

**Dr. J. Schmidt**

**WORKSHOP**

**VERORDNUNG ÜBER DIE VERWERTUNG VON ABFÄLLEN AUF  
DEPONIEEN ÜBER TAGE**

(am 25.03.2004 und 26.03.2004 im Bundesumweltministerium)

**„Thesen zur Immobilisierung von Abfallstoffen aus chemischer und mineralogischer Sicht – abgeleitet aus langjährigen Erfahrungswerten besteht dringlicher Handlungsbedarf für fachliche Korrekturen und Konsequenzen in der vorliegenden Verwertungsrichtlinie im Entwurf (Redebeitrag)**

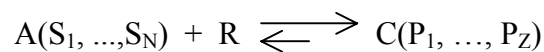
**sowie**

**Anforderungen für die Verwertung von Abfällen auf Deponien im Lichte gemeinschaftlicher Vorgaben“ (die juristische Untersetzung zum Redebeitrag)**

Dr. J. Schmidt  
S.D.R. Biotec Verfahrenstechnik GmbH  
&  
Dr. W. Klett  
Köhler & Klett Rechtsanwälte Köln

## Wesentliche Merkmalswerte zur Abfallimmobilisierung in Kurzfassung

1. Die Immobilisierung ist ein außerordentlich anspruchvolles Verfahren zur stabilen und sicheren Behandlung von Abfallstoffen.
2. Die Bewertung „anspruchvolles Verfahren“ leitet sich daraus ab, dass zu seiner Durchführung die Bereitstellung eines umfangreichen Datenpools vor allem aus den Bereichen Stoffwirtschaft, Chemie, Verfahrenstechnik, Mineralogie und Technische Kristallographie vorausgesetzt wird.
3. Die Immobilisierung nutzt physikalische Vorgänge und zwar im wesentlichen zur Aufbereitung der anstehenden Abfallmatrizen sowie zur Homogenisierung. Im Zuge der Homogenisierung werden die reaktionsrelevanten Parameter, wie pH-Wertlevel, Redoxpotential und Wasserwert, optimal auf die bestehende Schadstoffspezifik eingestellt.
4. Zur Aufbereitung der Abfallstoffe für die immobilisierende Behandlung sind nur spezielle Gerätekonfigurationen, wie Prall- und Hammermühlen in Kombination, geeignet.
5. Basierend auf fundierten Kenntnissen zum Schadstoffprofil, zur chemischen Zusammensetzung und zum mineralogischen Bild des jeweiligen Abfallstoffes werden durch definierte Additivzuführungen die mobilen umweltrelevanten Schadstoffe in unlösliche und/oder in nicht gefährliche Verbindungen gewandelt, wobei konsequent organische und anorganische Reaktionsmechanismen genutzt werden:



Neben den Additividosierungen tragen auch die in den Abfallmatrizen vorliegenden Wertstoffe zur signifikanten Schadstoffwandlung und -fixierung bei.

6. Da die ablaufenden Transformationsprozesse in einem Gleichgewicht enden, sind mit Hilfe der Immobilisierungsrezeptur essentielle Möglichkeiten zur nahezu irreversiblen Ausrichtung derselben gegeben. Damit können sowohl die Stabilitäten der gebildeten Wandlungsprodukte als auch die hiermit korrespondierenden Langzeiteffekte der resultierenden Immobilisate entscheidend progressiv beeinflusst werden.
7. Die gebildeten nicht gefährlichen Transformationsprodukte verfestigen sich sukzessive, wobei Mineralphasenum- und Mineralphasenneubildungen vonstatten gehen. Diese z. T. sehr komplex ablaufenden mineralogischen Vorgängen, die letztlich in der Ausbildung von Speichermineralien enden, sind stetig. D. h. sie streben thermodynamisch betrachtet einem Zustand höchster Ordnung zu, was mit einem Zustand höchster chemischer Stabilität und Festigkeit gleichzusetzen ist.
8. Wesentliche Qualitätsmerkmale der Abfallimmobilisierung sind demzufolge einerseits die auf anorganischen und organischen Synthesestrategien basierenden Immobilisierungsmechanismen sowie andererseits die durch die realisierten Schadstoffwandlungen und -fixierungen initiierten kristallchemischen Vorgänge.

9. Die gebildeten Speicherminerale sind von außerordentlicher Bedeutung für eine stabile und dauerhafte Fixierung von mobilen Schadstofffrachten. Des weiteren werden durch sie z. T. extrem hohe OH-Ionendepots aufgebaut und sind daher deponietechnisch sehr wertvoll. In Verbindung mit den ebenfalls anzutreffenden klassischen Pufferkomponenten ( $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) sind demnach hohe Pufferkapazitäten bzw. Säureneutralisierungskapazitäten die Folge, die wiederum hohe Langzeitstabilitäten in immobilisierten Abfallstoffen nach sich ziehen.
10. Zur Nachweisführung der relevanten Qualitätsmerkmale für Immobilisate
- Stabilität der gewandelten Schadstoffe
  - Verfestigungsstatus der Matrizen, abgeleitet aus mineralogischen Untersuchungen sowie
  - das korrespondierende Puffervermögen

sind lediglich Verfahren zur Ermittlung der Freisetzungskinetik, die auch eine fundierende Abschätzung der zu erwartenden Langzeiteffekte ermöglichen, in Kombination mit Methoden zur Bewertung der Säureneutralisierungskapazität (SNK) geeignet. Das von SCHROER & FÖRSTNER entwickelte Verfahren sowie der modifizierte pH - stat - Test bieten hierfür aufgrund ihrer Praxisnähe und Effizienz die besten Voraussetzungen.

11. Der für die Beurteilung von immobilisierten bzw. stabilisierten Abfallstoffen vorgeschlagene pH - stat - Test gemäß EW 98 p ist aus chemischer und thermodynamischer Betrachtung sowie Analyse derselben grundsätzlich abzulehnen. Mit diesem Verfahren wird bereits vor Beginn der eigentlichen Testphase, bezogen auf den einzustellenden pH-Wert = 4,0, eine vollständig stabilisierte Abfallmatrix in einen destabilisierten Abfallstoff überführt und dann in Gegenwart eines signifikanten Gehaltes an freier Säure einer Elution ausgesetzt.
12. Die auf analytischen Erhebungen beruhenden Abschätzungen zu Langzeitstabilitäten in immobilisierten Abfallstoffen können durch thermodynamische Gleichgewichtsberechnungen, die umfangreiche Materialbilanzen zugrunde legen, untersetzt und präzisiert werden.
13. Vorhergehende umfangreiche Erfahrungswerte zu nachgewiesenen chemischen und mineralogischen Effekte aus den Anlagenbereichen die das Verfahren der Abfallimmobilisierung praktizieren, werden durch zahlreiche vorliegende Beiträge, Studien und vertiefende Forschungsarbeiten der Arbeitskreise der Deutschen Gesellschaft für Kristallographie bestätigt und untermauert. In dem Zusammenhang ist insbesondere der Arbeitskreis 15 „Mineralogische und Technische Kristallographie“ hervorzuheben, der seit einigen Jahren umfangreiche Untersuchungsergebnisse zu den Schwerpunktthemen:
- Bildungswege von Speichermineralien in industriellen Rückständen sowie
  - kristallchemische Fixierung von mobilen anorganischen und organischen Schadstoffen in Abfallstoffen mit mineralischer Struktur

offen legt und somit einen wesentlichen Beitrag zur fachlichen Transparenz sowie zur wissenschaftlichen Durchdringung der Immobilisierung von industriellen Abfallstoffen leistet.

## **Handlungsbedarf für Korrekturen und Anpassungen zum Anhang 3 „Anforderungen bei dem Einsatz von stabilisierten oder verfestigten Abfällen zur Herstellung von Bauersatzmaterial und deren Verwendung als Bauersatzmaterial (zu § 3 Abs. 2)“ der vorliegenden Verwertungsrichtlinie im Entwurf**

1. Die Abfallablagerungsverordnung vom 20. Februar 2001 sowie die Verordnung über Deponien und Langzeitlager und zur Änderung der Abfallablagerungsverordnung vom 10. Juli 2002 sind als Regelwerke ausreichend und umfassend, was die zukünftige Entsorgung von Abfällen in Deutschland auf höherem Niveau anbetrifft. In dem Zusammenhang ist hervorzuheben, dass diese aktuellen gesetzlichen Anforderungen von der Gleichrangigkeit der potentiellen Abfallbehandlungsverfahren ausgehen. Dringlicher Handlungsbedarf zur Untersetzung oder Ergänzung dieser vorgenannten Verordnungen besteht aus der Sicht der Entsorger und Abfallbehandler nicht, sofern man von den nicht nachvollziehbaren Forderungen des BDE absieht, der durch den Versatz dominiert wird.
2. In den Anforderungen zum Einsatz von stabilisierten und verfestigten Abfällen zur Herstellung von Bauersatzmaterial und deren Verwendung als Bauersatzmaterial für
  - Deponieauflager
  - BD - Komponenten
  - Ablagerungsbereiche
  - OFD - Komponenten
  - Materialien außerhalb des Deponiekörpersgemäß Anhang 3 findet sich das Verfahren der Abfallimmobilisierung, welches hierfür die Grundlage bildet, nur ungenügend berücksichtigt und dargestellt.
3. Bei der Abfallimmobilisierung ist **g r u n d s ä t z l i c h** davon auszugehen, dass die jeweilige Abfallmatrix im Ergebnis dieser Behandlung sowohl stabilisiert (chemische Wandlung von Schadstoffen) als auch verfestigt (Mineralisation des Abfalles) wird. Behandlungsabläufe, die nur zu einer teilweisen Stabilisierung oder nur zu einer Verfestigung ohne Stabilisierung der Matrix führen, sind der Immobilisierung fremd.
4. Die durch die Abfallimmobilisierung letztlich eingeleitete Mineralisation des Abfalles ist mit dem Abschluss der Behandlungsmaßnahme nicht beendet, sondern ist als fortschreitender Prozess zu betrachten. Die sukzessive Mineralisierung bewirkt einerseits höhere Festigkeiten sowie abnehmende Permeabilitäten. Andererseits trägt dieser deponietechnisch bedeutsame Vorgang maßgeblich zur Schaffung relevanter Fixierungspotentiale für mobile Schadstofffrachten bei, was auch durch den hierfür gebräuchlichen Begriff „Inneres Barriersystem“ charakterisiert werden kann.
5. Die Festlegung im Pkt. 2 c des Anhanges 3, dass mineralische Abfälle die organische Inhaltsstoffe enthalten, durch Anwendung entsprechender Immobilisierungsmechanismen nicht dauerhaft in vollständig stabilisierte Abfallstoffe transformiert werden können, ist infrage zu stellen. Die im Zuge der immobilisierenden Behandlung u. a. erfolgreich ge-

nutzten organisch-chemischen Synthesestrategien, wie

- die Dehalogenierung durch nucleophile Substitutionsreaktionen oder durch konsequente Ausschöpfung tribomechanischer Energien (DMCR - Prozesse),
- die gezielte Anwendung von AOP – Mechanismen zur Transformation von gefährlichen organischen Schadstoffen (z. B. OPC - Verbindungen),
- die Anwendung von FENTON - Strategien,
- die Einführung von reaktiven Substituenten in organische Schadstoffe durch Radikalreaktionen,
- die Ausschöpfung von Kondensations- und Polymerisationsreaktionen,
- die Behandlung mit bituminösen Additiven, die vor allem in den USA mit großem Erfolg praktiziert wird, usw.

sind nur einige von zahlreichen Synthesemöglichkeiten zur stabilen Wandlung organischer Toxine in ungefährliche Verbindungen. Damit wird diese fragwürdige Vermutung eindrucksvoll widerlegt.

In dem Zusammenhang darf auch nicht unberücksichtigt bleiben, dass die bei der fortschreitenden Mineralisation gebildeten Speicherminerale in den Abfallstoffen die Fähigkeit besitzen, über Nebenvalenzbindungen die vorliegenden organischen Schadstoffe dauerhaft zu fixieren. Offengelegte Studien und Untersuchungsergebnisse der Deutschen Gesellschaft für Kristallographie können diesen bedeutsamen Tatbestand vielfach fundieren.

6. Die im Pkt. 1 a und 2 a vorgeschlagene Verfestigung von Abfällen mit Zusatzstoffen verletzt das Vermischungsverbot, da zur Überführung von flüssigen in festen Abfallmatrizen große Mengen an derartigen Materialien benötigt werden. Damit wird nicht nur die physikalische Beschaffenheit des ursprünglichen Abfalles sondern auch seine chemischen Eigenschaften signifikant verändert. Solche praktizierten Maßnahmen verdienen lediglich die Bezeichnung „Konditionierung von Abfällen“.  
Nach dem Stand der Technik werden solche Konsistenzänderungen mit Ca-haltigen Additiven vorgenommen, wobei das vorliegende überschüssige Wasser durch ausgelöste chemische Reaktionen sukzessive umgesetzt wird.
7. Die im Pkt. 3 a des Anhanges 3 angeführten Stabilisierungs- bzw. Umwandlungsverfahren beschränken sich lediglich auf zwei Reaktionstypen und zwar Redox- sowie Fällungsreaktionen. Die weitere Aufzählung der Dehalogenierung und Neutralisation kann in diesem Abschnitt als deplaziert angesehen werden.  
Erstens wird in den Punkten 2 c und 3 b festgehalten, das organische Inhaltsstoffe in Abfallstoffen durch die immobilisierende Behandlung nicht dauerhaft transformiert werden können. Demzufolge ist auch die Einordnung der Dehalogenierung von aromatischen und aliphatischen Kohlenwasserstoffen in die Rubrik Umwandlungsverfahren nicht nachvollziehbar.  
Die Neutralisation hingegen ist wesentlich für den Ablauf von Fällungsreaktionen, wobei damit nicht die Einstellung des Neutralpunktes ( $\text{pH} = 7$ ) gemeint ist, d. h. sie stellt demnach keinen separaten Reaktionstyp dar.  
Das jedoch eine Vielzahl von Reaktionsmechanismen zur stabilen Wandlung und Fixierung von anorganischen und organischen Schadstoffen bei der Abfallimmobilisierung erfolgreich angewendet werden können, belegt die beiliegende Synopse (s. Bild 4 im Redemanuskript).

8. Die im Pkt. 2 c geforderte Zerstörung der organischen Schadstofffracht in Abfallstoffen über den biologischen oder thermischen Behandlungsweg stellt lediglich eine alternative Möglichkeit zur Abfallimmobilisierung dar, da praktisch bei allen vorgenannten Abfallbehandlungsverfahren die Umwandlung von organischen Schadstoffen auf chemischen Prozessen basiert. Das bei diesen Behandlungsverfahren zu bewertende Restrisiko erklärt sich einerseits daraus, dass alle chemischen Reaktionsvorgänge in einem beeinflussbaren Gleichgewicht enden. Andererseits ist zu berücksichtigen, dass im Ergebnis der biologischen oder thermischen Abfallbehandlung Rückstände resultieren, die aufgrund ihres Schadstoffprofils eine weitere Behandlung und Entsorgung nach sich ziehen. Diese z. T. sehr kritische Rückstandsproblematik besteht allerdings bei der Abfallimmobilisierung nicht.
  
9. Das pH - stat - Verfahren wurde 1992 von Obermann & Cremer zur Abschätzung des Milieueinflusses auf Sedimente aus Ufer- und Hafengebieten entwickelt. Die im Pkt. 4 vorgeschlagene Anwendung dieses Testverfahrens zur Nachweisführung der vollständigen Stabilisierung in immobilisierten Abfallstoffen muss dagegen aus chemischer und mineralogischer Sicht strikt abgelehnt werden. Zum einen wird insbesondere durch die pH = 4 - Einstellung nicht nur die während der Abfallimmobilisierung aufgebaute wertvolle Pufferkapazität in der Matrix vollständig vernichtet. Außerdem wird ein signifikanter Überschuss an freier Säure im System Immobilisat/Eluierungsmittel erzwungen, der wiederum die Zerstörung der gebildeten Mineralphasen zur Folge hat. Diese destruktive Vorgehensweise bedingt auch, dass bereits vor Beginn der eigentlichen Testphase eine völlig destabilisierte Matrix vorliegt.  
Zur Nachweisführung des Stabilisierungsgrades in immobilisierten Abfallstoffen sind dagegen Verfahren zur Ermittlung des Puffervermögens (= Säureneutralisierungskapazität (SNK)) sowie zur Bestimmung der Freisetzungskinetik in derartigen Matrizen bei gleichzeitiger Berücksichtigung relevanter Standortparameter, wie pH-Werte, CO<sub>2</sub>- und O<sub>2</sub>-Partialdrücke, Redoxpotentiale, Salzfrachten, gemittelter Regenwasseranfall im Jahr usw., optimal geeignet. Unter Zugrundelegung dieser vorgenannten Kennwerte lassen sich auch fundierte Abschätzungen zum bedeutsamen Langzeitverhalten von Immobilisaten vornehmen.

## **THESEN zur Immobilisierung von Abfallstoffen aus chemischer und mineralogischer Sicht - abgeleitet aus langjährigen Erfahrungswerten besteht dringlicher Handlungsbedarf für fachliche Korrekturen in der vorliegenden Verwertungsrichtlinie im Entwurf**

1. Die Immobilisierung von Abfallstoffen ist mit einem mehrstufigen Syntheseprozess vergleichbar. Abgesehen von den relevanten Behandlungsstufen „Aufbereitung“ und „Einstellung“ der prozess- bzw. reaktionsentscheidenden Grundparameter: pH-Level, Redoxpotential, Wasserkapazität usw. durchläuft die Immobilisierung im Wesentlichen drei Reaktionsphasen. Dieser für dieses spezielle Verfahren der Abfallbehandlung typische Prozessablauf wird dabei entscheidend durch die chemische Zusammensetzung, dem sogenannten Werkstoffdepot der jeweiligen Abfallmatrix beeinflusst. Die von den Matrixeigenschaften und dem Schadstoffprofil der Abfallstoffe ausgehenden Einflussnahmen sind dagegen vielfach nur von sekundärer Bedeutung. (s. Bild 1)
2. Die 1. Reaktionsphase beinhaltet die Wandlung von vorliegenden umweltrelevanten anorganischen und organischen Schadstoffen in einer Abfallqualität in unlösliche sowie in nicht toxische Verbindungen. Diese Schadstofftransformationen werden durch abgestimmte Dosierungen an Immobilisierungsadditiven, die über ein umfassendes Reaktionspotential verfügen, eingeleitet und bis zur Einstellung von nahezu irreversiblen Transformationsgleichgewichten realisiert. (s. Bild 2)  
Die stoffliche Zusammensetzung der zuzuführenden Additive und das einzustellende Konzentrationsverhältnis wird in vorgelagerten Rezepturversuchen, die in dem Zusammenhang noch weitere wichtige chemische sowie kristallchemische Eigenschaftsmerkmale zur jeweiligen Abfallmatrix zugrunde legen, ermittelt und präzisiert. (s. Bild 2.1)  
Andererseits tragen auch die im Werkstoffdepot vorliegenden oxidischen und anderen salzartigen Verbindungen in hohem Maße zur Schadstoffwandlung und -fixierung bei. Diese Immobilisierungsprozesse werden vielfach durch Hydratationsreaktionen eingeleitet.
3. Die zur Wandlung und Fixierung umweltrelevanter Schadstoffe angewendeten Reaktionsmechanismen lassen sich nicht nur auf Reaktionstypen, wie Chromatengiftungen, Neutralisationsreaktionen, Sulfidfällungen usw., zurückführen, sondern hierzu werden in Kenntnis der chemischen und physikalischen Merkmalwerte der Abfallmatrix zahlreiche anorganische bzw. organische Syntheseprozesse genutzt. Diese Immobilisierungsmechanismen zeichnen auch für die Transformation von gefährlichen Abfallstoffen in nicht gefährliche Matrizen verantwortlich. (s. Bild 3 u. 4)  
Die im Ergebnis der realisierten Transformationsprozesse gebildeten unlöslichen Reaktionsprodukte verfestigen sich sukzessive, wobei sie in unterschiedliche aber räumlich geordnete Mineralphasen kristallisieren. Mit dieser fortschreitenden Gefügeentwicklung und -verfestigung wird die II. Phase der Immobilisierung eingeleitet. Dieser komplexe Prozess von Mineralphasenum- und -neubildungen, der letztlich in der Realisierung einer Speichermineralmatrix endet, beschränkt sich in Verbindung mit der voranschreitenden Gefügeverdichtung dabei nicht nur auf den Zeitraum der Abfallbehandlung, sondern ist als ein stetiger Vorgang zu betrachten.

Hieraus folgt, dass der zeitabhängige progressive Verlauf der Gefügeverdichtung im gebildeten Speichermineralkomplex stetige Zunahmen der wesentlichen Festigkeitsparameter bedingt sowie die Permeabilität desselben kontinuierlich verringert. Diese bestehenden relevanten Wechselwirkungen erklären einerseits das zu vernachlässigende Auslaugvermögen derartiger Mineralkomplexe und fundieren andererseits hohe Bindungsstabilitäten zwischen den gewandelten Schadstoffen und dem gebildeten Mehrphasensystem. (s. Bild 1)

4. Die Wandlung von gefährlichen Abfallstoffen in nicht gefährliche Abfallstoffe und die hiermit korrespondierende weitere Stabilisierung der gebildeten Transformationsprodukte durch kristallchemische Vorgänge sind zwar als wesentliche Qualitätsmerkmale der Abfallimmobilisierung einzustufen, jedoch müssen in dem Zusammenhang noch weitere Kennwerte von gleichrangiger Bedeutung angeführt werden. Dies trifft im besonderen für die Pufferkapazität zu, die sich mit der Bildung der verschiedenen Mineralphasen sukzessive aufbaut. Im Zuge der Verfestigung, die sich in einer Verzahnung der gebildeten Mineralphasen äußert, verfügt der dadurch entstehende Speichermineralkomplex über ein z. T. extrem hohes OH-Ionendepot. Durch stetige Verfestigung der in diesem Mineralverband außerdem vorliegenden Porenflüssigkeiten wird dieses bedeutsame Depot weiter aufgestockt. Die vielfach im Speichermineral anzutreffenden klassischen Pufferkomponenten, wie  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  usw., besitzen dagegen nur ein bescheidenes Puffervermögen. Mit Hilfe dieses Depots können einerseits jederzeit auftretende Milieuänderungen im Immobilisat beispielweise durch freigesetzte Säureanteile (WORST-CASE-Situationen!) ohne signifikante pH-Änderungen und Stabilitätsverluste sicher und umgehend kompensiert werden. Von wesentlicher Bedeutung ist allerdings ihre Einflussnahme auf die Langzeitstabilität der bei der immobilisierenden Abfallbehandlung realisierten Speicherminerale. Dabei ist festzustellen, dass sich diese relevanten Kennwerte proportional zueinander verhalten. Aufgrund des vorliegenden hohen OH-Ionendepots in Immobilisatmatrizen ist somit auch ihre hohe Langzeitstabilität fundiert. Anstelle der Pufferkapazität kann auch die gleichwertige Säureneutralisierungskapazität (SNK) für derartige Langzeitstabilitätsbetrachtungen zugrunde gelegt werden. (s. Bild 5)
5. Angaben zu den vorgenannten Kennwerten bis hin zu Erhebungen der zu erwartenden Langzeitstabilitäten können unter Zugrundelegung langjähriger Erfahrungen zu dieser Problematik, die sich u. a. auf die Immobilisierung von mehr als 600.000 t Abfallstoffen mit begleitender Nachweisführung der erreichten Qualitätsmerkmale sowie Sanierungsziele stützen, folgende Testmethoden und Bewertungsverfahren als besonders geeignet empfohlen werden:
  - die Ermittlung der Freisetzungskinetik nach SCHOER & FÖRSTNER unter Berücksichtigung standortbezogener Einbauwerte (pH-Wert, Redoxpotential, Oberflächenwasseranfall, Salzfrachten und weitere Belastungswerte im Umfeld usw.) werden die Freisetzungspotentiale aus dem Vergleich von Bindungsformen der anwesenden signifikanten Schadstoffe vor und nach der realisierten immobilisierten Abfallbehandlung bestimmt. Zur Vermeidung eines stationären Gleichgewichts zwischen den gelösten und partikulären Verbindungen werden u. a. Ionenaustauscher in den Elutionskreislauf zur permanenten Entfernung mobiler Schadstofffrachten eingesetzt.

Die Grundlage für die Diskussion der Bindungsformen und -stabilitäten bildet eine vierstufige Auslaugungssequenz, die nach einer vorgegebenen Extraktionsfolge durchzuführen ist.

- Die Nachweisführung des Puffervermögens bzw. der Säureneutralisierungskapazität (SNK):

Mit Hilfe eines modifizierten  $\text{pH}_{\text{stat}}$  - Verfahrens wird das zu bewertende Material sowohl mit destilliertem Wasser als auch mit 0,1 N Säure eluiert. Der Eluationsvorgang ist dabei jeweils auf 60 Minuten festgelegt. Zur Abschätzung des Puffervermögens werden von den resultierenden Eluaten die pH-Werte „ $\text{pH}_0$  / Elution mit destilliertem Wasser“ bzw. „ $\text{pH}_x$  / Elution mit 0,1 N Säure“ aufgenommen, sowie in Gegenüberstellung derselben die mit dem Untersuchungsobjekt korrespondierende Säureneutralisierungskapazität (SNK) „ $\text{pH}_{\text{diff}}$ “ ermittelt. Danach kann dann die Zuordnung der getesteten Materialien vorgenommen werden, wobei im wesentlichen drei Kategorien zur Klassifizierung anstehen:

- $\text{pH}_{\text{diff}} < 2$  , gutes bis hohes Puffervermögen
- $\text{pH}_{\text{diff}} 2 - 4$  , mittelmäßige bzw. befriedigende Pufferkapazität
- $\text{pH}_{\text{diff}} > 4$  , schwach gepufferte Materialien bzw. unbefriedigendes Puffervermögen

Dieses Bewertungsverfahren verdient es hervorgehoben zu werden, da es nicht nur einfach und demzufolge sehr praktikabel ist, sondern mit geringsten analytischen Aufwendungen fundierte Ergebnisse zum jeweiligen OH-Depot bereitstellt.

- die Identifikation der vorliegenden kristallinen Phasen in einer Abfallmatrix vor und nach der sanierenden Behandlung. Hierzu bieten sich vor allem mikroanalytische sowie röntgenografische Untersuchungsmethoden an. Mit ihrer Hilfe können sowohl direkte Strukturanalysen an kristallinen Phasen gewährleistet als auch Bindungszustände und -stabilitäten zwischen den Schadstoffen vor bzw. nach ihren Transformationen sowie den bestehenden bzw. gebildeten Mineralphasen dargestellt werden. Eine umfassende Strukturaufklärung und -identifikation ermöglicht insbesondere die Anwendung von mikroanalytischen und röntgenografischen Verfahren in Kombination. Mit dieser apparativen Verflechtung lassen sich weitere tangierende Matrixeigenschaften und -effekte untersuchen sowie eingehend diskutieren.
- Erhebungen zur Langzeitstabilität über eine thermodynamische Gleichgewichtsbetrachtung

Grundlage für diese Erhebungen bilden umfassende Materialbilanzen. Ausgehend von umfangreichen Stoff- und Mengendaten zur Abfallmatrix vor und nach der Behandlung, die neben wichtigen Hintergrundbelastungen (pH-Werte, Redoxpotentiale, Salzfrachten usw.) auch das Eluatverhalten unter verschiedenen Bedingungen sowie die Pufferkapazitäten der zu charakterisierenden Materialien einschließen, können Gleichgewichtsberechnungen durchgeführt werden. Weitere hierzu benötigte Informationen über vorliegende und gebildete Testphasen in diesen Materialien können über mineralogische Untersuchungen bereitgestellt werden. Die mit Hilfe der vorgenannten Stoffdaten zugänglich bzw. berechenbaren Gleichgewichtszustände im System „Abfallstoff“ erlauben einerseits eine fundierte Darstellung und Beschreibung des zeitlichen Verlaufs der Langzeitstabilität in diesen Materialien. Andererseits können aus der möglichen Gegenüberstellung der berechneten und gemessenen Stoffdaten wichtige Rückschlüsse auf die Güte der zum jeweiligen Zeitpunkt abgelaufenen Fixierungs- und Mineralisierungsprozesse im behandelten Abfall gezogen werden. (s. Bild 6 bis Bild 8)

6. Die Immobilisierung als eine wesentliche Verfahrensalternative zur Schadstoffentgiftung von industriellen und militärischen Rückständen wird seit über 25 Jahren genutzt. Grundlegende Arbeiten hierzu gehen auf LOHS und MARTINETZ zurück. Mit ihren umfassenden Ergebnissen konnten sie zweifelsfrei belegen, dass die angewendeten Immobilisierungsmechanismen sich ausschließlich auf chemische Syntheseprinzipien stützen, wobei zahlreiche Reaktionstypen z. T. in Kombination angewendet werden können. Die Bedeutung der Mineralisierungsvorgänge bei der Schadstoffentgiftung durch die immobilisierende Behandlung wurde allerdings zu diesem Zeitpunkt nicht erkannt.

Diese außerordentliche Bedeutung mineralogischer Prozesse bei der Schadstoffwandlung und -fixierung wurde erst in den 90iger Jahren fundiert. In dem Zusammenhang sind vor allem die Arbeitskreise der Deutschen Gesellschaft für Kristallographie hervorzuheben, die mit ihren zahlreichen Beiträgen, Studien und vertiefenden Forschungsarbeiten die entsprechenden Voraussetzungen und wesentlichen Grundlagen dafür geschaffen haben. Wertvolle Untersuchungsergebnisse konnte insbesondere der Arbeitskreis 15 „Mineralogische und Technische Kristallographie“ zu dem mit der Immobilisierung sehr stark korrespondierenden Themenkreis – Speicherminerale - bereitstellen, wobei einerseits die Bildungswege dieser Mineralphasenkomplexe sowie andererseits die kristallchemische Fixierung von Schadstoffkationen und -anionen die Forschungsschwerpunkte darstellen. In Verbindung mit der Schadstofffixierung in industriellen Rückständen durch Speichermineralbildung wurden durch diesen Arbeitskreis Mineralphasen wie Ettringit, Calciumsilikathydratphasen, Lamellare Metall – Metall – Hydroxysalze, Hydrotalkit u. a., die im Ergebnis von hydraulischen Reaktionen gebildet werden, identifiziert und hinsichtlich ihrer bemerkenswert hohen Immobilisierungseffekte und -kapazitäten charakterisiert. Anhand von Studien und vorliegenden Untersuchungsergebnissen konnte außerdem belegt werden, dass u. a. die lamellaren Metall – Metall – Hydroxidsalze in der Lage sind, umweltrelevante Schwermetalle, Anionen und vor allem auch organische Schadstoffverbindungen dauerhaft aufzunehmen.

Die fundierten Nachweise, dass

- die mineralischen Abfallstoffe z. T. aus reaktiven und inerten Mineralphasen bestehen,

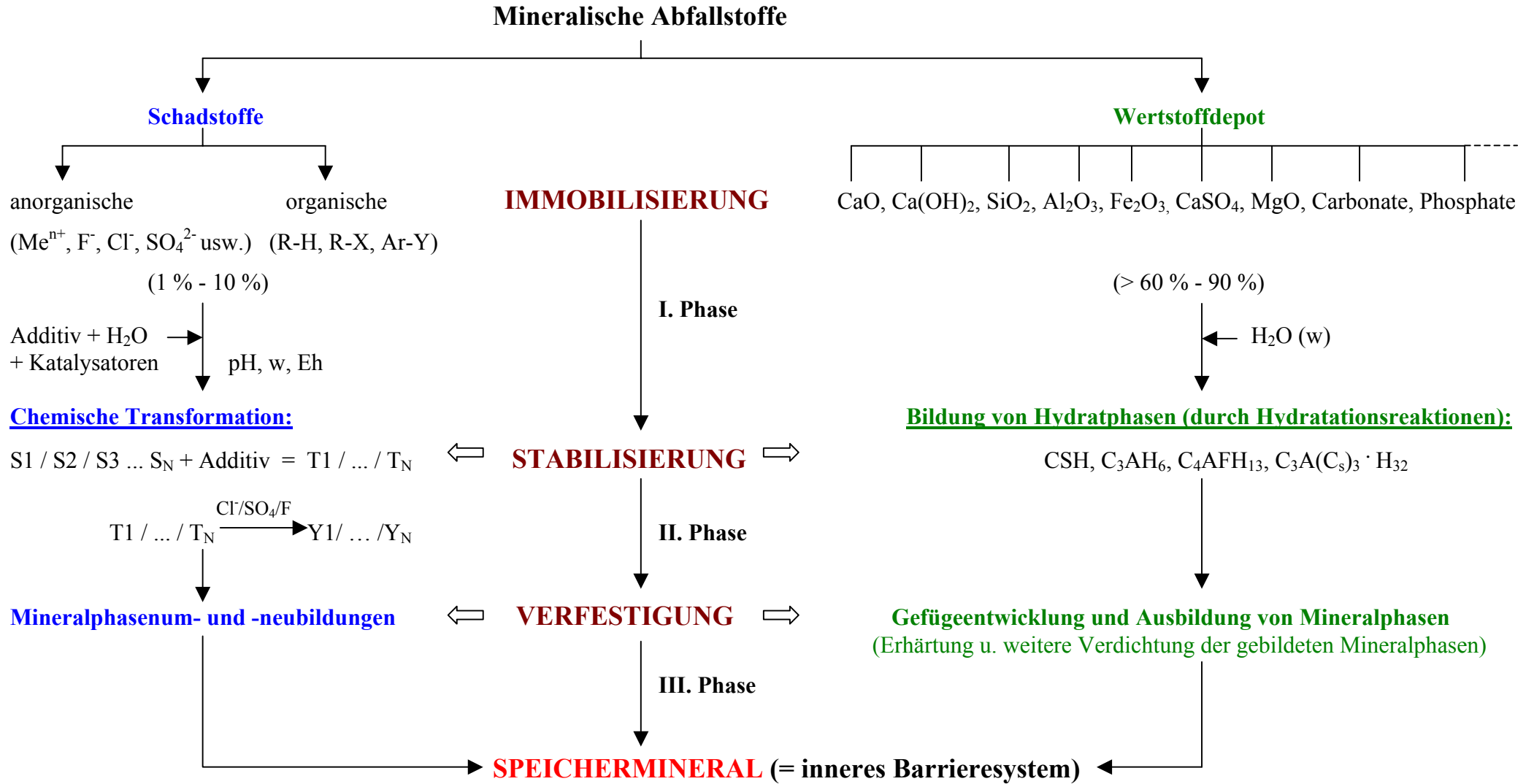
- insbesondere die reaktiven Mineralphasen durch stofflich abgestimmte Additivzuführung zu Mineralneubildungen umgesetzt werden,
- die Mineralneubildungen als Speicherminerale für ökotoxikologische Stoffe wirken und daher auch deponietechnisch von größter Bedeutung sind,
- die mit Braunkohlenflugasche immobilisierten Abfallstoffe hohe Stabilitäten auch bei niedrigen pH – Werten aufweisen, die auf die dabei initiierte Bildung des Anionenspeicherminerals – Hydrotalkit – zurückzuführen ist;
- durch eine umfassende Charakterisierung der jeweiligen Immobilisierungsreaktanden „Abfallmatrix bzw. Additiv“, die u. a. wesentliche Ergebnisse zum Schadstoffprofil, zur chemischen Zusammensetzung derselben, sowie zu ihrem mineralogischen Aufbau bereitstellt, essentielle Voraussetzungen geschaffen werden für die Präzisierung optimaler Behandlungsrezepturen,

sind als weitere wichtige Belege zu werten, die zusammen genommen die immobilisierende Behandlung von belasteten Abfallstoffen in einer ganz anderen Qualität erscheinen lassen. Damit werden die Kritiker zu diesem Abfallbehandlungsverfahren in die Pflicht genommen ihre zumeist auf nicht nachvollziehbaren Argumenten basierenden Standpunkte zu überprüfen und den Meinungs austausch auf vorwiegend fachlicher Grundlage fortzusetzen.

Da zu dem die umfangreichen Ergebnisse aus dem Bereich der technischen Kristallographie weitestgehend mit den Erfahrungswerten der Anwender der Immobilisierung zur Abfallbehandlung und -entsorgung übereinstimmen, sollten sich gerade die zuständigen Fachbehörden im Umweltbereich, die für die Erarbeitung von Gesetzesvorlagen und Verordnungen verantwortlich zeichnen, intensiv mit diesen zugänglichen neuen Forschungsergebnissen auseinandersetzen sowie in Auswertung derselben ihr fachlich gestörtes Verhältnis zu dieser effizienten und sehr wirtschaftlichen Behandlungsalternative von industriellen bzw. kommunalen Abfallstoffen korrigieren.

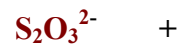
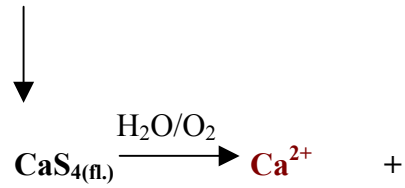
Bild 1

**Grundsätzliche Abläufe bei der immobilisierenden Abfallbehandlung**

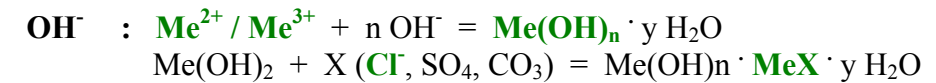
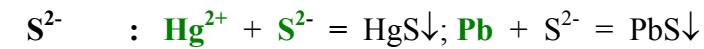
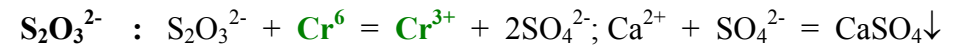
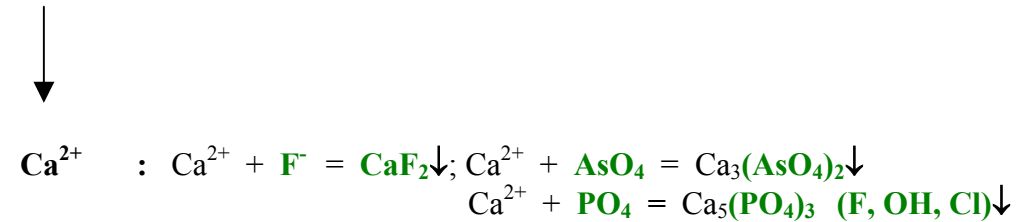


**Beispiel zur IMMOBILISIERUNG**

Additive zur Schadstofftransformation:



IMMOBILISIERUNGSMECHANISMEN:



↓  
 laminare Metall-Metallhydroxiphasen

↓  
**SPEICHERMINERAL**

Bild 2.1

# Essentielle Grundlagen zur Immobilisierung von Abfallstoffen

## Charakterisierung der Abfallmatrix

- Prüfberichte vom Abfallerzeuger
- LAGA-Ergebnisse im Feststoff
- Elutionsvermögen nach TASI-Richtlinie
- GC-MS Screening zur Nachweisführung der org. Schadstoffverbindungen
- Chemische Zusammensetzung der Matrix sowie Fundierung des Wertstoffdepots
- Sequentielle Extraktion
- Kristallografische Untersuchungen

## Zusammenfassung und Diskussion der Untersuchungsergebnisse

## Ableitung von Immobilisierungsrezepturen



## Präzisierung der schadstoffangepassten Immobilisierungsrezepturen und Festlegung des Behandlungsablaufes im Anlagenbereich für die jeweilige Abfallqualität

## **IMMOBILISIERUNGSMECHANISMEN**

gemäß Anhang 3, Arbeitsentwurf – VO Verwertung  
von Abfällen auf Deponien –

→ **CHROMATENGIFTUNG**

→ **CYANIDENTGIFTUNG**

→ **DEHALOGENIERUNG** von aromatischen und aliphatischen Kohlenwasserstoffverbindungen

→ **NEUTRALISATION** von Säuren bzw. Laugen

→ **SULFIDFÄLLUNG**

## **Tatsächliche bzw. praktizierte IMMOBILISIERUNGSMECHANISMEN bei der Abfallbehandlung**

### für anorganische Schadstoffe

- **Redoxreaktionen**
- **Hydratationsreaktionen**
- **Isomorphe Substitutionen**
- **Hydrolytische Spaltung**
- **Fixierungen an nicht gebundenen freien  $\text{Ca}^{2+}$**
- **Indirekte + direkte Ettringitbildung**
- **Reaktionen mit freier Kieselsäure**
- **Adsorption**
- **Neutralisationsfällung**
- **Verbindungsbildung**
- **Simultanfixierung**
- **Chemisorption**
- **Fixierungsreaktionen an Schichtsilicaten mit Kanalstruktur**
- **Gezielte Bildung von sekundären Speichermineralien**
- **Reaktive Kombination zwischen primären und sekundären Speichermineralen**
- **Zementation**

### für organische Schadstoffe

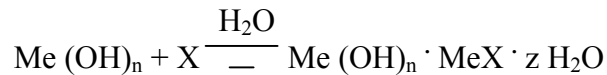
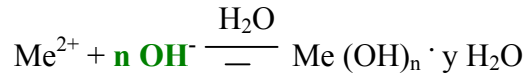
- **Mineralisierung unter Druck- und Temperatureinwirkung (sog. Kalte Verbrennung)**
- **Fixierung an Silicatstrukturen (primäre + sekundäre Speicherminerale) über stabile Nebenvalenzbindungen**
- **AOP - Reaktionen (z. B. FENTON-Reaktion)**
- **Radikalreaktionen**
- **Elektrophile + nucleophile Substitutionsreaktionen**
- **Polykondensations- und Polymerisationsreaktionen**
- **Kupplungsreaktionen**
- **Absorption**
- **Chemisorption**
- **Fixierungsreaktionen an Schichtsilicaten**
- **DMCR – Prozesse**

Bild 5

**PUFFERKAPAZITÄT – SÄURENEUTRALISIERUNGSKAPAZITÄT – LANGZEITSTABILITÄT**

**IMMOBILISIERUNG**

**Chemische Schadstoffixierung (STABILISIERUNG):**



X = Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, F<sup>-</sup> usw.

**Mineralphasenbildung / Kristallisation (VERFESTIGUNG):**

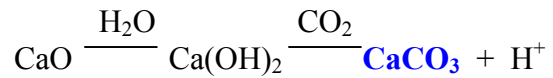


Me<sub>4</sub>[M<sub>2</sub>(OH)<sub>12</sub>] [X · z H<sub>2</sub>O]  
laminare Metall-Metallhydroxisalze

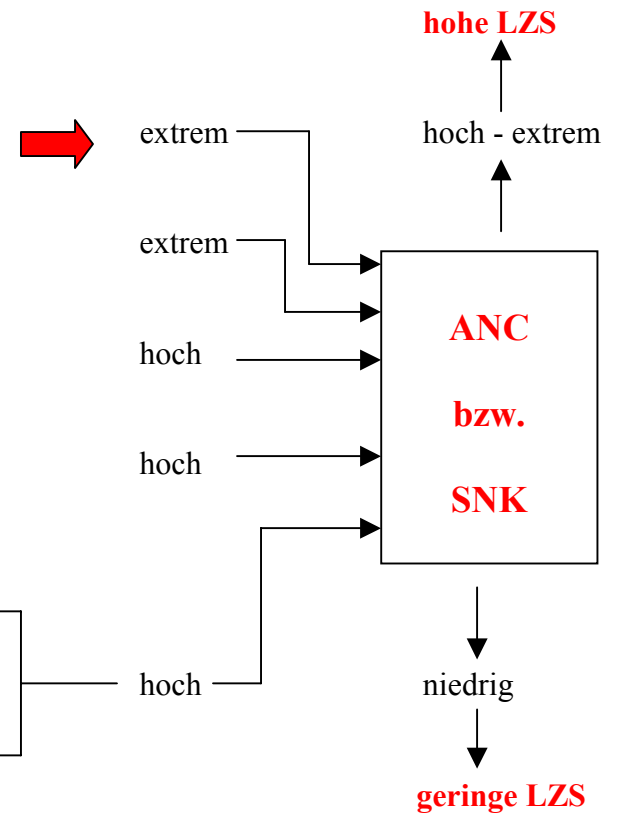
Ca<sub>6</sub>[Al<sub>2</sub>(OH)<sub>12</sub> · 24 H<sub>2</sub>O] [SO<sub>4</sub>, (OH)<sub>2</sub>] · z H<sub>2</sub>O  
modifizierte Ettringitstruktur

Me<sub>8</sub>[M<sub>4</sub>O<sub>24</sub>] · [(OH)<sub>4</sub>]<sub>2</sub>  
Mineralphasen mit Sodalithstruktur

Me<sub>4</sub>M<sub>6</sub> [(XO<sub>4</sub>)<sub>y</sub>] / (OH)<sub>2</sub>  
Silicosulfat – Apatitstrukturen



**PUFFERMERMÖGEN:**



**VERFAHREN bzw. TESTS ZUR NACHWEISFÜHRUNG DER LANGZEITSTABILITÄT (LZS)**

**VERFAHREN:**

- **SOSUV**  
(van der Sloot, 1984)  
Säulentests, Kaskadenschütteltest
- **FREISETZUNGSKINETIK**  
nach Schoer & Förstner, 1987  
  
unter Berücksichtigung der Parameter pH, Eh, °C, Salzfracht
- **DEV - S4**
- **pH - stat - Test** nach Obermann & Cremer, 1992
  - EW 98 S
  - EW 98 T
  - EW 98 p

**Potentielle und einfache BEWERTUNGS-VERFAHREN:**

$$pH_{diff.} = pH_o - pH_x$$

- $pH_{diff.} < 2$  (I)
- $pH_{diff.} 2 - 4$  (II)
- $pH_{diff.} > 4$  (III)

$$R = \frac{CaO + MgO}{SO_3 + 0,04 \cdot Al_2O_3}$$

- $R < 1,1 \rightarrow pH < 7,0$
- $R < 2,2 \rightarrow pH = 7,0 - 10,0$
- $R < 2,2 \rightarrow pH > 10,0$

**MINERALPHASEN-ANALYTIK:**

- **Mikrosonde**
- **REM**
- **Röntgendiffraktometrie**
- Röntgen-Photonen-Spektroskopie (XPS)
- Elektronenspinresonanz-Spektroskopie (ESR)

**THERMODYNAMISCHE GLEICHGEWICHTSBE-RECHNUNGEN:**

**MATERIAL-BILANZEN**

ANC  
Jahresmittel „Regen“  
+ pH, Eh



**LZS**  
(in Jahren)

Bild 7

# ERHEBUNGEN ZUM LANGZEITVERHALTEN IN IMMOBILISIERTEN ABFALLSTOFFEN

- Analysen vor und nach Behandlung
- Ergebnisse zur chem. Zusammensetzung
- Schadstoffprofil
- Eluatuntersuchungen
- Freisetzungskinetik
- Sequentielle Extraktion
- Mineralogische Charakterisierung
- Identifikation von Pufferkomponenten
- Bewertung der SNK

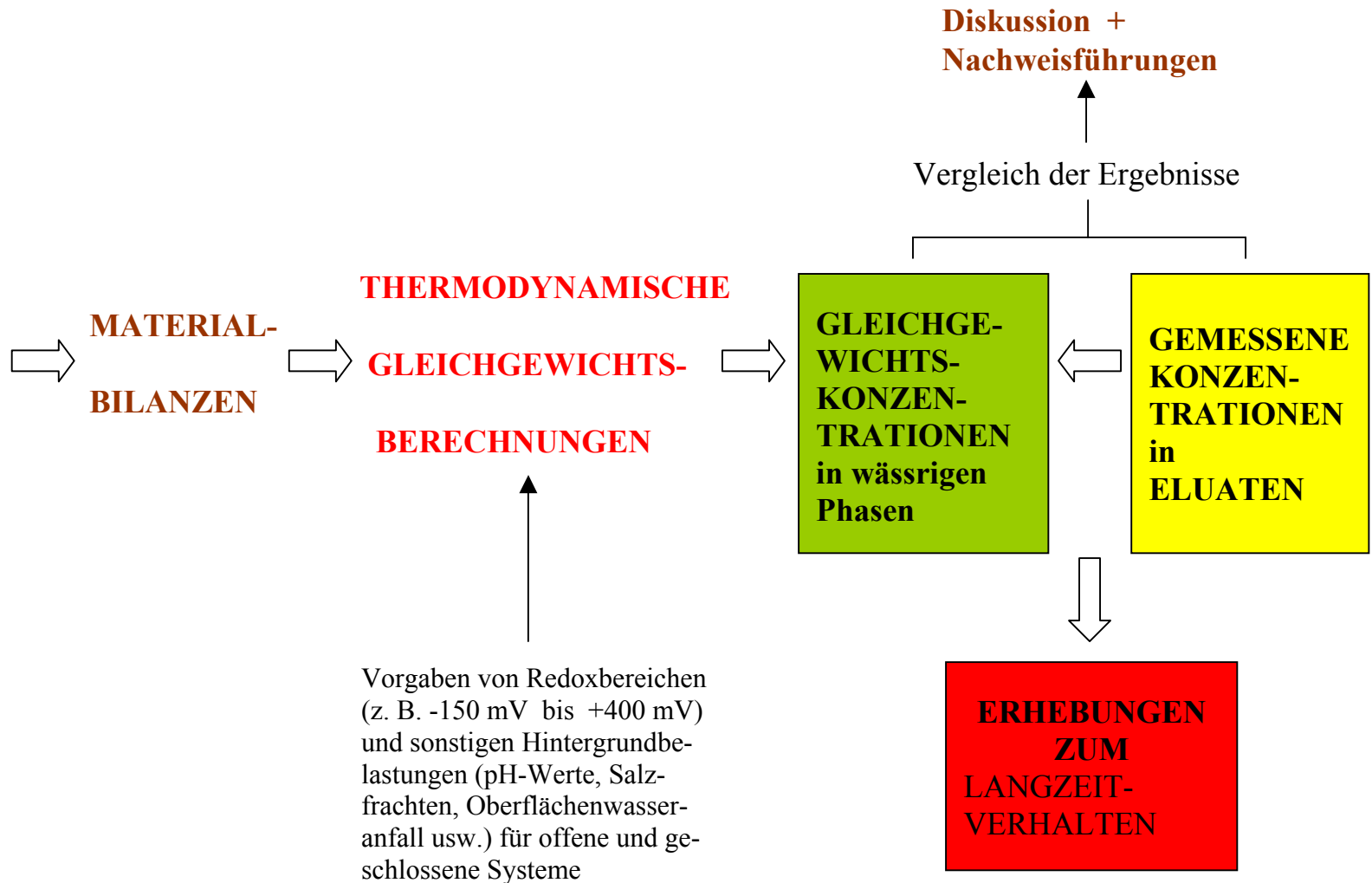
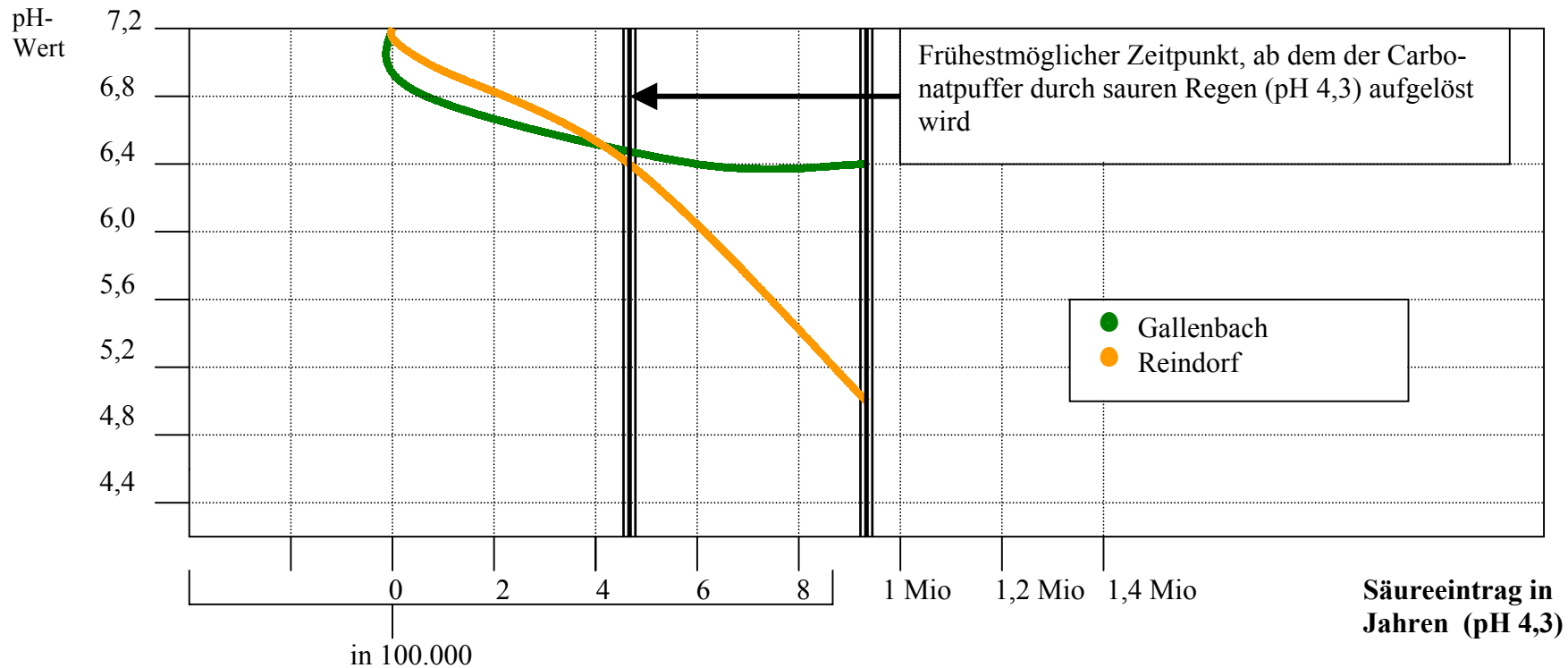
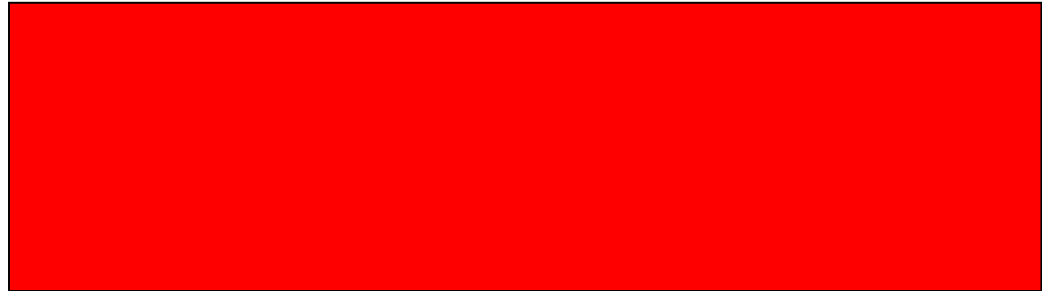


Bild 8

**Bedeutung des Puffervermögens von mineralisierten bzw. immobilisierten Abfallstoffen auf die Langzeitstabilität und ihre sichere Ablagerung in Deponiebereichen über Tage (abgeleitet aus thermodynamischen Gleichgewichtsbetrachtungen und -berechnungen zu zwei Sonderfalldeponien)**

**Ausgangssituation:**  $\text{CO}_2$  – Partialdruck =  $10^{-3,5}$   
 $\text{O}_2$  – Partialdruck =  $10^{-62}$   
 Eh = -150 mV bis +400 mV  
 pH = 7,5 – 8,5  
 (aus Sickerwasseruntersuchungen)  
 Jahresmittel - Regen - = 650 mm  
 Jahresmittel - Regen - = 650 mm



# **Die Anforderungen für die Verwertung von Abfällen auf Deponien im Lichte gemeinschaftsrechtlicher Vorgaben**

**Dr. W. Klett, Köhler & Klett Rechtsanwälte, Köln**

## **1. Einleitung**

Die Ausführungen gehen zugleich der Frage nach, ob die Bundesrepublik Deutschland der Entsorgung von Abfällen weitere Schwierigkeiten in der vermeintlichen Wahrnehmung einer Vorreiterrolle auferlegt, wie z. B. durch TA Siedlungsabfall bzw. AbfAbIV, AltholzV oder GewAbfV.

Das bereits unübersichtliche Deponierecht soll um eine weitere Verordnung ergänzt werden. Neben TA Siedlungsabfall und TA Abfall, Abfallablagerungsverordnung und Deponieverordnung soll eine Deponieverwertungsverordnung treten (Stand des Entwurfs: 08.12.2003 – DepVV-E -).

Im Zusammenhang mit dem Vollzug des neuen Deponierechts sind bei einer Reihe von Deponien Stilllegungsmaßnahmen durchzuführen. Dabei stellt sich aktuell immer wieder die Frage, in welchem Maße für die Vollendung der Deponie Abfälle zur Verwertung Verwendung finden können. Ziel des Ordnungsgebers ist es dabei, dass Stilllegungsmaßnahmen keine Fortführung des Deponiebetriebs mit anderen Mitteln darstellen dürfen.

Insoweit bedarf es der Beantwortung der Frage, ob es sich bei einer Maßnahme im Einzelfall um eine solche handelt, die zur Ablagerung gehört oder eine solche, die als Stilllegungsmaßnahme dem Bau einer einzelnen Einrichtung auf einer Deponie gilt.

Damit ist erneut zu klären, ob in einer Beseitigungsanlage Verwertungsmaßnahmen auch unter Berücksichtigung gemeinschaftsrechtlicher Vorgaben möglich sind.

Im Folgenden sollen die Ausführungen gegliedert werden nach Ermächtigungsgrundlagen, Anwendungsbereich und Begriffsbestimmungen der Deponieverwertungsverordnung – DepVV-E – (Abschnitt 2.1), nach grundsätzlichen Anforderungen an Bauersatzmaterial (Abschnitt 2.2) sowie nach Überwachung und In-Verkehrbringen solcher Materialien (Abschnitt 2.3).

## **2. Hauptteil**

### **2.1 Ermächtigungsgrundlage, Anwendungsbereich und Begriffsbestimmungen**

Ermächtigungsgrundlage, Anwendungsbereich und Begriffsbestimmungen enthalten Regelungen, denen Bedeutung für die Beantwortung der Abgrenzungsfrage zukommt.

#### **2.1.1 Ermächtigungsgrundlage und Begriffsbestimmungen**

Der Entwurf der Deponieverwertungsverordnung wird u. a. auf § 7 Abs. 1 Nr. 1 KrW-/AbfG gestützt.

Danach können Anforderungen an die Kreislaufwirtschaft, insbesondere zur Sicherung der schadlosen Verwertung, aufgestellt werden. Nach Nr. 1 kann die Einbindung oder das Verbleiben von bestimmten Abfällen in Erzeugnissen nach Art, Beschaffenheit und Inhaltsstoffen beschränkt werden.

Soweit der Einsatz von Abfällen auf Deponien zur Verwertung vorgesehen ist, kann auf eine Ermächtigung der Kreislaufwirtschaft zurückgegriffen werden. Fraglich ist allerdings, inwieweit diese Ermächtigung, gerichtet auf den Verbleib von Abfällen in Erzeugnissen, einschlägig ist. Dann müsste das Bauersatzmaterial, an dessen Zusammensetzung Anforderungen nach der Deponieverwertungsverordnung gestellt werden, Erzeugnis im Sinne von § 7 Abs. 1 Nr. 1 KrW-/AbfG sein.

Bei Bauersatzmaterial handelt es sich nach § 2 DepVV-E um Materialien, die unter Verwendung von Abfällen und unter Nutzung ihrer bauphysikalischen Eigenschaften für deponietechnische Zwecke und nur in dem dazu erforderlichen Umfang eingesetzt werden, und die darüber hinaus erforderliche Rohstoffe ersetzen sollen. Soweit allerdings die Verwendung von Abfall zur Herstellung von Bauersatzmaterial angesprochen ist, können auch andere Materialien Verwendung finden, insbesondere sekundäre Rohstoffe im Sinne der ersten Alternative in § 4 Abs. 3 Satz 1 KrW-/AbfG. Nach dem Wortlaut der Begriffsbestimmung für Bauersatzmaterial wird jedoch für Abfälle auf die Nutzung ihrer bauphysikalischen Eigenschaften abgestellt (zweite Alternative in § 4 Abs. 3 Satz 1 KrW-/AbfG). Mit der Substitution von Rohstoffen wird weiter Anleihe bei der Definition der stofflichen Verwertung genommen. Bauersatzmaterial wird also u. a. unter Verwendung von Abfall hergestellt, im übrigen im wesentlichen unter Verwendung von Rohstoffen. Insoweit können hergestellte Deponiebaustoffe auch Erzeugnisse sein.

Jedoch findet sich in der Begründung zum Verordnungsentwurf der Hinweis, dass die Verordnung nur für Bauersatzmaterial gilt, wenn die dafür eingesetzten Materialien Abfälle sind (vgl. Begründung zu § 1 Abs. 1, Seite 4). Dies hat zur Folge, dass die Verordnung nicht für Bauersatzmaterial Anwendung findet, soweit es sich bei den zu dessen Herstellung eingesetzten Stoffen nicht um Abfall handelt, sondern um Erzeugnisse.

In diesem Fall würde allerdings die Anwendung der Ermächtigungsgrundlage aus dem Bereich der Kreislaufwirtschaft problematisch erscheinen.

Des Weiteren ist hinsichtlich der Ermächtigungsgrundlage auf § 7 Abs. 3 KrW-/AbfG Bezug genommen worden. Durch diese Regelung können Verfahren zur Überprüfung der in Absatz 1 festgelegten Anforderungen durch Verordnung bestimmt werden. Bestehen jedoch schon hinsichtlich der Beschränkung des Verbleibens von bestimmten Abfällen in Erzeugnissen Bedenken an der Ermächtigungsgrundlage, gilt dies erst recht für § 7 Abs. 3 KrW-/AbfG.

Die weitere Ermächtigungsgrundlage soll in § 36 c Abs. 1 Nr. 3 KrW-/AbfG gesehen werden. Danach können die in Deponien zur Ablagerung gelangenden Abfälle bestimmten Anforderungen unterworfen werden. Bei der Verwertung von Abfällen auf Deponien handelt es sich allerdings nicht um Maßnahmen zu deren Ablagerung im Rahmen der Beseitigung.

Mithin verbleibt als einzig in Betracht zu ziehende Ermächtigungsgrundlage § 7 Abs. 1 Nr. 4 KrW-/AbfG. Danach können für bestimmte Abfälle bei deren Verwertung Voraussetzungen an das In-Verkehrbringen geregelt werden. Allein diese Ermächtigungsgrundlage erscheint einschlägig für den Erlass von Anforderungen an Bauersatzmaterial, nicht jedoch für die weitergehenden Regelungen der Deponieverwertungsverordnung.

### **2.1.2 Anwendungsbereich und Begriffsbestimmungen**

Mit den Regelungen zum Anwendungsbereich in § 1 Abs. 1 DepVV-E sind alle Maßnahmen der Verwertung erfasst, die in bestimmten Deponiebereichen, z. B. in dem Ablagerungsbereich, unter Verwendung von „Bauersatzmaterial“ erfolgen dürfen. Durch die Bezugnahme auf diese Begriffsbestimmung wird abschließend bestimmt, welche Maßnahmen im Rahmen der Abfallverwertung als zulässig angesehen werden sollen. Durch die Rechtsprechung des Europäischen Gerichtshofs sei der nationale Gesetzgeber insoweit gebunden (vgl. Begründung zu § 2, Seite 5). Deswegen werde davon ausgegangen, dass im Sinne der Konkretisierung einer schadlosen Verwertung auf oberirdischen Deponien rechtsverbindlich die zulässigen Verwertungsmaßnahmen bestimmt werden können. Dabei wird für das Verbringen von Abfällen auf Deponien eine Regelvermutung aufgestellt (vgl. Begründung, Seite 2).

Im Einzelnen wird die Beschränkung des Anwendungsbereichs in § 1 Abs. 1 DepVV-E in der Begründung zum Verordnungsentwurf damit erläutert, dass außer in den genannten 5 Anwendungsfällen Abfälle in einer Deponie nicht sinnvoll, ordnungsgemäß und schadlos verwertet werden können.

Eine abschließende Definition der auf Deponien zugelassenen Verwertungsverfahren lässt sich allerdings mit dem EG-Recht nicht vereinbaren. Weder in der Abfallrahmenrichtlinie (Richtlinie 75/442/EWG vom 15.7.1975) noch in der EG-Abfallverbringungsverordnung (Verordnung EWG Nr. 259/93 vom 1.2.1993) ist bestimmt, wie die Begriffe Beseitigung und

Verwertung von Abfällen anzuwenden sind. Insoweit hat der Europäische Gerichtshof die Aufgabe übernommen, diese Lücke durch seine Rechtsprechung zu füllen. In diesem Zusammenhang ist auch die Rechtssache ASA (Urteil vom 27.2.2002, Rs.C-6/00) von Bedeutung. In Rdn. 69 wird ausgeführt, entscheidendes Merkmal einer Abfallverwertungsmaßnahme sei,

„dass ihr Hauptzweck darauf gerichtet ist, dass die Abfälle eine sinnvolle Aufgabe erfüllen, in dem sie andere Materialien ersetzen, die für diese Aufgabe hätten verwendet werden müssen, wodurch natürliche Rohstoffquellen erhalten werden können.“

Dieses Kriterium wurde in den EuGH-Entscheidungen vom 13.2.2003 (Rs.C-228/00 und Rs.C-458/00) bestätigt. Damit entspricht es gefestigter Rechtsprechung, dass diese in der ASA-Entscheidung aufgestellte so genannte Substitutionsformel maßgeblich für die Abgrenzung zwischen Verwertung und Beseitigung ist. Deswegen ist unter Anwendung dieses Kriteriums zu beurteilen, ob es sich über die abschließend genannten Verwertungsmaßnahmen auf Deponien hinaus im Einzelfall um eine Verwertung von Abfällen handeln kann.

Gemeinschaftsrechtlich problematisch erscheint weiter, dass für die Verbringung von Abfällen auf Deponien von einer Regelvermutung auszugehen sein soll, nämlich dass es sich daher vorrangig um Abfälle zur Beseitigung handele (vgl. Begründung, Seite 2). Nach der Entscheidung des EuGH vom 13.2.2003 (Rs.C-458/00) ist jedoch zwischen dem Hauptzweck der Anlage und dem Hauptzweck des fraglichen Vorgangs unterschieden worden (Rdn. 39 und 40). Der Einschätzung der Kommission, dass der Zweck der Anlage kein relevantes Kriterium für die Einstufung der Verbringung von Abfällen darstellt, ist der EuGH lediglich mangels hinreichender Darlegungen und Nachweise nicht gefolgt (Rdn. 38 und 44). Für die Bestimmung des Hauptzwecks einer Maßnahme als Verwertung oder Beseitigung hat der EuGH jedoch hinreichende Kriterien aufgestellt (Rdn. 31 bis 34).

Auch in der Rechtsprechung des BVerwG findet sich bereits ein Hinweis dafür, dass gerade die Vermeidungs- bzw. Entsorgungsreihenfolge der Annahme einer Vermutungsregel zugunsten der Kategorie der Abfallbeseitigung widerspräche (BVerwG, Urteil vom 15.6.2000-3 C4/00, NVwZ 2000, 1178, 1179).

Im Ergebnis lässt sich damit der Anwendungsbereich der Deponieverwertungsverordnung durch abschließend bestimmte Verwertungsmaßnahmen nicht festlegen. Vielmehr sind sämtliche Maßnahmen im Rahmen einer Verwertung von Abfällen auch auf Deponien zulässig, welche die Kriterien einhalten, die durch die Rechtsprechung des EuGH dazu aufgestellt worden sind.

## **2.2. Grundsätzliche Anforderungen an Bauersatzmaterial (§§ 3-8 DepVV-E)**

### **2.2.1 Zuordnungswerte für die verschiedenen Deponiebereiche im jeweils unvermischten Abfall (§§ 4-8 DepVV-E)**

Die Anforderung, dass Zuordnungswerte nach Anhang 1 für die Herstellung von Bauersatzmaterial im unvermischten Abfall einzuhalten sind, ist gleichbedeutend mit einem faktischen Vermischungsverbot. Danach wäre es nicht einmal zulässig, chemisch reaktive Veränderungen in Abfällen durch Zugabe von Wasser herbeizuführen.

Diese Anforderung weicht von den Vorgaben in Artikel 5 Abs. 4 Deponie-Richtlinie ab. Danach ist nämlich lediglich die Verdünnung oder Vermischung von Abfällen mit dem alleinigen Ziel, die Abfallannahmekriterien zu erfüllen, verboten. Insoweit handelt es sich um ein relatives Vermischungsverbot, das im Zusammenhang mit anderen Zwecken gemeinschaftsrechtlich nicht zur Anwendung gelangt.

Soweit der nationale Gesetzgeber mit dieser Anforderung in der Deponieverwertungsverordnung von der gemeinschaftsrechtlichen Vorgabe in Artikel 5 Abs. 4 Deponie-Richtlinie abweichen will, ist dies nur unter den Voraussetzungen von Artikel 176 EG zulässig. Dazu müsste es sich um eine verstärkte Schutzmaßnahme bei der Anforderung handeln, dass die bestimmten Zuordnungswerte bereits im unvermischten Abfall einzuhalten sind. Als verstärkte Schutzmaßnahme kommen jedoch lediglich Maßnahmen eines gleichgerichteten Schutzinstrumentariums in Betracht (siehe Grabitz/Nettesheim in: Grabitz/Hilf, Recht der Europäischen Union, Loseblattsammlung, Stand: Erg. Lfg. April 2003, Artikel 130 t, Rdn. 13). Mit der Anforderung der Einhaltung bestimmter Zuordnungswerte werden jedoch bestimmte Behandlungsverfahren, wie z. B. die Immobilisierung, ausgeschlossen, ohne dass der Deponierichtlinie insoweit eine besondere Zielrichtung zu entnehmen wäre. Die Bedenken in gemeinschaftsrechtlicher Hinsicht bleiben danach bestehen.

Zugleich stellt eine solche Anforderung in der Deponieverwertungsverordnung auch eine Abweichung von § 6 Abs. 7 DepV und § 3 Abs. 4 AbfAbIV dar. Danach ist nämlich eine Vermischung von Abfällen zur Erreichung höherer Festigkeitswerte zulässig. Fraglich könnte in rechtlicher Hinsicht lediglich sein, ob die höhere Festigkeit auch durch z. B. Immobilisierung erreicht werden kann.

Im Zusammenhang mit der Verwertung von Abfällen ist jedenfalls zu beachten, dass nach § 5 Abs. 2 Satz 4 KrW-/AbfG auch die Getrennthaltung von Abfällen nur ein relatives Gebot darstellt (vgl. BVerwG, Urteil vom 15.6.2000 a.a.O., Seite 1179). Deswegen werden Getrennthaltungsgebote im Zusammenhang mit der Verwertung von Abfällen auf Deponien nicht weiterreichen können, als im Gesetz selbst.

## **2.2.2 Anforderungen an stabilisierte und verfestigte Abfälle.**

### **2.2.2.1 Zuordnung von Abfällen zu Abfallschlüsseln nach AVV**

Der wesentliche Regelungsgehalt von § 3 Abs. 2 in Verbindung mit Anhang 3 DepVV-E könnte den amtlichen Anmerkungen zur Abfallgruppe 1903 „Stabilisierte und verfestigte Abfälle“ der Entscheidung der Kommission für ein Abfallverzeichnis entnommen sein. Dabei ist die Entscheidung der Kommission nach unserer Kenntnis auf Initiative der Bundesrepublik Deutschland, insbesondere des Umweltbundesamtes dahingehend ergänzt worden, dass Stabilisierungs- bzw. Verfestigungsprozesse eine begriffliche Erläuterung erfahren haben. Diese Erläuterung erscheint aber aus verschiedenen Gesichtspunkten fehlerhaft.

Die inhaltliche Ausfüllung des Begriffs „Stabilisierung“ durch die amtliche Anmerkung setzt voraus, dass dadurch die Gefährlichkeit der Bestandteile des Abfalls geändert und sich somit gefährlicher in nicht gefährlichen Abfall umwandeln lässt. Es ist jedoch festzustellen, dass gefährliche Eigenschaften im Sinne von § 3 Abs. 3 AVV auch unterhalb der definierten Merkmale verändert werden können. Dies bedeutet, dass eine Stabilisierung von Abfällen auch dann vorliegt, wenn gefährliche Bestandteile nichtgefährlicher Abfälle eine entsprechende Veränderung erfahren.

Darüber hinaus scheint naturwissenschaftlich-technisch fehlerhaft, dass Maßnahmen zur Behandlung von Abfällen nicht lediglich zwischen Stabilisierung und Verfestigung unterschieden werden können. Zum Beispiel bedeutet Immobilisierung, sowohl Verfestigung als auch Stabilisierung.

Hierzu wird Herr Dr. Schmidt als Korreferent weitere Ausführungen im Bezug auf den naturwissenschaftlich-technischen Zusammenhang machen. Er ist dafür als Chemiker prädestiniert.

Mithin ist festzustellen, dass die in § 3 Abs. 2 DepVV-E vorgenommene Zuordnung von Abfällen nach den amtlichen Anmerkungen in der Entscheidung der Kommission über ein Abfallverzeichnis einer Änderung bedarf, mithin einer Anpassung an die tatsächlichen naturwissenschaftlich-technischen Gegebenheiten. Dies gilt entsprechend für die fehlerhafte Entscheidung der Kommission über ein Abfallverzeichnis. Anderenfalls könnte die Nichtigkeit der Entscheidung der Kommission durch den EuGH festgestellt werden.

### **2.2.2.2 Festlegung der Verfahren zur Stabilisierung**

Die Anlage 3 enthält Angaben über Verfahren zur vollständigen Umwandlung von Abfällen. Diese Verfahren sind offensichtlich nicht abschließend aufgeführt. Dies bedeutet jedoch, dass andere Verfahren auf der Grundlage einer Einzelfallprüfung ebenfalls geeignet sein können.

Auch hier ist eine Ergänzung des Korreferenten Dr. Schmidt vorgesehen.

Soweit Verfahren der Stabilisierung bei organischen Stoffen ausgeschlossen werden sollen, kann dies einer eingehenden naturwissenschaftlich-technischen Prüfung ebenfalls nicht standhalten.

Entsprechend ist zu diesen Ausführungen eine Ergänzung des Korreferenten Dr. Schmidt vorgesehen.

### **2.2.2.3 Untersuchungsverfahren $\text{pH}_{\text{stat}}$**

Das ausschließlich vorgeschriebene Verfahren zur Untersuchung verfestigter bzw. stabilisierter Abfälle ist nicht geeignet, die durch Behandlungsverfahren erreichte erhöhte Festigkeit von Abfällen, auch mittels der Immobilisierung, nachzuweisen. Denn mit Hilfe dieses Untersuchungsverfahrens wird wertvolle Pufferkapazität in den chemischen Verbindungen zerstört, die bei der Immobilisierung gerade von Bedeutung ist.

An dieser Stelle übergebe ich das Wort meinem Korreferenten, Herrn Dr. Schmidt.

Im Ergebnis ist festzustellen, dass tendenziell die grundsätzlichen Anforderungen für verfestigte oder stabilisierte Abfälle in § 3 DepVV-E eine Einschränkung bei den zulässigen Verfahren bedeutet, die sich weder rechtlich, noch logisch oder naturwissenschaftlich-technisch rechtfertigen lässt.

## **2.3 Überwachung und In-Verkehrbringen**

### **2.3.1 Emissionsüberwachung und Abfallkataster**

In Artikel 12 Satz 1 der Deponie-Richtlinie ist eine Emissionsüberwachung nur bei Deponien im Rahmen der Betriebsphase vorgesehen. Eine entsprechende Regelung enthält § 9 DepV. Danach ist die Emissionsüberwachung im Zusammenhang mit Errichtung und Betrieb von Deponien geregelt.

Soweit die Verwertung von Abfällen auf Deponien im Zusammenhang mit deren Errichtung und Betrieb steht, bedarf es keiner nochmaligen Regelung von Emissionsüberwachung und Abfallkataster.

Soweit jedoch die Verwertung von Abfällen auf Deponien im Rahmen der Stilllegungsphase ansteht, reichen die grundsätzlichen Anforderungen nach § 3 Abs. 4 und 5 DepVV-E über die gemeinschaftsrechtlichen und die abfallgesetzlichen Vorgaben hinaus. Dabei ist festzustellen, dass die Deponieverwertungsverordnung nicht auf § 36 c Abs. 2 KrW-/AbfG gestützt wird,

um nachträgliche Verschärfungen im Verhältnis zu bestehenden Planfeststellungsbeschlüssen vornehmen zu können.

Entsprechendes gilt für die Dokumentation des eingesetzten Bauersatzmaterials. Auch insoweit soll die Führung eines Abfallkatasters entsprechend § 10 Abs. 2 DepV beachtet werden. Eine solche Regelung enthält weder Artikel 12 a i. V. m. Anhang III Ziffer 5 Deponierichtlinie noch § 10 Abs. 2 DepV für die Stilllegungsphase.

### **2.3.2 In-Verkehrbringen**

Nach § 10 DepVV-E wird die Zulässigkeit des In-Verkehrbringens von Bauersatzmaterial auf die Zuführung von Abfällen zu Anlagen und zu Deponien beschränkt, welche die zuvor genannten Anforderungen nach §§ 3-9 DepVV-E einhalten.

Unerwähnt bleibt hingegen, wie Bauersatzmaterial zu behandeln ist, das in Übereinstimmung mit den gemeinschaftsrechtlichen Bestimmungen über die Abfallverbringung in einem anderen Mitgliedsstaat zum Einsatz gelangen soll. Insoweit bedarf es des Hinweises, dass die Bestimmungen der EG-Abfallverbringungsverordnung unberührt bleiben.

Fraglich ist bisher nämlich, ob ein Exportverbot unter Hinweis auf höhere innerstaatliche Entsorgungsstandards durch entsprechenden Einwand der zuständigen Behörde aus dem Herkunftsland nach gemeinschaftsrechtlichen Vorgaben als zulässig erachtet werden kann (vgl. OVG Rheinland-Pfalz Vorlagebeschluss vom 3.7.2002, DVBl. 2002, 1436). Dazu steht eine Entscheidung des EuGH voraussichtlich noch in diesem Jahr an.

## **3. Zusammenfassung**

Im Ergebnis lassen sich zu den wesentlichen Anforderungen der Deponieverwertungsverordnung nicht zu vernachlässigende rechtliche und naturwissenschaftlich-technische Bedenken anführen, welche eine gründliche Überarbeitung des VO-Entwurfs erforderlich machen. Deswegen sind Veranstaltungen wie diese zu begrüßen, um die fachliche Diskussion darüber anzuregen und deren Ergebnisse bis in das Gesetzgebungsverfahren vordringen zu lassen.