

Immobilisierung

Ein Sanierungsverfahren mit wachsender Akzeptanz

Helmuth Hradetzky*

1. Einführung

Wer heute in Ballungszentren oder auf alten Industriestandorten baut, muss sich in der Regel mit dem Problem von Altlasten bzw. kontaminierten Böden auseinandersetzen.

Häufig erfolgt eine Sanierung solcher Standorte mittels Bodenaustausch. Dabei werden die belasteten Böden entweder auf Deponien beseitigt oder ggf. nach entsprechender Behandlung einer Verwertung zugeführt. Die bekanntesten Verfahren sind:

- Beseitigung durch Deponierung
- Verwertung nach thermischer Behandlung
- Verwertung nach Bodenwäsche
- Verwertung nach biologischer Behandlung

Daneben gibt es gerade in jüngster Zeit vor dem Hintergrund knapper Kassen Bestrebungen, durch "in-situ Techniken" Kosten zu senken. Beispielhaft erwähnt seien hier:

- Elektrokinetische Verfahren
- Biologische "in-situ Verfahren"
- Thermisch unterstützte Bodenluftabsaugung
- Reaktive Wände

Während die meisten der vorgenannten Sanierungsmethoden i.d.R. ein jeweils sehr begrenztes Schadstoffspektrum erfassen, können durch **Immobilisierungsverfahren** häufig mehrere - sowohl organische als auch anorganische - Schadstoffe gleichzeitig behandelt werden. Gleichwohl wurden Immobilisierungsverfahren in der Vergangenheit eher zurückhaltend beurteilt. In den letzten Jahren hat aber ganz offensichtlich ein Umdenken stattgefunden.

* Dr. Helmuth Hradetzky
SRS Deponiebau GmbH
Karl-Seckinger-Str. 41
76229 Karlsruhe
Tel./Fax.: 0721/94652-0 / -20
E-mail: hradetzky@bvv-srs.de
Internet: www.immobilisierung.de

Mit der vorliegenden Ausarbeitung soll dargelegt werden, dass vor dem Hintergrund aktueller Gesetzgebung die Akzeptanz für diese Sanierungsvariante wächst. Belegt werden kann dies durch Erfahrungen der SRS Deponiebau GmbH, die seit 1995 ca. 1 Million Tonnen Bodenmaterial durch Immobilisierung erfolgreich aufbereitet und dem Markt als Baustoff wieder zur Verfügung gestellt hat.

2. Immobilisierungsvarianten

Bereits vor etwa 10 Jahren, als man noch am Anfang der Entwicklung heute gängiger Sanierungsverfahren stand, wurde auch schon die Möglichkeit diskutiert, Altlasten und Schadensfälle zu sanieren, in dem Schadstoffe aus dem Boden nicht entfernt, sondern derart fixiert werden, dass deren Austrag (vor allem ins Grundwasser) weitgehend unterbunden wird. Diese Überlegungen resultierten in zahlreichen z.T. wissenschaftlichen Studien und Veröffentlichungen, von denen hier nur einige wenige erwähnt werden sollen.

Im "Handbuch Altlasten und Grundwasserschadensfälle - IMMOBILISIERUNG VON SCHADSTOFFEN IN ALT- LASTEN, 1994" der LfU Baden-Württemberg wurden die unterschiedlichen Immobilisierungstechniken anschaulich beschrieben und die wichtigsten Zuschlagstoffe und Reagenzien vorgestellt.

Etwa zeitgleich erschien eine Arbeitshilfe des Ingenieurtechnischen Verbandes Altlasten e.V. mit dem Titel "SCHADSTOFFEINBINDUNG DURCH VERFESTIGUNG ALS MÖGLICHKEIT DER IMMOBILISIERUNG". Darin werden in knapper Form die wichtigsten behandelbaren Schadstoffe und Prüfanforderungen genannt.

Schließlich seien noch die "MITTEILUNGEN DER LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT ABFALL (LAGA) 20 - ANFORDERUNGEN AN DIE STOFFLICHE VERWERTUNG VON MINERALISCHEN RESTSTOFFEN/ABFÄLLEN - TECHNISCHE REGELN, 1995,1997" erwähnt, in denen der Immobilisierung von pechhaltigem Straßenaufbruch mehrere Seiten gewidmet wurden.

Im genannten LfU-Handbuch werden vier Hauptwirkungsmechanismen der Immobilisierung beschrieben, die sich i.d.R. abhängig von den vorhandenen Schadstoffen und den zugegebenen Reagenzien überlagern bzw. ergänzen können. Dies sind:

- physikalische Einkapselung (Unterbindung der Wasserinfiltration)
- chemischer Einbau (Atomersatz im Kristallgitter)
- Fällung (Reduzierung der Löslichkeit von z.B. Schwermetallen durch pH-Wert Änderung)
- Sorption/Ionenaustausch (Anlagerung an elektrisch geladene Oberflächen)

Um diese Wirkungsmechanismen in Gang zu setzen, werden bei der Immobilisierung dem verunreinigten Boden Bindemittel und Additive zugesetzt. Dabei werden folgende Unterscheidungen getroffen:

Anorganische Bindemittel

- hydraulische Bindemittel und Puzzolane (z.B. Zement, Flugasche)
- nicht hydraulische Bindemittel (z.B. Kalk, Gips)

Organische Bindemittel

- Thermoplaste (z.B. Bitumen, Bitumenemulsion)
- Polymere (z.B. Epoxidharze, Polyethylen)

Additive

- Fällungsmittel (z.B. Sulfide, Wasserglas)
- Adsorbentien (z.B. Ton, Zeolithe)

3. Aktuelle Entwicklungen

Mögliche Ursachen der eher zögerlichen Anwendung der Immobilisierungstechnik in der Vergangenheit waren zum einen das Fehlen der gesetzlichen Rahmenbedingungen und zum anderen die Unkenntnis über das Verfahren als solches. Des Weiteren wurden von Behördenseite häufig Zweifel an der Langzeitstabilität von Immobilisaten aufgeworfen. Zwischenzeitlich gibt es speziell zu dieser Thematik diverse Publikationen sowie unveröffentlichte Studien, die eine dauerhafte Einbindung der behandelten Schadstoffe nachweisen und die Möglichkeiten für entsprechende Prüfungen aufzeigen.

3.1 Rechtlicher Rahmen

3.1.1 Bundesbodenschutzgesetz

In der Bundesrepublik Deutschland wurde zum 1. März 1999 ein länderübergreifendes Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG) eingeführt. In diesem Gesetz wird die **Sicherung** von Altlasten der **Dekontamination** gleichgestellt.

BBodSchG § 4, Abs. 3, Satz 1b-2:

*"Der... Grundstückseigentümer und der Inhaber der tatsächlichen Gewalt über ein Grundstück sind verpflichtet, den Boden und Altlasten ... so zu sanieren, dass dauerhaft keine Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für den einzelnen oder die Allgemeinheit entstehen. Hierzu kommen bei Belastungen durch Schadstoffe neben Dekontaminations- auch **Sicherungsmaßnahmen** in Betracht, die eine Ausbreitung der Schadstoffe langfristig verhindern."*

Damit hat die Anwendung der Immobilisierung, die ebenfalls als Sicherungsmaßnahme verstanden wird, in der Altlastensanierung eine rechtliche Grundlage erhalten.

3.1.2 Entwicklungen in den Bundesländern

Baden-Württemberg hat für den Umgang mit teerhaltigem Straßenaufbruch eine Verwaltungsvorschrift erlassen, auf deren Grundlage seit 1993/1994 Immobilisierung im Straßenbau konsequent angewendet wird. Allein die SRS Deponiebau GmbH hat in dieser Zeit bei mehr als 20 solcher Baumaßnahmen im on-site Verfahren rund 50.000 t Teeraufbruch zu hydraulisch gebundenen Tragschichten verarbeitet.

Ähnliche Vorschriften bzw. Verfügungen gibt es ebenfalls schon seit langem z.B. in **Brandenburg** (1994), **Niedersachsen** (1995) und **Hessen** (1996).

Dass die Immobilisierung von teerhaltigem Straßenaufbruch - auch wenn dieser bei den Altlasten natürlich eine Sonderstellung einnimmt - in den Mitteilungen der **Länderarbeitsgemeinschaft Abfall 20 (LAGA)** breiten Eingang gefunden hat, wurde bereits erwähnt. Darüber hinaus wird im Abschnitt 6.2 dieser Mitteilungen ausdrücklich auf die generelle Möglichkeit der Schadstoffeinbindung durch chemische Umsetzung in Reststoffen bzw. Abfällen zur Verwertung hingewiesen.

Sachsen-Anhalt ist das erste Bundesland, das über die Behandlung von teerhaltigem Straßenaufbruch hinaus eine "RICHTLINIE FÜR DIE ZULASSUNG UND ÜBERWACHUNG DER ENTSORGUNG VON IMMOBILISATEN, 2000 (IMMOBILISIERUNGSRICHTLINIE)" erlassen hat. Immobilisierung im Sinne dieser Richtlinie ist "das Herabsetzen der Bioverfügbarkeit von Schadstoffen in Abfällen als Folge der Einschränkung ihrer Beweglichkeit durch chemisch-physikalische Vorgänge".

Die Richtlinie regelt unter anderem die Zulässigkeit von Einbauorten für Immobilisate (z.B. Standorte ohne sensible Nutzung, Grundwasserflurabstand >1m), die Nachweis- und Dokumentationspflicht sowie Umfang und Inhalt von Eignungs- und Kontrollprüfungen (z.B. Elution gemäß DEV S4 für Schüttgüter und gemäß Trogverfahren für betonähnliche Immobilisate, nutzungsabhängige Druckfestigkeiten zwischen 0,05 und 2 MN/m², Durchlässigkeitsbeiwerte <10⁻⁸ m/s).

In **Bayern** fand im Mai 2001 ein Altlastensymposium statt, bei dem ein Themenblock den Titel trug: "IMMOBILISIERUNG, SANIERUNGSTECHNOLOGIE MIT ZUKUNFT?". In sämtlichen Einzelbeiträgen wurde signalisiert, dass die Immobilisierung sehr wohl eine Zukunft hat. Insbesondere wurde in einem Beitrag aus dem Bayerischen Landesamt für Umweltschutz (LfU) herausgestellt, dass neben der Verankerung im Bundesbodenschutzgesetz auch in weiteren Regelwerken auf die Immobilisierung direkt oder indirekt Bezug genommen wird (AbfAbIV, TASI, LAGA 20).

Derzeit arbeiten das bayerische LfU und das Bayerische Landesamt für Wasserwirtschaft (LFW) an einem Bewertungsmaßstab, mit dem die Wirksamkeit und der Qualitätsstandard der Immobilisierung landeseinheitlich geprüft werden können. Dadurch könnten bisherige Vorbehalte gegen diese Sanierungstechnik abgebaut werden. Als Klärungsbedarf werden insbesondere die Überprüfung des Langzeitverhaltens, die Festlegung von Schadstoffobergrenzen des zu behandelnden Materials, die Festlegung des maximalen Anteils und des ggf. vorhandenen Schadstoffgehalts der Zuschlagstoffe sowie Festlegungen zu möglichen Einbauorten genannt.

3.2 Das Langzeitverhalten

Eine von Vertretern der Genehmigungsbehörden häufig gestellte und durchaus berechtigte Frage ist die nach der Dauerhaftigkeit der Schadstoffeinbindungen. Bleibt mein Schadstoff fünf, fünfzig oder fünftausend Jahre sicher eingebunden?

Auf einem Symposium zum Thema Immobilisierung wurde von einem Vertreter der LfU Baden-Württemberg der durchaus berechtigte Standpunkt vertreten, dass Immobilisate nicht geologischen Zeiträumen gerecht werden müssten. Immobilisatbauwerke werden, wie alle anderen Bauwerke auch, nur eine endliche Lebensdauer besitzen. Vor dem Hintergrund aktueller Standzeiten von Betonbauwerken, die in der Regel deutlich unterhalb von 100 Jahren liegen, macht es wenig Sinn an die Standzeit von Immobilisaten höhere Anforderungen zu stellen.

Seit einigen Jahren werden augenscheinlich von der öffentlichen Hand verstärkt finanzielle Mittel bereitgestellt, um das Langzeitverhalten von Immobilisaten zu erforschen. Daraus resultierten zwischenzeitlich erste Veröffentlichungen, die für eine ganze Reihe von Schadstoffen ein dauerhaft sicheres Einbindeverhalten bescheinigen.

So kommt eine vom Bundesministerium für Wirtschaft geförderte Studie (SCHADSTOFFLANGZEITAUSLAUGUNG VON VERFESTIGUNGSPRODUKTEN, WASSER UND ABFALL 11/2001) zum Schluss, dass bei der Immobilisierung mit hydraulischen Bindemitteln Schadstoffe wie **Pb, Cd, Cu, Ni, Zn, Tl, Co** sehr gut eingebunden werden. Für **Cr_{VI}** und **Cyanide** wurden ebenfalls noch gute bis befriedigende Ergebnisse erzielt, während sich **As** in dieser Studie als schwierig erwies. Die Untersuchungen zum Einbindeverhalten von **MKW** waren zum Zeitpunkt der Publikation der Studie noch nicht abgeschlossen.

In einer durch die SRS Deponiebau GmbH in Auftrag gegebenen Studie wurden darüber hinaus auch die Beständigkeit der Schadstoffeinbindung von **Hg** und insbesondere den als Umweltgift weit verbreiteten **PAK** untersucht und nachgewiesen. Weitere detaillierte Untersuchungen bestätigten auch die nachhaltige und dauerhafte Einbindung von **PCB** und bahntypischen **Herbiziden** wie Atrazin, Bromacil, Propazin, Simazin und Diuron.

4. Beispiele erfolgreicher Immobilisierungen

4.1 Das Immobilisierungsverfahren der SRS Deponiebau GmbH

Die SRS Deponiebau GmbH setzt die Immobilisierung seit 1993 erfolgreich in der Altlastensanierung und im Verkehrswegebau ein. In diesem Zeitraum wurden ca. 1.000.000 t belasteter Bodenaushub und Bau-schutt mit Hilfe mobiler Aufbereitungstechnik behandelt und als umweltverträglicher Baustoff für die unterschiedlichsten Anwendungen bereitgestellt.

Beim Immobilisierungsverfahren der SRS Deponiebau GmbH werden dem zu behandelnden Material i.d.R. hydraulische Bindemittel und, abhängig vom Schadstoffspektrum und den Anforderungen der Einbaustelle, weitere Zuschlagstoffe und Additive zugegeben. Grundlage jeder Behandlung bildet eine umfangreiche Eignungsprüfung, bei der die Dosierung des Bindemittels und der Zuschlagstoffe ermittelt und der optimale Wassergehalt festgelegt werden.

Nachfolgend werden einige Beispiele der unterschiedlichen Einsatzmöglichkeiten für Immobilisate vorgestellt.



Abb. 1 Herstellung des Dammes für die ICE-Trasse Karlsruhe-Basel aus Immobilisat

4.2 Standardanwendungen

Immobilisat ist als hochwertiger mineralischer Baustoff optimal verdichtbar und wird gerne eingesetzt

- als Dammbaustoff im Straßen- und schienengebundenen Verkehrswegebau (Abb. 1)
- als Fundationsmaterial im Hochbau (Abb. 2)
- als Kern von Lärmschutzwällen
- zur Versiegelung von Altstandorten

Darüber hinaus kann die Immobilisierung zur Konditionierung von Abfällen (z.B. Schlämmen, Stäuben) eingesetzt werden. Dadurch werden diese überhaupt erst ablagerungsfähig und die Einhaltung von Grenzwerten der jeweiligen Entsorgungsanlagen werden sichergestellt.



Abb. 2 Immobilisat als Fundationschicht im Hochbau

4.3 Spezialanwendungen

Neben diesen durchaus bekannten Anwendungen ist es der SRS Deponiebau GmbH gelungen, selbst aus unqualifizierten Böden

- Frostschuttschichten und
- hydraulisch gebundene Tragschichten (HGT, Abb. 3)

im Verkehrswegebau herzustellen.

Der nicht zu unterschätzende wirtschaftliche Vorteil bei der Immobilisierung tritt besonders dann in Erscheinung, wenn bei Baumaßnahmen in kontaminierten Bereichen benötigte Baustoffe durch Immobilisat ersetzt werden können. In diesen Fällen werden neben den Entsorgungskosten auch die Kosten für den Einkauf der entsprechenden Materialien eingespart.



Abb. 3 Einbau von Immobilisat als hochwertige HGT im Straßenbau

5. Zusammenfassung und Ausblick

Mit den vorliegenden Ausführungen sollte verdeutlicht werden, dass Immobilisierung in der Altlastensanierung eine ernsthafte Variante darstellt und sich hinter anderen Dekontaminations- und Sicherungstechnologien nicht verstecken muss. Neben dem zwischenzeitlich vorliegenden rechtlichen Rahmen ist die wesentliche Voraussetzung für eine erfolgreiche Anwendung dieser Technologie, die Einbindung in ein Qualitätssicherungskonzept, bei dem der Schwerpunkt auf einer im Vorfeld jeder Maßnahme durchzuführenden Eignungsprüfung liegt.

Durch die Immobilisierung können heute zunehmend hochwertige Baustoffe im Erd- und Verkehrswegebau substituiert und dadurch wirtschaftliche Gesamtlösungen erzielt werden. Wurden Immobilisate früher überwiegend in Lärmschutzwällen und im Bereich von Monodeponien eingesetzt, sind inzwischen sehr vielfältige und deutlich anspruchsvollere Anwendungen bekannt. Dadurch rücken bereits als wirtschaftlich unrealisierbar eingestufte Projekte wieder in den Bereich der Machbarkeit. Dies gewinnt vor dem Hintergrund zunehmend knapper werdender öffentlicher Kassen immer mehr an Bedeutung.