

Vermeidung und Beherrschung von Inkrustationen in Drainageleitungen von Sonderabfalldeponien

AiF-FV-Nr.: 11473;

Forschungsstelle:

Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V. (IUTA), Duisburg;

Autoren/Ansprechpartner: Dipl.-Ing. A. Hemmers

Die Arbeiten wurden im Rahmen des AIF-Forschungsvorhabens Nr. 11473 (Laufzeit 01.01.1998 – 31.12.1999) durchgeführt und wurden aus Haushaltsmitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ gefördert. Dem BMWi und der AIF wird für die Förderung gedankt.

Das Entwässerungssystem unterhalb eines Deponiekörpers gewährleistet die Ableitung des im Deponiekörper vorhandenen bzw. in den Deponiekörper eingedrungenen Wassers. Störungen im Entwässerungssystem einer Deponie führen zu Wassereinstau im Deponiekörper mit schwerwiegenden Folgen.

Die Funktion des Entwässerungssystems wird insbesondere durch Inkrustationen beeinträchtigt. Diese entstehen durch Ablagerung schwerlöslicher Verbindungen aus dem Sickerwasser.

Zur Gewährleistung von Funktion und Kontrollierbarkeit der Drainagerohre müssen Inkrustationen derzeit auf mechanischem Wege in immer kürzeren Abständen mit großem Aufwand entfernt werden.

Bei geringfügigen Inkrustationen bis 1cm Stärke wird in der Regel zunächst eine Druckspülung mit Wasser bei 100 bis 150 bar versucht, wobei der Wasserstrahl die Inkrustationen von der Rohrwand löst. Bei starken Ablagerungen ist eine Spülung nicht mehr möglich, da der höhere erforderliche Spüldruck zu Beschädigungen der Drainagerohre führt. In diesem Fall versucht man, mittels spezieller Fräsen dem Zuwachsen des Rohrsystems zu begegnen.

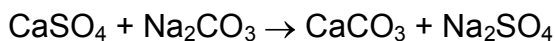
Der im Rahmen dieses Vorhabens gewählte Ansatz zur Vermeidung bzw. Verminderung von Inkrustationen ist die kontrollierte Veränderung der Sickerwasserzusammensetzung innerhalb des Drainagerohres, um die Bildung von Inkrustationen zu unterbinden oder abzuschwächen.

Wie bereits durchgeführte Untersuchungen zeigen, ist der wesentliche Bestandteil von Inkrustationen Calciumcarbonat oder Calciumsulfat, dessen Ausfällung aus dem Sickerwasser zu verhindern ist. Um diese zu Inkrustationen führenden Fällungsreaktionen zu unterbinden, kamen drei erfolgversprechende Vermeidungsansätze in Betracht.

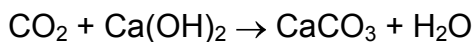
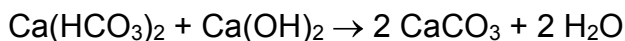
- Zum einen kann einer Ausfällung von Stoffen aus einer wässrigen Lösung durch Verdünnung begegnet werden. Mit einer Verdünnung werden die Ionenkonzentrationen im Sickerwasser herabgesetzt. Damit wird neben anderen auch das Löslichkeitsprodukt der für die Inkrustationsbildung relevanten Stoffe, $L_1 = c_{Ca^{2+}} \times c_{CO_3^{2-}}$ und $L_2 = c_{Ca^{2+}} \times c_{SO_4^{2-}}$ reduziert.

- Ein weiterer Ansatz nutzt die Tatsache, daß die Existenz von Carbonat (CO_3^{2-}) und Sulfat (SO_4^{2-}) vom pH-Wert abhängig ist. Bei pH-Werten unter 7 liegt im System $\text{CO}_2/(\text{H}_2\text{CO}_3)/\text{HCO}_3^-/\text{CO}_3^{2-}$ praktisch kein Carbonat mehr vor. Bei der Darstellung des Dissoziationsgleichgewichtes von Hydrogensulfat/Sulfat in Abhängigkeit des pH-Wertes zeigt sich bei pH-Werten kleiner als 4 eine Verringerung des Sulfatgehaltes. Mit der Verringerung der Konzentration an Carbonat bzw. Sulfat soll die Inkrustationsneigung verringert und eine Ausfällung vermieden werden.
- Zum dritten soll durch zudosieren von Reagenzien in das Sickerwasser eine Fällungsreaktion innerhalb der Flüssigkeit hervorgerufen werden. Durch die Verlagerung der Reaktion in die flüssige Phase soll die Bildung von Ablagerungen an den Rohrwandungen vermieden werden. Die innerhalb des Sickerwassers gebildeten und suspendierten Kristalle können dann mit diesem aus dem Drainagerohr geschwemmt werden.

Für ein Sickerwasser, das im wesentlichen Calciumsulfat ausscheidet, kommt als Fällungsreagenz Soda (Na_2CO_3) zum Einsatz. Das mit dem Soda in das Sickerwasser eingebrachte Carbonat reagiert mit den im Sickerwasser enthaltenen Ca-Ionen zu schwer löslichem Calciumcarbonat und gut löslichem Natriumsulfat nach folgender Reaktionsgleichung:



Für ein Sickerwasser, das im wesentlichen Calciumcarbonat ausscheidet, kommt als Fällungsreagenz Kalkmilch zum Einsatz. Nach folgenden Reaktionsgleichungen entsteht im Sickerwasser schwer lösliches Calciumcarbonat:



Versuchsanlage und Versuchsdurchführung

In hierzu eigens konzipierten Versuchsständen wurde die Inkrustationsbildung vor Ort an einer Deponie untersucht und die oben aufgeführten Vermeidungsmaßnahmen erprobt werden. Feldversuche konnten im sog. Kassettenbereich der betrachteten Deponie vorgenommen werden, in dem vornehmlich Gipsablagerungen zu beobachten sind. Im ebenfalls als Versuchsfeld vorgesehenen Salzbereich, dort wurden vornehmlich Kalkablagerungen festgestellt, entstanden im Rahmen der Versuche keine meßbaren Inkrustationen

Die Versuchsanlage besteht aus drei gleichen Einzelanlagen: Linien A, B, C. Jede Linie des Versuchsstandes besteht aus vier 2 Meter langen, übereinander angeordneten Hüllrohren, in die Inlayschalen aus PE eingeschoben werden können.

Die Schalen wurden vor Versuchsbeginn in die Hüllrohre eingeschoben. Eine Pumpe förderte das Sickerwasser vom Sammelbehälter zum Versuchsstand. Mittels Dosierpumpe konnte Säure bzw. Fällungsreagenzien zugegeben werden. Im Versuch strömt das Sickerwasser über die Schalen aller 4

Teilstrecken, die eine bestimmte Verweilzeit im Versuchsstand verbleiben und anschließend entnommen werden.

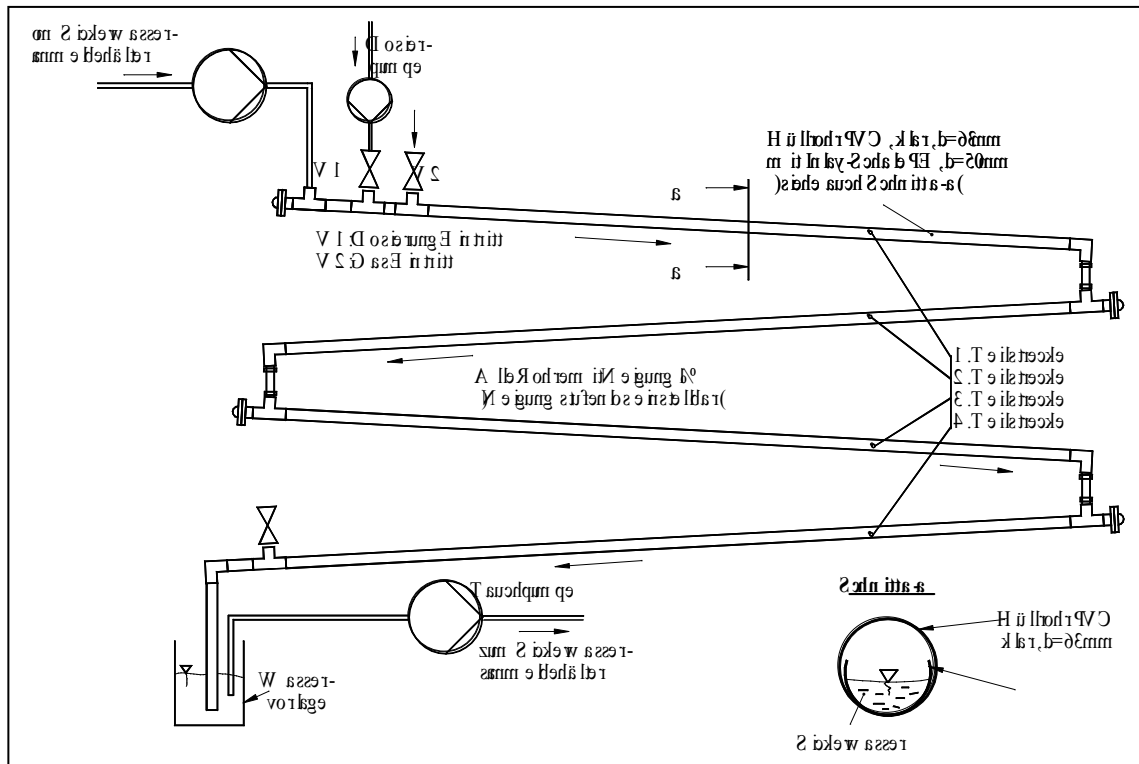


Abbildung 1: Schematische Darstellung einer Linie des Versuchsstandes

Die Simulation der Inkrustationen in Form von Feldversuchen erfolgte parallel in drei Sickerwasserlaufstrecken vor Ort. Zeitgleich wurden die Bildungsrate unter Realbedingungen (Referenzstrecke) und die Inkrustierung unter Anwendung der zu testenden Vermeidungsmaßnahmen ermittelt. Dabei können in zwei Laufstrecken chemisch-physikalische Parameter des Sickerwassers gezielt variiert werden, während in der dritten Strecke immer die realen Deponiebedingungen eingehalten werden. Auf diese Weise ist der Einfluß der Parameter auf die Inkrustation festzustellen.

Bei Versuchsbeginn erfolgt die simultane Beaufschlagung der Linien A/B/C des Versuchsstandes mit Sickerwasser. Für jede Versuchsreihe zur Untersuchung der Vermeidungsmaßnahmen erfolgt die Zudosierung von alternativ Verdünnungswasser oder Salzsäure oder Sodalösung jeweils in zwei Linien (A und B), die dritte (C) dient als Referenzstrecke.

Nach einer Wartezeit t_w nach Versuchsbeginn werden zeitgleich jeweils die ersten korrespondierenden Schalen der Teilstrecken aller drei Linien A, B und C entnommen und durch neue ersetzt. Die erste Entnahme betrifft die Teilstrecken 4, weil dadurch die Teilstrecken 1 bis 3 unbeeinflusst bleiben. Danach schließt sich eine zweite gleichartige Versuchsphase an mit Entnahme der 3. Teilstrecke und so fort.

Die Dauer der Versuchsphase, die Wartezeit t_w , richtet sich nach den technischen Randbedingungen (z.B. vorzeitige Füllung der Inlayschalen oder Verstopfung der Linien). Sie ist nach oben durch die jeweilige Versuchsdauer der Versuchsreihen begrenzt.

Die mit Inkrustationen belegten Schalen der Linien A/B/C werden getrocknet und anschließend die Inkrustationen von den Schalen entfernt und verwogen. Die Inkrustationsrate wird bestimmt aus der Inkrustationsmasse bezogen auf die während der Versuche gemessene Sickerwassermenge, die diese Inkrustationen verursachte.

Ergebnisse der Verdünnungsversuche im Feldtest

Es wurden Feldversuche mit verschiedenen Verdünnungen durchgeführt. Dem Sickerwasser wurden in Verhältnissen von 1:1 und 1:0,5 Verdünnungswasser zugesetzt. Dies bedeutet eine Verdünnung der Sickerwasserinhaltsstoffe im ersten Fall auf 50% und im zweiten Fall auf 66,67% der Anfangskonzentration. Zudem wurden parallel zu den Verdünnungsversuchen Referenzversuche durchgeführt, die mit originalem Sickerwasser betrieben wurden.

Als Verdünnungswasser wurde unbehandeltes Leitungswasser verwendet. Wesentliche Aufgabe des Versuches wie bei allen weiteren Versuchen auch war die Bestimmung der Inkrustationsbildungsrate. Die Inkrustationsbildungsrate ist das Verhältnis von Trockenmasse der Ablagerungen zum korrespondierenden Volumen des Sickerwassers.

Während der Versuchsdauer wurde Sickerwasser aus einem Sammelbehälter entnommen und dem Versuchsstand zugeführt. Das Sickerwasser strömte dann innerhalb der Versuchsstrecke durch PE-Rohre. Im Verlaufe des Versuches bildeten sich dann Ablagerungen, die regelmäßig entfernt wurden. Die Inkrustationen bildeten eine zusammenhängende Struktur, die mit Sedimenten bedeckt waren.

Die Entfernung der Inkrustationen, die sich aus dem verdünnten Sickerwasser gebildet hatten, war im Vergleich zum Referenzversuch mit weniger Aufwand verbunden, denn insbesondere die Ablösung der Inkrustationen von den Rohrwandungen gestaltete sich im Referenzversuch schwieriger. Unter Anwendung der gleichen Methode mußte der Reinigungsvorgang für die Schalen des Referenzversuches mehrmals wiederholt werden.

Verdünnung Sickerwasser zu Verdünnungswasser	Mittlere Inkrustationsbildung
Unverdünnt (Referenz)	1,51 g/m ³
1 : 1	3,17 g/m ³
1 : 0,5	2,20 g/m ³

Tabelle 1: mittlere Inkrustationsraten bei Verdünnung des Sickerwassers

Als Ergebnis ist festzuhalten, daß mit einer Verdünnung im betrachteten Verhältnis hinsichtlich der Menge an Inkrustationen keine wesentlichen Verbesserungen erzielt werden konnten. Die mittlere Inkrustationsrate liegt für den Referenzversuch, der unter realen Deponiebedingungen ablief, bei 1,51 g/m³. Die verdünnten Sickerwässer zeigten kein geringeres Potential zur Inkrustationsbildung (siehe **Fehler! Unbekanntes Schalterargument.**). Selbst 1:1 verdünntes Sickerwasser war noch stark

übersättigt.

Eine Modellrechnung, die den Gleichgewichtszustand wässriger Systeme mittels Gibbs-Minimierung beschreibt, zeigt eine etwa 3-fache Calciumübersättigung des vorliegenden Sickerwassers auf. Nur eine mindestens 3-fache **Verdünnung** beseitigt die Calciumübersättigung und bringt die Lösung in ein Gleichgewicht, in dem keine Inkrustation mehr zu erwarten ist. Diese Maßnahme ist aber aufgrund der sehr starken, kostenträchtigen Erhöhung der Sickerwassermenge in der Praxis kaum umsetzbar.

Ergebnisse der Versuche mit pH-Wert Absenkung im Feldtest

Zur Vermeidung der Inkrustation wurde der pH-Wert in den Versuchen variiert. Eingestellt wurden pH-Werte zwischen 1,8 und 5 (siehe Tabelle).

pH-Wert	Inkrustationsrate	Inkrustationsrate Referenz
1,8	1,99 g/m ³	4,46 g/m ³
2,5	6,11 g/m ³	
3	6,46 g/m ³	
5	9,97 g/m ³	

Tabelle 2: mittlere Inkrustationsraten bei Einstellung des pH-Wertes im Sickerwasser durch Säurezugabe (HCl)

Bei den Ablagerungen im sauren Bereich handelt es sich um Gipssedimente, die in der Lösung entstehen und im Verlauf des Strömungsweges sedimentieren. Die Ablagerungen sind daher weich und lassen sich einfach und ohne große mechanische Kraftanwendung von den Rohrwandungen lösen.

Die Festigkeit der Ablagerungen ist weitaus geringer als bei den Verdünnungsversuchen. Aus dem Versuchsstand entfernte Sedimente konnten ohne Probleme zwischen den Fingern zu Pulver zerrieben werden. Es kann daher davon ausgegangen werden, daß im Falle der pH-Wert Absenkung im Sickerwasser innerhalb des Drainagerohres Inkrustationen geringer Festigkeit entstehen.

Im Rahmen der Versuche konnten die Ablagerungen zwar nicht vollständig vermieden, erwartungsgemäß aber die Inkrustationsrate mit sehr niedrigen pH-Werten im Sickerwasser wesentlich unter diejenige der Referenzversuche gesenkt werden.

Ausgehend vom Originalzustand des Sickerwassers mit einem pH-Wert zwischen 7 und 8 kann durch eine leichte Absenkung des pH-Wertes keine Verminderung erzielt werden. Es ist zwar mit einer Absenkung des pH-Wertes bis 2,5 tendenziell eine Verringerung der Inkrustationsrate feststellbar, die aber erheblich über derjenigen des Referenzzustandes liegt. Mit einer Rate von 9,97 g/m³ liegt das ermittelte Maximum bei einem pH-Wert von 5.

Eine starke Absenkung der Sedimentationsneigung findet erst bei einem pH-Wert $< 2,5$ statt. Hier ist ein sprungartiger Rückgang der ausgefallenen Gipsmengen zu beobachten, der die Inkrustationsrate weit unter die des Referenzversuches absinken läßt. Mit einer nennenswerten Verminderung der Inkrustationsrate ist daher erst zu rechnen, wenn ein pH-Wert von < 2 erreicht wird und sicher eingehalten werden kann.

Im Sickerwasser laufen parallele Fällungsreaktionen ab, die sich gegenseitig beeinflussen. Auf den aus der übersättigten Lösung ausfallenden Sulfatkristallkeimen lagern sich sofort konkurrierende Niederschläge ab (vermutlich Zinkcarbonat oder Zinksulfid) und verringern so deren Wachstum. Durch die Absenkung des pH-Wertes wird diese Blockierung verhindert, weil die konkurrierenden Niederschläge sich infolge der mit der pH-Senkung verbundenen Gleichgewichtsverschiebung nicht mehr ausbilden können.

Deshalb können die gebildeten Keime zunächst schneller wachsen und die Inkrustationsrate steigt. Mit weiter sinkendem pH-Wert nimmt die Keimbildungsrate für Calciumsulfat im Sickerwasser ab, weil die Übersättigung infolge der Gleichgewichtsverschiebung kleiner wird. Infolgedessen entwickeln sich die Inkrustationsraten wieder rückläufig. Bei einem pH-Wert < 2 ist das Gleichgewicht im Sickerwasser so weit verschoben, daß die Inkrustationsrate geringer als im Originalsickerwasser wird. Bei einem Sickerwasser-pH-Wert in diesem sauren Bereich ist mit der Entwicklung saurer Gase (H_2S , HCN , NO_x u. a.) zu rechnen, falls die entsprechenden Anionen im Sickerwasser enthalten sind. Eine Gasentwicklung wurde jedoch in keinem der Versuche festgestellt.

Ergebnisse der Fällungsversuche im Feldtest

Schon geringste Mengen von zugesetztem Soda (Natriumcarbonat) führten spontan zu starken sichtbaren Ausfällungsreaktionen im Sickerwasser. Die im Sickerwasser enthaltenen Ca-Ionen reagierten mit dem eingetragenen Carbonat zu $CaCO_3$. In der Folge kam es während der Versuche vermehrt zu Verstopfungen selbst großer Strömungsquerschnitte aufgrund der Bildung sehr harter Inkrustationen, die insbesondere an den Fallrohren auftraten.

Die starke Übersättigung des Sickerwassers mit Calcium-Ionen führte bei Zugabe von Fällungsmitteln zu hohen Mengen von Ablagerungen, die im Umkreis der Eindosierung lockere Sedimente bildeten. Vermutlich aufgrund einer Carbonatinhibierung infolge der verzögerten Deprotonierung des Hydrogencarbonates können die aus dem Sickerwasser entfernten Carbonationen nur langsam nachgeliefert werden, so daß auch im weiteren Verlauf der Strömungsstrecke noch Ablagerungen entstehen. Diese Ablagerungen bilden nun nicht mehr - wie gewünscht - lockere Sedimente wie im Bereich der Eindosierung, sondern es entstehen die bekannten festen Ablagerungen, wie sie im Originalsickerwasser festgestellt werden.

Die im Feldversuch ermittelten Inkrustationsraten sind in **Fehler! Unbekanntes Schalterargument.** und **Fehler! Unbekanntes Schalterargument.** jeweils im Vergleich mit den Referenzversuchen dargestellt.

Aufgetragen sind die Inkrustationsraten abhängig vom Durchlauf durch die Strecke.

Die Umsetzungsrate des Carbonates ist an der Stelle der Zudosierung am höchsten und nimmt im weiteren Verlauf langsam ab. In Strömungsrichtung gehen die Inkrustationsraten daher zurück, wobei der Rückgang beim Versuch mit einer mittleren Sodakonzentration von 0,5 g/l sehr viel stärker ausgeprägt ist als bei der höheren Dosierung mit einer mittleren Konzentration von 1,5 g/l. D.h. die anfängliche hohe Umsetzungsrate im Verlauf der ersten 2 m hält bei der höheren Dosierung entsprechend länger an.

Die Rückstände in den Versuchslinien mit Sodadosierung liegen erheblich über denjenigen der Referenzstrecke. Im Vergleich gesehen sind die Inkrustationsraten der Referenzstrecke kaum erkennbar. Sie weisen weit weniger als 10% der Inkrustationsraten in den sodadotierten Versuchslinien auf.

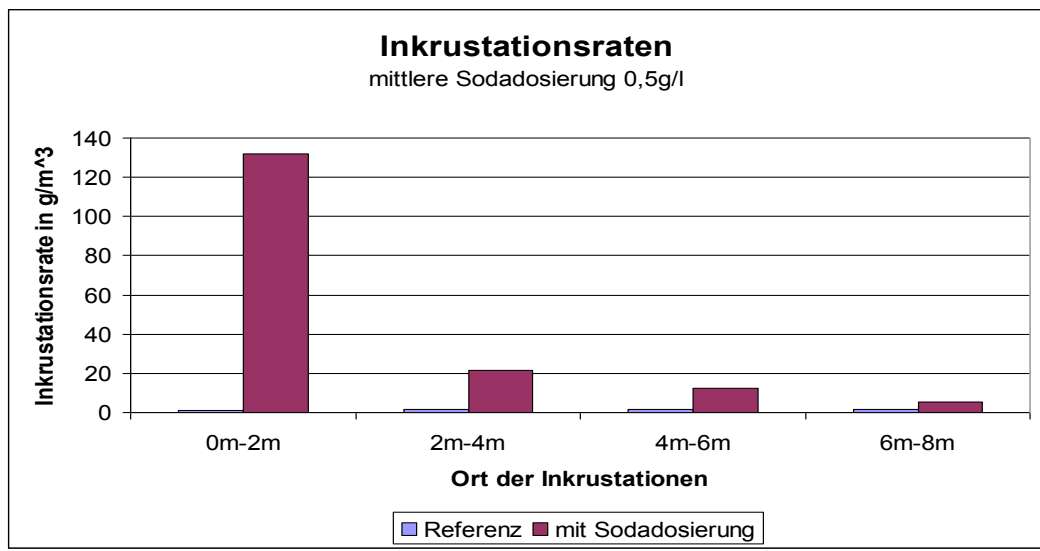


Abbildung 2: Inkrustationsraten bei einer mittleren Sodakonzentration im Sickerwasser von 0,5 g/l

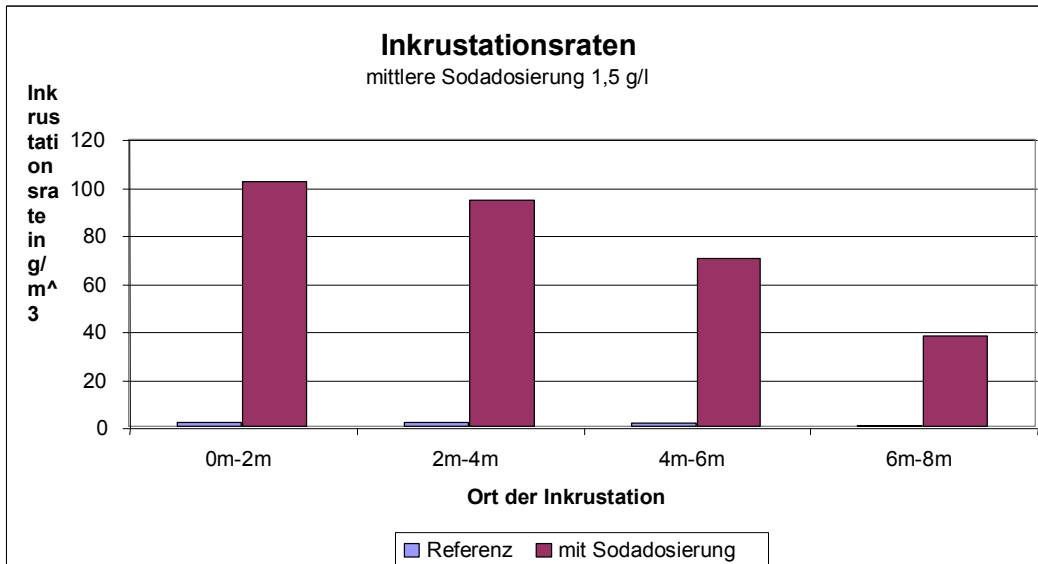


Abbildung 3: Inkrustationsrate bei einer mittleren Sodakonzentration im Sickerwasser von 1,5 g/l

Zusammenfassung

Die Untersuchungen haben gezeigt, daß aufgrund der sehr komplexen Zusammensetzung von Sickerwässern eine Verringerung der Inkrustationsneigung nur sehr schwer zu kontrollieren ist und jede Deponie als Einzelfall betrachtet werden muß. Vor dem Einsatz von Vermeidungsmaßnahmen müssen daher entsprechend umfangreiche Untersuchungen im Feldversuch durchgeführt werden, um alle deponiespezifischen Randeffekte zu erfassen. Im vorliegenden Fall tritt ein Sickerwasser auf, das in Bezug auf Calcium-Ionen etwa dreifach übersättigt ist, wie der Vergleich mit einer Modellrechnung zeigt. Mit den hier betrachteten und im Feldversuch erprobten Vermeidungsstrategien

- Verdünnung
- Absenkung des pH-Wertes
- Kontrollierte Fällung

ist eine Verbesserung der Inkrustationssituation nur mittels Absenkung des pH-Wertes vorstellbar. Bei der untersuchten Deponie konnten die Erwartungen hinsichtlich einer Verringerung der Inkrustationsneigung des Sickerwassers durch gezielte Veränderung der Zusammensetzung nur teilweise erfüllt werden. Kriterium für eine Verbesserung stellt im wesentlichen die Verringerung die Menge der gebildeten Ablagerungen dar. Zur Mengenreduzierung wäre nach den ermittelten Ergebnissen eine sehr starke Herabsetzung des Sickerwasser-pH-Wertes auf unter 2 anzustreben. Für eine technische Umsetzung muß dazu die Einhaltung dieses pH-Wertes innerhalb des Drainagerohres durch entsprechende MSR-Technik in Kombination mit einer Dosiervorrichtung sicher gewährleistet sein, um keine stärkeren Ablagerungen zu induzieren.

Eine Verdünnung in einem Verhältnis von 1:1, die im Rahmen dieses Vorhabens maximal eingestellt

wurde, bringt keine erkennbaren Vorteile. Dieses Verdünnungsverhältnis genügt nicht, um Konzentrationen zu erreichen, die eine Fällung verhindern. Hier müsste eine weitaus größere Verdünnungsrate eingestellt werden, um meßbare und spontane Verminderungen zu erzielen. Die Kostensteigerung durch die Zunahme der Sickerwassermenge durch das Verdünnungswasser verbietet eine weitere Betrachtung dieser Methode zur Inkrustationsvermeidung.

Weiterhin kann mit einer kontrollierten Fällungsreaktion ebenfalls keine überzeugende Methode bereitgestellt werden, um Inkrustationsprozesse zu vermeiden. Die Zugabe von Natriumcarbonat bewirkt, wie gewünscht, eine spontane Fällungsreaktion, aus der schlammige Sedimente, aber auch extrem feste Inkrustationen entstehen. Nach der Eindosierung der Sodalösung in das Sickerwasser bedarf es einiger Zeit bis zur Einstellung eines Reaktionsgleichgewichtes, so daß sich die Reaktion mit der Strömung auf das gesamte Drainagerohr ausbreitet.

Die Niederschlagsbildung findet nicht nur, wie es erwartet wurde, in Form frei schwimmender Kristalle innerhalb der Flüssigphase statt, sondern es entstehen auch feste Ablagerungen an den Wandungen der Rohrleitungen. Daher stellt der gezielte Einsatz von Fällungsreagenzien keine geeignete Methode dar, um den Inkrustationsprozeß sicher zu vermeiden oder zu vermindern.

Aussichtsreich für eine Verminderung der Inkrustationen kann daher nur ein Verfahren sein, das auf die Einstellung des pH-Wertes, d. h. auf eine Verringerung des pH-Wertes im Sickerwasser zielt. Hier sind aber wesentliche Aspekte zu beachten, um einen Erfolg zu erzielen.

In einem Übergangsbereich des pH-Wertes von ca. 7 bis 2 kann es an der untersuchten Deponie zu einer verstärkten Bildung von Ablagerungen kommen. Die Eindosierung von Säuren muß daher über eine zuverlässige Meßtechnik verfügen. Es müssen pH-Wert und Volumenstrom kontinuierlich erfaßt werden, um die Säuredosierung zu automatisieren. Aufgrund der Gefahr einer verstärkten Bildung von Ablagerungen bei einem pH-Wert über 2 muß eine hohe Zuverlässigkeit des Systems gefordert werden, die nur durch entsprechend hohen Wartungsaufwand gewährleistet werden kann.

Ergänzend muß die Anlage mit einer kontinuierlichen Dokumentation und Überwachung ausgestattet sein, um Abweichungen vom erlaubten pH-Wert Bereich festzustellen bzw. sicher auszuschließen.

Während des Deponiebetriebes fällt das Sickerwasser kontinuierlich an. Damit können ebenfalls Störungen eines installierten Systems zur Inkrustationsvermeidung täglich und rund um die Uhr auftreten. Daher muß ein Notfallplan erarbeitet werden, um auf Störungen jederzeit reagieren zu können. Dies betrifft die technische Ausstattung eines Vermeidungsverfahrens ebenso wie den Einsatz von Überwachungspersonal im Rahmen des Deponiebetriebes.

Der Einsatz einer Vermeidungsmaßnahme hängt neben den angesprochenen technischen und organisatorischen Aspekten von den örtlichen Gegebenheiten ab. Insbesondere die Zugänglichkeit des Drainagesystems bestimmt die technische Machbarkeit. Im vorliegenden Fall könnte eine Dosierung in das Drainagesystem relativ einfach installiert werden. Den Deponiekörper durchzieht ein zentrales Drainagerohr, das auf der einen (rechten) Seite in einen Schacht mündet und auf der anderen Seite aus

dem Deponiekörper herausgezogen ist (siehe **Fehler! Unbekanntes Schalterargument.**). Diese Stelle des Drainagerohres ist frei zugänglich und würde sich für die Installation einer Dosierstation eignen. Als Ort für die pH-Wert Messung bietet sich der Schacht an, der allerdings aufgrund seiner Tiefe von ca. 15 m nur schwer zugänglich ist. Dies wiederum erschwert die regelmäßige optische Kontrolle des Zustandes der pH-Wert Erfassung.

Der Standort für ein erforderliches Säurelager sollte möglichst nahe an der Einleitstelle in das Drainagerohr liegen, um kurze Zuleitungen zu realisieren. Als Lagerkapazität muß eine Mindestgröße vorgesehen werden, damit Folgekosten aufgrund häufiger Lieferungen unterbunden werden. Die Lagerkapazität richtet sich nach der örtlichen Sickerwasserqualität und der durchschnittlich anfallenden Sickerwassermenge. Im vorliegenden Fall wäre ein Säurelager für 5%ige HCl einzurichten, das eine Lagerkapazität zwischen 1 m³ und 4 m³ aufweisen sollte. Die Frage nach dem Standort eines derartigen Lagers ist nicht pauschal zu beantworten. Hier müssen neben der Infrastruktur insbesondere die Genehmigungsunterlagen des Deponiestandortes beachtet werden.

Im Rahmen der durchgeführten Versuche wurde keine Gasbildung festgestellt. Dennoch muß vor einer Säurezugabe das Gasbildungspotential des Sickerwassers bei Säurezugabe im Einzelfall untersucht werden, um die Bildung von H₂S, HCN, SO₂ oder NO_x sicher ausschließen zu können.

An dieser Stelle kann keine pauschale verfahrenstechnische Lösung ausgearbeitet werden, denn die individuellen Einflüsse der örtlichen Gegebenheiten spielen eine sehr gewichtige Rolle. Neben den eher als gering einzuschätzenden Investitionskosten ist ein hoher organisatorischer Aufwand für den Betrieb erforderlich. Auf den Einsatz der Spültechnik kann im Zusammenhang mit einer pH-Wert Erniedrigung des Sickerwassers vermutlich nicht vollständig verzichtet werden, da nur mit einer Verringerung der Inkrustationen, nicht aber mit einer kompletten Vermeidung zu rechnen ist.

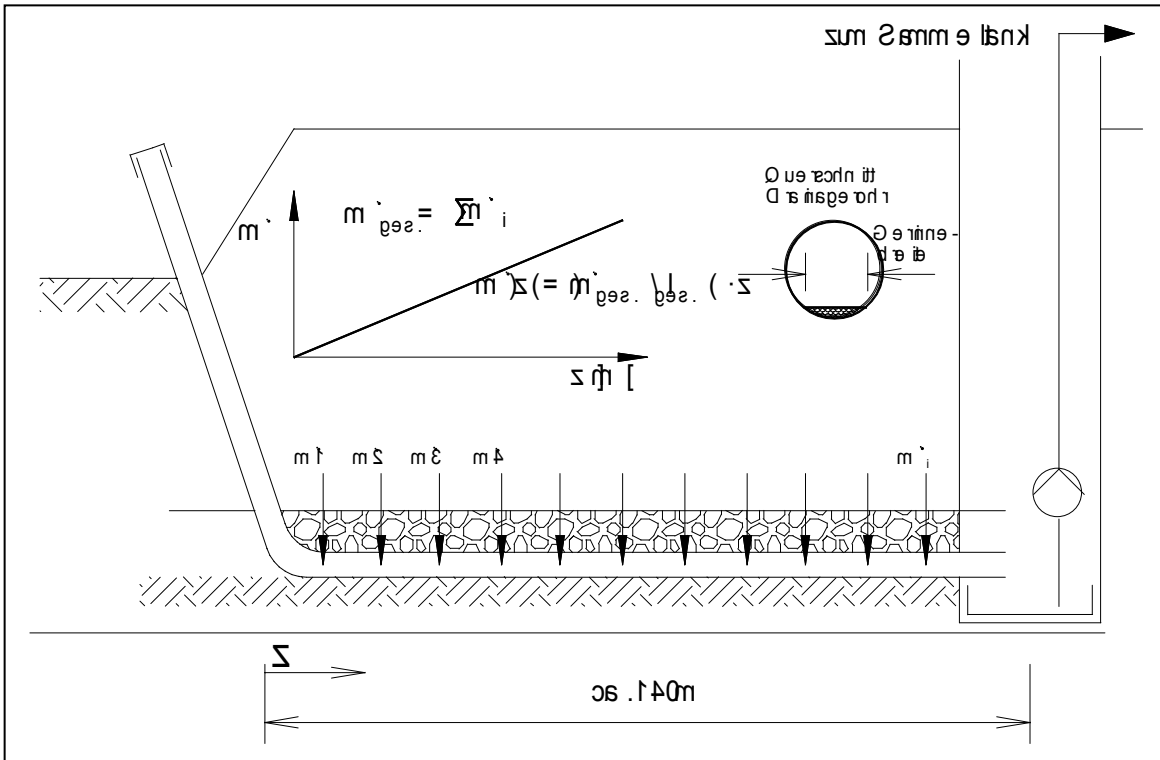


Abbildung 4: Querschnitt durch einen Deponiekörper