions- und Nachsorgeproblematik zukünftig zu lösen. Die mechanisch-biologische Abfallbehandlung erweist sich als ein geeignetes Verfahren, um mit weitgehend stabilisierten Abfällen eine nachsorgearme Deponie betreiben zu können. Darüber hinaus stellt sich die Frage, wie man das Emissionsverhalten bestehender Siedlungsabfallablagerungen mit ähnlichen Verfahren positiv beeinflussen und damit Kosten in der Nachsorge und Überwachung einsparen kann.

Mit einem neuen biologischen Stabilisierungsverfahren, der vollständigen Aerobisierung des Abfallkörpers bei geringem Energiebedarf, soll eine kostengünstige Möglichkeit zur beschleunigten Stabilisierung großtechnisch umgesetzt werden. Das Verfahren wurde im Arbeitsbereich Abfallwirtschaft der TU Hamburg-Harburg im Labor entwickelt und in großtechnischen Voruntersuchungen auf einer niedersächsischen Altdeponie im Landkreis Rotenburg (Wümme) im Herbst 1998 sowie auf weiteren Deponien und Altablagerungen auf seine Anwendbarkeit überprüft. Hier konnten die technische Durchführbarkeit der in situ Belüftung erfolgreich nachgewiesen und erste positive Auswirkungen auf das Emissionsverhalten festgestellt werden.

Im folgenden sollen anhand von Laboruntersuchungen die wesentlichen Einflüsse der Belüftung auf das Emissionsgeschehen eines Deponiekörpers dargestellt werden. Ferner wird über die ersten Erfahrungen bei der Belüftung der niedersächsischen Altablagerung und die Vorgehensweise zur technischen Umsetzung berichtet.

## **142 Gesamtziel der in situ Belüftung**

Mit der in situ Belüftung von Deponien und Altablagerungen wird das Ziel verfolgt, den Deponiekörper möglichst schnell in einen biologisch stabilisierten Zustand zu überführen. Nach Durchführung der in situ Stabilisierung soll möglichst „keine“ Methanproduktion mehr erfolgen, und die Sickerwasserkonzentrationen sollen im Bereich umweltverträglicher Restkonzentrationen bzw. -frachten liegen.

Durch die aerobe in situ Stabilisierung ergeben sich bei den Deponieabschluss- und Nachsorgemaßnahmen sowie bei Sicherungsmaßnahmen folgende Optionen:

- Ersatz einer kostenintensiven Oberflächenabdichtung durch auf den emissionsarmen Deponiekörper angepasste und langlebige Oberflächenabdeckungssysteme mit ausreichender Mächtigkeit, so dass sich ein weitgehend eigener Wasserhaushalt im Abdeckungssystem einstellen kann
- geringere Betriebskosten bei der Sickerwasserreinigung, frühere Beendigung der Sickerwasserreinigung
- bei Altablagerungen geringerer Aufwand bei der Grundwassersanierung und bei Sicherungsmaßnahmen
- geringere Kosten für die Instandhaltung des Oberflächenabdeckungssystems
- Verkürzung der Nachsorgephase um mehrere Jahrzehnte
- frühere Rekultivierung und Folgenutzung

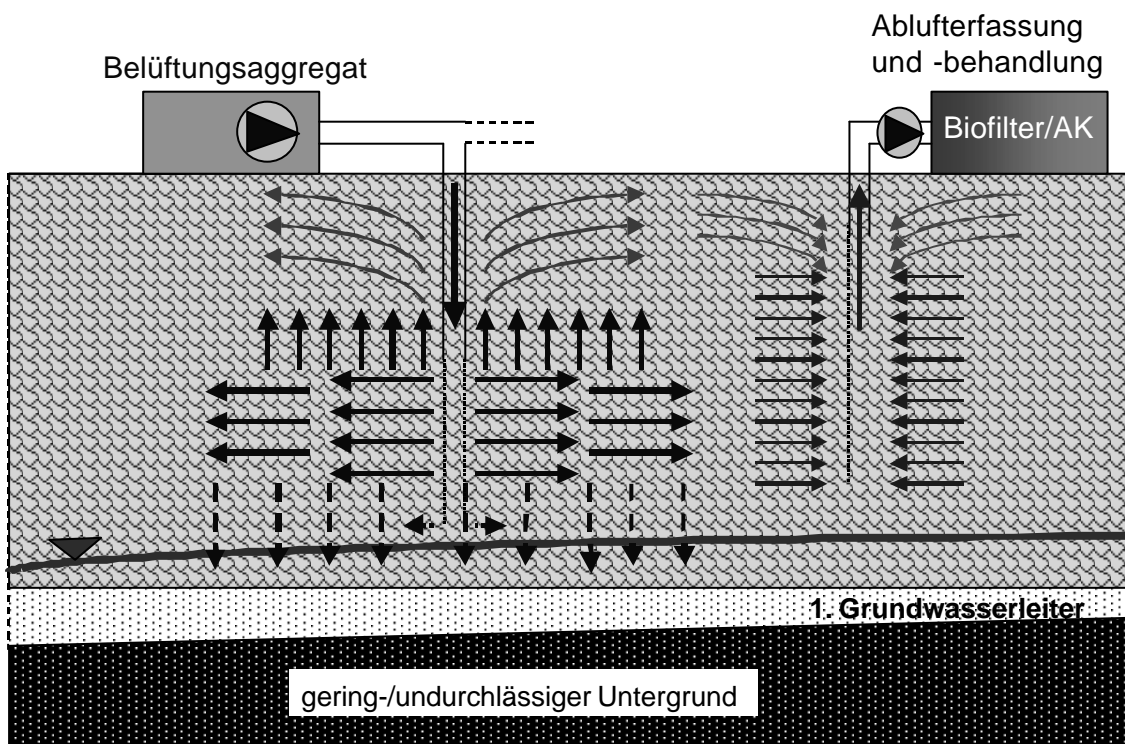
Den Kosten für Belüftungsmaßnahmen stehen die Einsparpotenziale gegenüber, so dass es mittel- und langfristig insgesamt zu erheblichen Kosteneinsparungen kommen kann. So kann u.a. eine Reparatur einer Oberflächenabdichtung langfristig entfallen.

### 143 Anwendungsbereiche der in situ Belüftung und Grundkonzept der technischen Umsetzung

Für die aerobe in situ Stabilisierung kommen verfüllte bzw. abgeschlossene Deponien und Altablagerungen sowohl mit als auch ohne Basisabdichtungssystem in Frage, wenn sie insbesondere folgende Randbedingungen aufweisen:

- nur noch geringe Gasproduktion (Erfassung und Behandlung der gasförmigen Emissionen erforderlich, aber keine wirtschaftliche Nutzung mehr möglich)
- abnehmende Sickerwasserbelastungen in der stabilen Methan- oder Langzeitphase, die jedoch langfristig noch nennenswerte umweltrelevante Größenordnungen aufweisen und z.B. die Bestimmungen des 51. Anhangs der Rahmen-AbwVwV noch deutlich überschreiten
- erhöhtes Gefährdungspotenzial betroffener Schutzgüter (z.B. Grundwasser, Oberflächengewässer, Gefährdung/Schäden durch Gasmigration)
- fehlende technische Barrieren, wenn nachträgliche Sicherungsmaßnahmen (Oberflächenabdichtung, vertikale Dichtwände, Deponierückbau etc.) viel zu kostenintensiv, technisch nicht durchführbar oder nicht sinnvoll einsetzbar wären, da durch die Sicherungsmaßnahme keine kontrollierte Senkung des Schadstoffpotenzials erreicht werden würde

Das Grundprinzip der Belüftung und Abluftfassung ist in Abbildung 1 zu erkennen. Bei einer Luftzuführung unter geringen Überdrücken wird Luft über Belüftungsbrunnen in den Deponiekörper eingepresst. Von dort kann die Luft bzw. der Luftsauerstoff über Konvektions- und Diffusionsvorgänge in den Deponiekörper eindringen. In Abhängigkeit der Belüftungsrate und -dauer wird somit eine Aerobisierung des gesamten Deponiekörpers und ein beschleunigter Abbau der organischen Abfallbestandteile bewirkt.



**Abb. 1** Grundkonzept der Stabilisierung durch Belüftungsverfahren

Über das Gaserfassungssystem, ebenfalls baugleiche Gasbrunnen, kann die Abluft erfasst und behandelt werden. Zur Abluftbehandlung können Biofilter oder bei Bedarf Aktivkohlefilter oder nichtkatalytische Verfahren eingesetzt werden

#### **144 Untersuchungen zur in situ Belüftung von Abfällen aus Altdeponien im Labormaßstab**

Um die grundsätzlichen Auswirkungen der Belüftung auf das Emissionsverhalten von abgelagerten Abfällen zu verdeutlichen, sollen im folgenden Ergebnisse umfangreicher Laboruntersuchungen vorgestellt werden. Im BMBF-Verbundvorhaben „Deponiekörper“ wurden neben Untersuchungen zum Langzeitverhalten von Siedlungsabfalldeponien unter vorwiegend anaeroben Bedingungen bereits eine größere Anzahl von Laborversuchen zur beschleunigten aeroben in situ Stabilisierung durchgeführt, die auf eine Verkürzung der Deponienachsorgephase und auf eine Reduzierung des Nachsorgeaufwandes abzielten (Heyer et al., 1997).

##### **144.1 Auswirkung der in situ Belüftung auf die Sickerwasseremissionen**

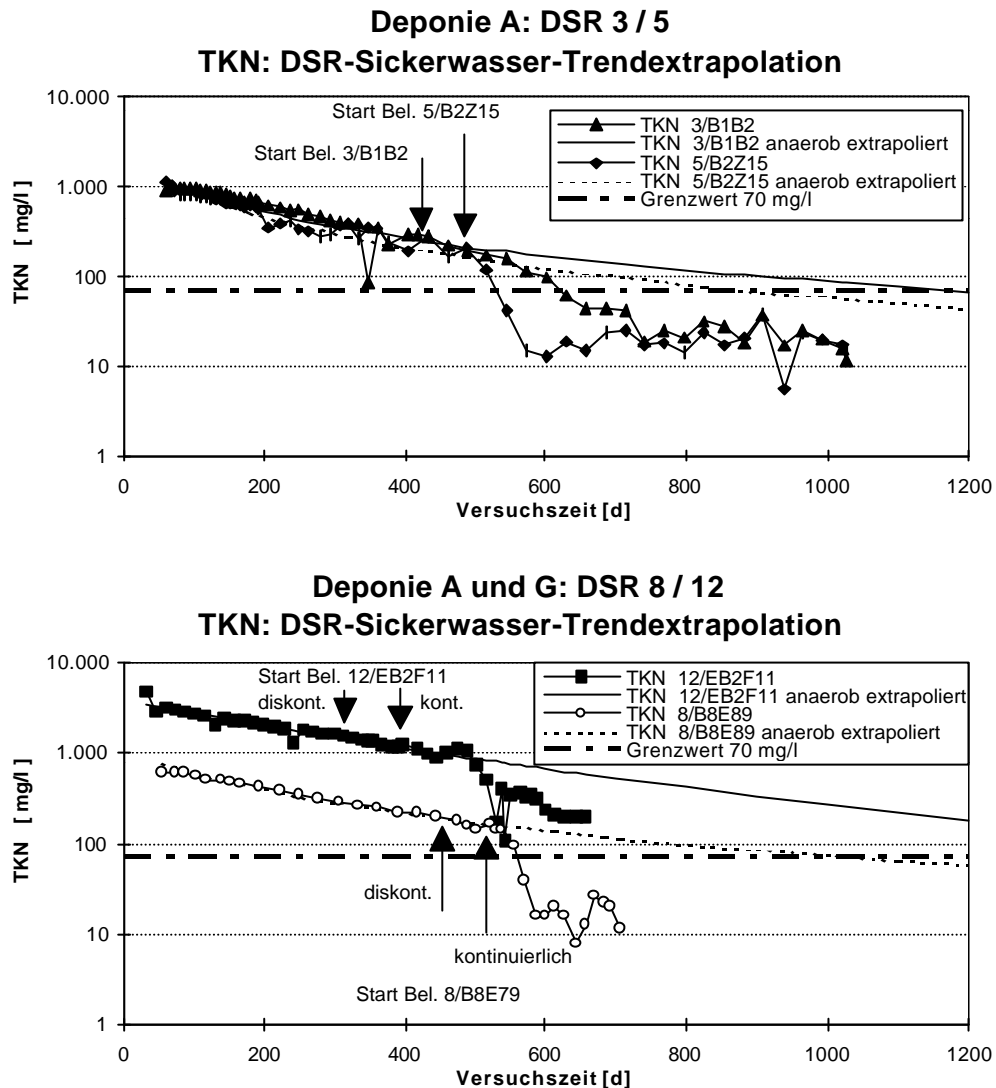
In Deponiesimulationsreaktoren (DSR) wurden 8 bis 14 Jahre alte Abfallproben, die bei Deponieaufgrabungen gewonnen wurden, in Langzeitversuchen auf ihr Emissionsverhalten untersucht. Dabei kamen unterschiedliche Belüftungsmaßnahmen zum Einsatz, um den grundsätzlichen Einfluss der Belüftung auf die Prozesse im Deponiekörper aufzuzeigen.

Die Versuche im Labormaßstab zeigen, dass durch die Belüftung biologisch abbaubare organische Verbindungen beschleunigt umgesetzt und insbesondere die Stickstoffkonzentrationen im Sickerwasser erheblich reduziert werden können. Unter anaeroben Milieubedingungen bestimmt gerade der Parameter Stickstoff den Aufwand und die Dauer der Nachsorge einer Deponie. In Abbildung 2 wird erkennbar, dass z.B. die Stickstoff-Grenzkonzentration des 51. Anhangs der Rahmen-AVwV in vier belüfteten (sowohl diskontinuierlich als auch kontinuierlich) Deponiesimulationsreaktoren (DSR) etwa um 400 bis 500 Versuchstage eher erreicht wird als unter anaeroben Milieubedingungen. Dazu sind zum Vergleich und zur Bewertung Extrapolationen der Sickerwasserbelastungen der ersten 350 - 450 Versuchstage vorgenommen worden, in denen die Reaktoren anaerob betrieben wurden.

Bei einer Abschätzung der Nachsorgezeiträume, die aus den Ergebnissen der DSR in Verbindung mit idealisierten Annahmen zum Wasserhaushalt auf Deponien hochgerechnet wurden, ergibt sich: Die Nachsorgezeiträume für den Emissionspfad Sickerwasser verkürzen sich bei der in situ Belüftung gegenüber strikt anaeroben Bedingungen mindestens um mehrere Jahrzehnte. Ab dem Zeitpunkt der Belüftung wird z.B. die Reduzierung der Stickstoffkonzentrationen wesentlich von den Belüftungsraten bestimmt und nicht mehr allein vom Wasserhaushalt bzw. dem Wasserdurchsatz.

Bei einer weitgehenden Stabilisierung des Deponiekörpers können sehr geringe Belastungen für den Parameter Stickstoff möglicherweise schon am Ende der Belüftungsphase nach einem bis zwei Jahren erreicht werden.

Die Nachsorgephase ist nach Belüftungsende zwar noch nicht als beendet anzusehen, der Nachsorgeaufwand reduziert sich jedoch ganz erheblich, weil aufwendige Sickerwasserreinigungsmaßnahmen entfallen können. Würde Sickerwasser direkt in den Untergrund versickern, wie es bei Altdeponien ohne Dichtungs- und Drainsystemen der Fall sein kann, wären die umweltbelastenden Auswirkungen deutlich geringer.



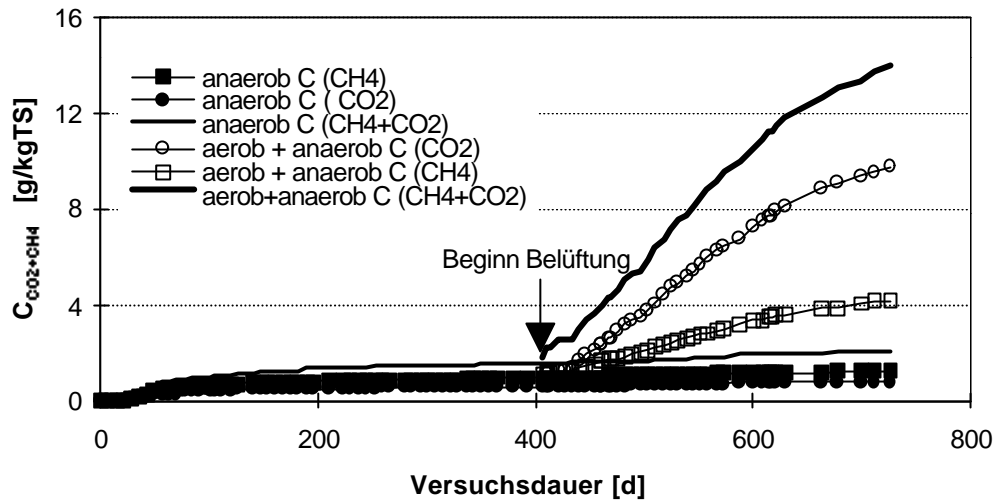
**Abb. 2** Extrapolation der TKN-Sickerwasserkonzentrationen unter strikt anaeroben Milieubedingungen und Verlauf des TKN-Gehaltes im DSR-Sickerwasser bei aerober Stabilisierung (Heyer et al., 1997)

Dass die Ergebnisse der Laboruntersuchungen und die darauf aufbauenden Übertragungen auf den großtechnischen Maßstab realistisch sind, wird auch durch die Erfahrungen bei der aeroben biologischen Behandlung von Resthausmüll unterstützt. Dort werden bei mehrmonatiger Behandlungsdauer Reduktionen des mobilisierbaren Stickstoffpotenzials von mehr als 90 % erreicht.

### 144.2 Auswirkung von Belüftungsverfahren auf die biologischen Abbauprozesse und den Gaspfad

Neben den positiven Auswirkungen auf die Sickerwasserbelastung wird zudem der Kohlenstoffumsatz während der Belüftungsphasen erheblich gesteigert. Beispielsweise lag bei einer Abfallfeststoffprobe (DSR 3, Mischprobe aus 8 und 14 Jahre abgelagerten Abfällen einer Altdeponie) der Kohlenstoffaustrag bzw. der Abbau der organischen Substanz während der Belüftung im einjährigen Belüftungszeitraum bis um den Faktor 5 höher als im Vergleichszeitraum unter anaeroben Bedingungen (Abbildung

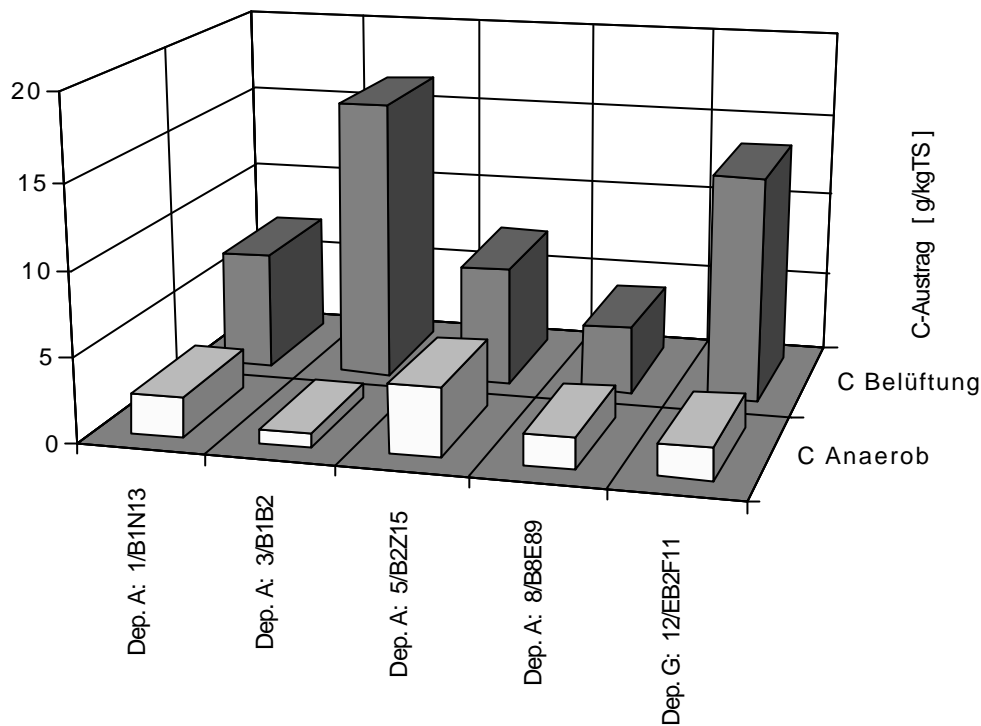
3). Dadurch erfolgt eine schnellere Stabilisierung der organischen Substanz, so dass sich das Gefährdungspotenzial der Ablagerungen vermindert.



**Abb. 3** Kohlenstoffaustrag im Deponiesimulationsreaktor über den Gaspfad bei einer Abfallprobe aus einer Altdeponie

In Abbildung 4, wo die maximalen Kohlenstoffausträge unter aeroben und anaeroben Bedingungen aufgetragen sind, wird deutlich, dass gerade in den DSR, die noch höhere Anteile biologisch verfügbarer Organik enthalten (DSR 1, 3 und 12, siehe Bezeichnung der Proben an der x-Achse), der Kohlenstoffumsatz durch die Belüftung um ein Vielfaches ansteigt. Bei bereits weitgehend stabilisierten Abfällen wie bei den DSR 5 und 8 ist der Effekt entsprechend geringer. Zum Vergleich wurde die Kohlenstofffracht unter anaeroben Bedingungen aus der Deponiegasproduktion bis Belüftungsbeginn für das Zeitintervall der Belüftung extrapoliert.

Mittelschwer- bis schwerabbaubare organische Substanzen, die im anaeroben Milieu nur über sehr lange Zeiträume abgebaut werden, wurden während der Belüftungsphasen verstärkt umgesetzt oder soweit metabolisiert, dass sie anschließend in Zwischenphasen bei Sauerstoffarmut für den anaeroben Abbau zum Teil verfügbar waren. Es erfolgt somit eine beschleunigte Stabilisierung der organischen Substanz.



**Abb. 4** Vergleich des Kohlenstoffaustrags unter anaeroben Bedingungen und bei Belüftungsmaßnahmen im DSR (Heyer et al., 1997)

## 145 Untersuchungen zur in situ Belüftung auf einer niedersächsischen Altdeponie

Während anhand der Laboruntersuchungen der Einfluss der Belüftung auf das Emissionsverhalten von Abfallablagerungen erläutert wurde, soll auf der Grundlage von Pilotversuchen auf einer niedersächsischen Altdeponie die technische Durchführung der Belüftung näher betrachtet werden. Die Durchführung wurde mit Mitteln des BMBF gefördert.

### 145.1 Angaben zur Altdeponie

Die Altdeponie Kuhstedt im Landkreis Rotenburg (Wümme) wurde ursprünglich als Sandgrube genutzt. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Altdeponie, die in vielerlei Hinsicht als typisch für eine große Anzahl von Altdeponien und Altablagerungen gelten kann.

**Tab. 1** Allgemeine Angaben zur niedersächsischen Altdeponie Kuhstedt

Betrieb:	Mitte der 60er Jahre bis 1973: unkontrollierte Ablagerung 1973 – Oktober 1987: Betrieb als Übergangsdeponie
Abgelagerte Abfallarten:	Hausmüll, Sperrmüll, hausmüllähnliche Gewerbeabfälle, Bauschutt
Gesamtfläche:	ca. 3,2 ha
Höhe über Gelände:	ca. 8 - 10 m
Volumen:	ca. 220.000 m <sup>3</sup>
Einbindetiefe in den Boden:	ca. 2 - 3 m
Basisabdichtung:	keine
Entgasungseinrichtung:	keine
Oberflächenabdichtung/ -abdeckung:	provisorisch: Teilbereiche wurden mit Mutterboden abgedeckt und angesät; eine endgültige Abdeckung ist bisher nicht erfolgt

Aufgrund von Sickerwasseraustritten im Jahr 1987 wurde 1988 eine Gefährdungsabschätzung durchgeführt. Sie ergab ein hohes Gefährdungspotenzial durch die abgelagerten Abfälle, das sich vor allem begründet in:

- Grundwasser-, Stauwasser- und Bodenverunreinigungen,
- dem Fehlen von Sperrschichten und Abdichtungen,
- dem Schadstoffpotenzial oberhalb des Grundwasserleiters und
- den Schadstoffaustrag über den Grundwasserleiter, u.a. in Oberflächengewässer.

### 145.2 Belüftungsversuche zur beschleunigten aeroben Stabilisierung der Altdeponie

Das Ziel der Vorversuche war die Überprüfung, ob aufgrund der spezifischen Situation des Deponiekörpers die Durchführbarkeit einer beschleunigten aeroben Stabilisierung technisch möglich ist. Um dieses einschätzen zu können, wurden unterschiedliche Untersuchungen durchgeführt, u.a. **Belüftungs- und Absaugversuche** mit unterschiedlichen Volumenströmen.

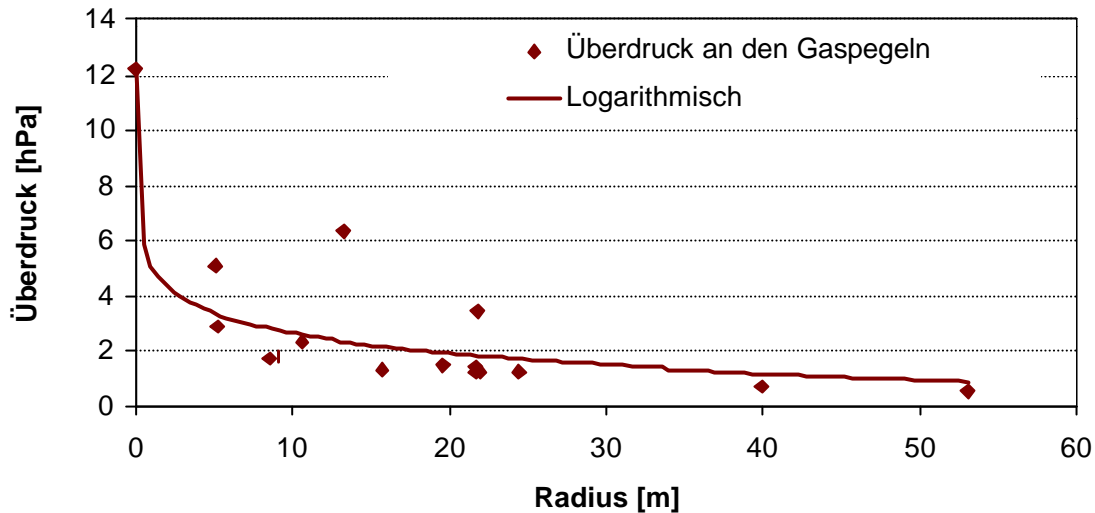
Um die Druckverhältnisse und Luftbewegungen im Deponiekörper während der Absaugung und besonders während der Belüftung bestimmen zu können, wurden 16 Gaspegel in unterschiedlichen Abständen (von 5 m bis zu 60 m) und Richtungen von einem Belüftungsbrunnen gesetzt.

### 145.3 Ergebnisse der Belüftungs- und Absaugversuche auf der Altdeponie

Die Belüftungs- und Absaugversuche auf der Altdeponie Kuhstedt zeigen, dass Über- bzw. Unterdruckfelder in Abhängigkeit von der abgesaugten/zugeführten Luftmenge und den Durchlässigkeiten des Untergrundes induziert werden können. Mit geringen Überdrücken am Belüftungsbrunnen konnte eine sehr gleichmäßige Aerobisierung des Deponiekörpers erzielt werden. Dabei zeigte sich, dass die Drücke nach wenigen Minuten Belüftungsdauer einen quasi-stationären Zustand erreichten. Abbildung 5 zeigt z.B. die Druckverteilung in Abhängigkeit vom Abstand der Gaspegel vom Belüftungsbrunnen. Auch in 60 m Entfernung war trotz der geringen Überdrücke am Belüftungsbrunnen noch eine Beeinflussung des Gashaushalts zu erkennen.



Ferner konnte an einem Grundwasserbeobachtungspegel, der unterhalb des Deponiekörpers verfiltert ist, eindeutig nachgewiesen werden, dass die ungesättigte Bodenzone zwischen Deponiekörper und Grundwasserleiter mit der Belüftung erreicht wird. Eine gewisse Sauerstoffanreicherung des Grundwassers über Diffusionsprozesse wird damit möglich.



**Abb. 5** Druckverteilung im Deponiekörper in Abhängigkeit vom Abstand der Gaspegel vom Belüftungsbrunnen (Dalheimer et al., 1998)

### Auswirkung der Belüftung auf den Gashaushalt

Die Belüftung wurde diskontinuierlich im mehrstündigen Tagbetrieb durchgeführt. Die Messungen der Gaszusammensetzung während der Belüftungs- und Absaugversuche zeigen deutlich, dass eine Umstellung des Gashaushalts auf aerobe Verhältnisse möglich ist. Die Methangehalte nahmen sehr schnell ab. Die Änderung des Verhältnisses Methan zu Kohlendioxid zugunsten des Kohlendioxids ist auf eine beginnende Methanoxidation sowie die Kohlendioxidproduktion durch die Veratmung des zugeführten Sauerstoffs zurückzuführen. Ferner waren erste Auswirkungen auf das Sickerwasser im Deponiekörper festzustellen wie z.B. eine Veränderung des pH-Werts und der Redoxverhältnisse.

### 146 Die technische Umsetzung zur Niederdruck - in situ Belüftung

Das **technische Grundkonzept** der Belüftung besteht darin, über ein System von Gasbrunnen mit einer aktiven Belüftung soviel Luftsauerstoff in den Deponiekörper einzubringen, dass eine beschleunigte aerobe Stabilisierung der abgelagerten Abfälle erzielt wird. Gleichzeitig wird die schwachbelastete Abluft über weitere Gasbrunnen kontrolliert erfasst und behandelt. Die Belüftung erfolgt mit niedrigen Drücken und wird kontinuierlich an den Sauerstoffbedarf angepasst, so dass der Energieverbrauch gering ist und fortlaufend optimiert wird.

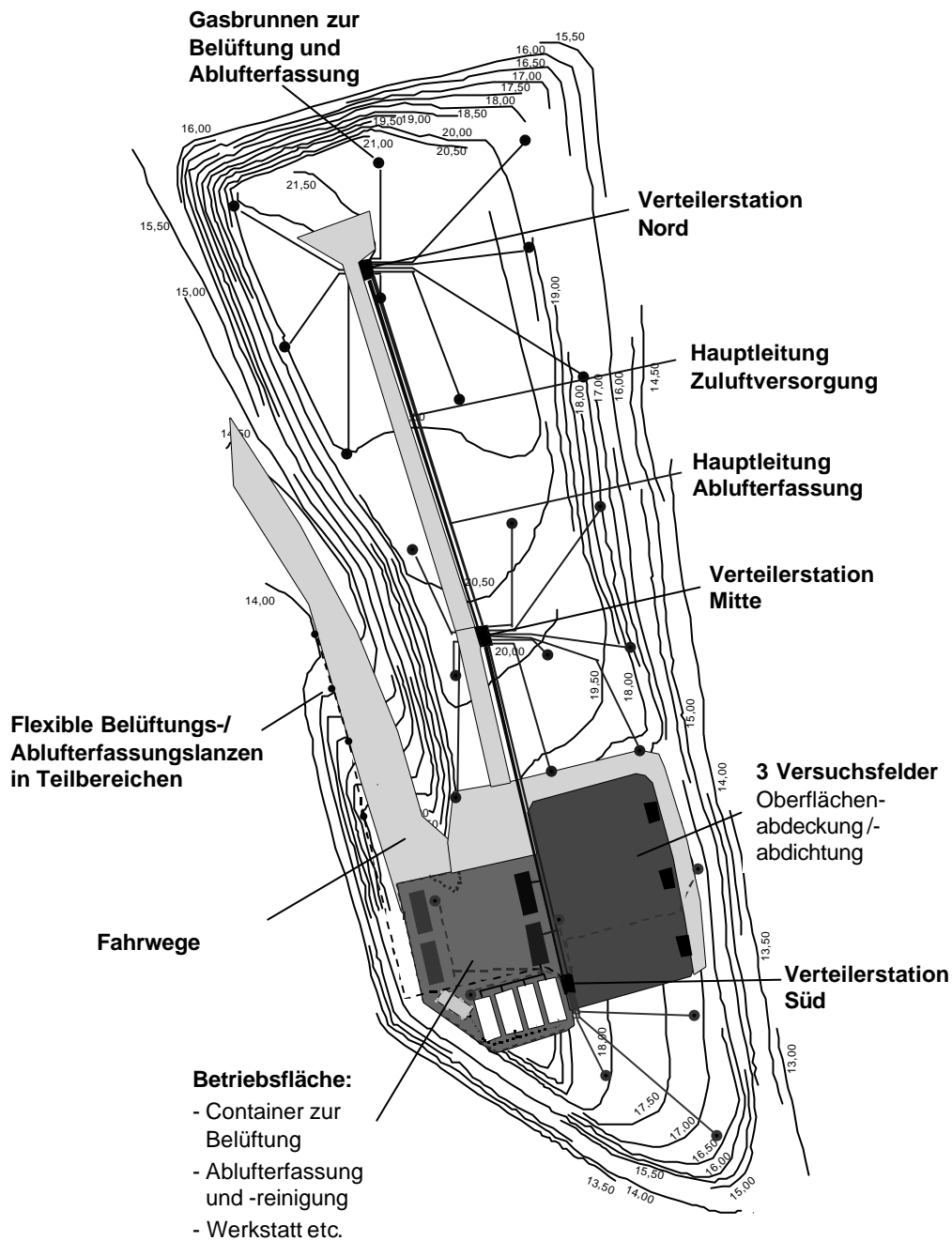
In Abbildung 6 ist die Anordnung der technischen Einrichtungen zur Belüftung und Ablufterfassung auf der Altdeponie Kuhstedt dargestellt.

Jeder **Gasbrunnen** ist über eine Einzelleitung mit einer Verteilerstation verbunden. Dort kann die Einzelleitung sowohl an das Verteilersystem zur Belüftung als auch an das Gassammelsystem zur Ablufterfassung angeschlossen werden.

**Belüftung über Gasbrunnen:** Über den eingestellten Überdruck bzw. das zugeführte Luftvolumen wird die Aerobisierung des Einflussbereichs des jeweiligen Gasbrunnens sichergestellt.

**Ablufferfassung an einem Gasbrunnen:** Über den eingestellten Unterdruck wird innerhalb des Einflussbereichs des Gasbrunnens die Abluft kontinuierlich abgesaugt, so dass unkontrollierte Abluftemissionen über die Deponieoberfläche bzw. Gasmigration über den Bodenluftpfad in den angrenzenden Untergrund auf einem tolerierbar niedrigen Niveau gehalten werden.

Das **Verteilersystem zur Belüftung** ist über die Hauptversorgungsleitung mit der Verdichterstation zur Belüftung verbunden. Das **Gassammelsystem zur Ablufferfassung** ist in jeder Verteilerstation mit einer Kondensatabscheidung versehen und über die Hauptabsaugleitung mit dem Verdichtersystem zur Ablufferfassung verbunden. Von dort wird die Abluft den Reinigungsstufen (Biofilter, ggf. Aktivkohlefilter oder nichtkatalytische Verbrennung) zugeführt.



**Abb. 6** Gesamtkonzept der baulichen Einrichtungen zur in situ Stabilisierung der Altdeponie Kuhstedt (Heyer et al., 2000)

Zusätzlich zu den technischen Einrichtungen zur Belüftung und Ablufferfassung werden auf der Altdeponie Kuhstedt **3 Versuchsfelder** für die Überprüfung von alternativen **Oberflächenabdeckungen** angelegt.

Zur Gestaltung der Versuchsfelder werden hauptsächlich die Ergebnisse einer Studie, in der unterschiedliche **alternative Oberflächenabdeckungssysteme** mit Hilfe des Simulationsprogramms HELP entwickelt und überprüft wurden, herangezogen (Ifas, 1999). Daneben werden Richtlinien und Erfahrungen vergleichbarer Untersuchungen und F&E Vorhaben einbezogen. Untersuchungsschwerpunkt wird die Gestaltung der Rekultivierungsschicht sein, die zum einen als Wasserhaushaltsschicht und

zum anderen als Methanoxidationsschicht fungieren soll. Die Oberflächenabdeckungssysteme werden wartungsarm und dauerhaft funktionsfähig ausgebildet.

## 147 Schlussfolgerungen und Ausblick

Die aerobe in situ Stabilisierung bestehender Deponien ist wie die mechanisch biologische Vorbehandlung ein geeignetes Verfahren, um Siedlungsabfälle kontrolliert in einen emissionsarmen Zustand zu überführen.

Die **in situ Belüftung** ordnet sich wie die Oberflächenabdeckung/-abdichtung als wesentliches Element einer **Maßnahmenkette** sowohl zur Sanierung von Altablagerungen als auch zum Abschluss von Betriebsdeponien und zur Überführung in die Deponienachsorge ein. Beide Maßnahmen sind unter Berücksichtigung der Randbedingungen des Deponiestandorts aufeinander abzustimmen.

Da die in situ Stabilisierung über längere Zeiträume (etwa 1,5 – 2 Jahre) durchgeführt werden soll, ist der Energiebedarf der Belüftungsaggregate neben den Investitionskosten als ein bedeutender Kostenfaktor zu berücksichtigen. Um diese und weitere Fragestellungen mit einer wissenschaftlichen Begleitung zu untersuchen, wird die in situ Stabilisierung der Altdeponie Kuhstedt vom BMBF/UBA als F&E-Vorhaben gefördert. Ziel ist es, dieses kostengünstige, in der technischen Durchführung allerdings auch anspruchsvolle Verfahren soweit zu entwickeln, dass es auf vielen Deponien und Altablagerungen eingesetzt werden kann.

Bei der Altdeponie Kuhstedt stehen die Baumaßnahmen unmittelbar bevor, so dass noch im Jahr 2000 der Belüftungs- und Abluftfassungsbetrieb aufgenommen wird. Für die in situ Stabilisierung einer Altdeponie in Brandenburg, die bis 1998 mit Siedlungsabfällen verfüllt wurde, läuft derzeit das Genehmigungsverfahren. Auch auf einer bebauten Altdeponie in Bayern soll dieses innovative Verfahren angewendet werden, um eine Gefährdung der Bebauung zu vermeiden und die weitere Nutzung für Freizeitanlagen zu ermöglichen.

Die vorgestellten Ergebnisse und Erfahrungen zeigen, dass diese Ziele durch in situ Stabilisierungsmaßnahmen erreicht werden können. Wenn auch das Grundprinzip der Belüftung einfach ist, so handelt es sich bei der technischen Umsetzung auf Deponien und Altablagerungen um eine anspruchsvolle Aufgabe. So sind auf jeden Fall Voruntersuchungen für eine fundierte und standortspezifische Konzeptionierung und Planung der Belüftungsmaßnahmen und der anschließenden Aufbringung einer Oberflächenabdeckung notwendig.

## 148 Literatur

- Anonymus 1993. Dritte Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz (TA Siedlungsabfall) vom 14. Mai 1993, Technische Anleitung zur Verwertung, Behandlung und sonstigen Entsorgung von Siedlungsabfällen, Bundesanzeiger Nr. 99a, 1993.
- Anonymus 1996. Anhang 51: Oberirdische Ablagerung von Abfällen. Allgemeine Rahmen-Verwaltungsvorschrift über Mindestanforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer, 1996.
- Dalheimer, F., Heerenklage, J. 1998. Voruntersuchungen zur Belüftung einer niedersächsischen Altablagerung zur Beantragung eines BMBF-Vorhabens. Forschungsbericht. TU Hamburg-Harburg. Arbeitsbereich Abfallwirtschaft. Unveröffentlicht.
- Heyer, K.-U., Stegmann, R. 1997. Langfristiges Gefährdungspotential und Deponieverhalten von Ablagerungen. Bericht zum Teilvorhaben TV 4 im BMBF-Verbundvorhaben „Deponiekörper“, Projektträger PTAWAS (Umweltbundesamt Berlin), unveröffentlicht.
- Heyer, K.-U., Stegmann, R., Kabbe, G., Dohmann, M. 1998. Emissionsverhalten von Deponien und Altablagerungen in den alten Bundesländern. In: Entwicklungstendenzen in der Deponietechnik, 1. Hamburger Abfallwirtschaftstage 28.-29. Januar 1998, Hamburger Berichte, Band 12, Hrsg.: R. Stegmann, G. Rettenberger, Economica Verlag Bonn. 25-50.

- Heyer, K.-U., Stegmann, R. 1999. Verkürzung der Nachsorgephase durch in situ Stabilisierung. In: Nachsorge von Deponien - Maßnahmen, Dauer, Kosten. G. Rettenberger, B. Bilitewski, R. Stegmann (Hrsg.). Abfall aktuell, Band 2, S. 137 - 164, 1999
- Heyer, K.-U., Hupe, K., Stegmann, R. 2000. Erfahrungen und technische Umsetzung der in situ Belüftung von Deponien und Altablagerungen. in: Deponietechnik 2000, Hamburger Berichte zur Abfallwirtschaft, Band 16, Hrsg.: R. Stegmann, G. Rettenberger, W. Bidlingmaier, H.-J. Ehrig, Verlag Abfall aktuell Stuttgart, S. 241-258
- Ifas 1999. Entwicklung alternativer Oberflächenabdeckungssysteme mit dem Simulationsprogramm HELP. Vorstudie im Rahmen des BMBF-Vorhabens „Beschleunigte aerobe In Situ Stabilisierung der Altablagerung Kuhstedt zur Minderung des Kosten- und Nachsorgeaufwandes“, Ingenieurbüro für Abfallwirtschaft, Prof. R. Stegmann und Partner, unveröffentlicht
- Leikam, K., Heyer, K.-U., Stegmann, R. 1998. Einflussnahme auf das Deponieverhalten durch In-Situ Stabilisierung. In: Entwicklungstendenzen in der Deponietechnik, 1. Hamburger Abfallwirtschaftstage 28.-29. Januar 1998, Hamburger Berichte, Band 12, Hrsg.: R. Stegmann, G. Rettenberger, Economica Verlag Bonn.

### **Anschrift der Autoren:**

Dipl.-Ing. Kai-Uwe Heyer  
Dr.-Ing. Karsten Hupe

Prof. Dr.-Ing. Rainer Stegmann,

Ingenieurbüro für Abfallwirtschaft  
Prof. R. Stegmann und Partner  
Nartenstraße 4a  
21079 Hamburg

Arbeitsbereich Abfallwirtschaft  
TU Hamburg-Harburg  
Harburger Schloßstraße 37  
21071 Hamburg