

TAB

BÜRO FÜR **T**ECHNIKFOLGEN-**A**BSCHÄTZUNG
DES DEUTSCHEN **B**UNDESTAGES

Rheinweg 121 • W-5300 Bonn 1 • Telefon: (02 28) 23 35 83 • Telefax: (02 28) 23 37 55 • Teletex: 2627-2283682 = TAB

J. Jörissen
M. Socher
R. Meyer

Dezember 1993

TA-Projekt

„Grundwasserschutz und Wasserversorgung“

Teilbericht

**„Vorsorgestrategien zum Grundwasserschutz
für den Bausektor“**

TAB-Arbeitsbericht Nr. 17 - Teilbericht II

Bitte beachten Sie:

Der vorliegende Endbericht ist vom auftraggebenden Ausschuß für Forschung, Technologie und Technikfolgenabschätzung formal abgenommen und zur Veröffentlichung freigegeben worden.

Der Ausschuß behält sich eine politische Stellungnahme in Abstimmung mit den von der Thematik betroffenen Fachausschüssen vor.

TA-Projekt "Grundwasserschutz und Wasserversorgung"

Untersuchungsauftrag des TAB

Im Mai 1990 beschloß der Ausschuß für Forschung, Technologie und Technikfolgenabschätzung des Deutschen Bundestages, vom TAB eine Technikfolgen-Abschätzung zum Problembereich "Grundwasserschutz und Wasserversorgung" durchführen zu lassen, um die Informationsbasis für die Beratungs- und Entscheidungsprozesse des Parlaments in diesem Politikfeld zu verbessern.

Grundwasser trägt entscheidend zur (Trink-)Wasserversorgung bei und ist ein wesentlicher Bestandteil des Wasserhaushalts und vieler Ökosysteme. Die zentrale Fragestellung dieses TA-Projektes ist, wie die Ressource Grundwasser zu schützen und die Wasserversorgung langfristig zu sichern ist.

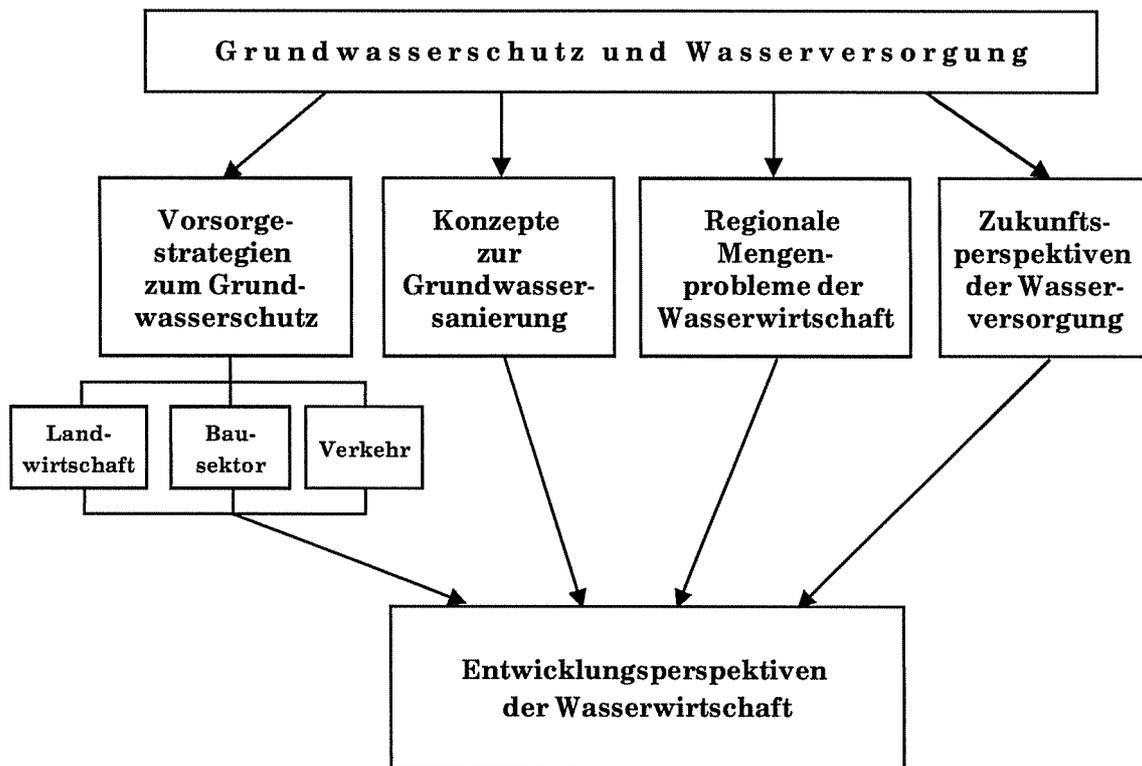
Die Qualität des Grundwassers - vor allem der oberflächennahen Grundwasserleiter - ist in der Bundesrepublik Deutschland mittlerweile in besorgniserregendem Ausmaß gefährdet. Zur Belastung des Grundwassers tragen insbesondere Industrie, Landwirtschaft und Verkehr bei. Grundwassergefährdungen gehen außerdem von vielen Altlasten aus. Während die diffusen, großflächigen Grundwasserverunreinigungen in der Regel nur durch langfristig angelegte Vorsorgemaßnahmen behoben werden können, erfordern punktförmige Verunreinigungen aus Altlasten und aktuellen Schadensfällen Grundwasseranierungen. Die rechtlichen Anforderungen, die Bestimmung der Sanierungsziele und die Finanzierung von Sanierungen werfen dabei erhebliche Probleme auf.

In der alten Bundesrepublik Deutschland haben bei der mengenmäßigen Wasserversorgung bisher allenfalls regionale Engpässe bestanden. Durch die neuen Bundesländer hat sich diese Situation grundlegend verändert. Hier ergeben sich aufgrund der ungünstigen hydrologischen Voraussetzungen auch Probleme beim Wasserdargebot, die durch gravierende Verunreinigungen der für die Trinkwasserversorgung nutzbaren Wasserressourcen verschärft werden. Dies gilt insbesondere für die großen Grundwasserdefizitgebiete in Mitteldeutschland und in der Lausitz, die durch den Braunkohlentagebau entstanden sind. Quantitäts- und Qualitätsprobleme sind folglich eng verknüpft. Sanierung und Aufbau der Wasserversorgung in den neuen Bundesländern stellt für die Wasserwirtschaft eine besondere Herausforderung dar. Schließlich wird der politische Gestaltungsspielraum in Deutschland für den Bereich Grundwasserschutz und Wasserversorgung künftig zunehmend von europäischen Vorgaben abhängen.

Für das TA-Projekt "Grundwasserschutz und Wasserversorgung" wurden in Übereinstimmung mit den Berichterstattungen des Ausschusses für Forschung, Technologie und Technikfolgenabschätzung folgende Untersuchungsschwerpunkte festgelegt:

- Verhinderung zukünftiger Grundwasserverunreinigungen - Vorsorgestrategien zum Grundwasserschutz;
- Behebung schon eingetretener Grundwasserverunreinigungen - Konzepte zur Grundwasseranierung;
- Regionale Mengenprobleme der Wasserwirtschaft - Grundwasserdefizitgebiete durch Braunkohlenbergbau in den neuen Bundesländern;
- Sicherstellung der Wasserversorgung - Zukunftsperspektiven der Wasserversorgungswirtschaft.

Bei den Vorsorgestrategien zum Grundwasserschutz wurde ein verursacherbezogener Untersuchungsansatz gewählt. Untersuchungen zu den Vorsorgestrategien wurden durchgeführt für die Bereiche Landwirtschaft sowie Bausektor (exemplarisch für Industrie und Gewerbe). Außerdem wurde eine Problemanalyse zum Bereich Verkehr erarbeitet. Den Gesamtaufbau der Studie veranschaulicht die nachstehende Graphik.



Berichterstattung

TAB schließt das Projekt Grundwasserschutz und Wasserversorgung mit folgenden Berichten ab:

Zusammenfassender Endbericht: Entwicklungsperspektiven der Wasserwirtschaft

Teilberichte:

- Vorsorgestrategien zum Grundwasserschutz für den Bereich Landwirtschaft (Teilbericht I)
- Vorsorgestrategien zum Grundwasserschutz für den Bausektor (Teilbericht II)
- Problemanalyse zum Grundwasserschutz im Verkehrssektor (Teilbericht III)
- Grundwassersanierung (Teilbericht IV)
- Grundwasserdefizitgebiete durch Braunkohlentagebau in den neuen Ländern (Teilbericht V)
- Zukunftsperspektiven der Wasserversorgung (Teilbericht VI)

**J. Jörissen
M. Socher
R. Meyer**

Dezember 1993

**TA-Projekt
"Grundwasserschutz und Wasserversorgung"**

**Teilbericht II
"Vorsorgestrategien zum Grundwas-
serschutz für den Bausektor"**

INHALT

	Seite
Zusammenfassung	1
1. Einführung	8
1.1 Problemaufriß	8
1.2 Zielsetzung des Teilberichts und Vorgehensweise	16
2. Grundwasserrelevante Stoffeigenschaften ausgewählter Bauprodukte	18
2.1 Beton	22
2.2 Holzschutzmittel	33
2.3 Baugrundinjektionsmittel	37
2.4 Geosynthetische Werkstoffe	43
2.5 Lacke und Anstrichmittel	49
2.6 Fazit	55
3. Grundwassergefährdungspotentiale im Bausektor	56
3.1 Grundwassergefährdungspotentiale während der Bauphase	56
3.2 Grundwassergefährdungspotentiale während der Nutzungsphase von Bauwerken	60
3.2.1 Beton	61
3.2.2 Holzschutzmittel	64
3.2.3 Baugrundinjektionsmittel	66
3.2.4 Geosynthetics	68
3.2.5 Lacke und Anstrichmittel	69
3.3 Grundwassergefährdungspotentiale während der Postnutzungsphase	70
3.4 Fazit	75

	Seite
4. Rechtliche Aspekte eines vorsorgenden Boden- und Grundwasserschutzes im Bausektor	76
4.1 Umweltrecht	76
4.1.1 Gefahrstoffrecht	77
4.1.2 Wasserrecht	84
4.1.3 Immissionsschutzrecht	87
4.1.4 Abfallrecht	88
4.1.5 Fazit	91
4.2 Baurecht	93
4.2.1 EG-Bauproduktenrichtlinie	93
4.2.2 Bauproduktengesetz	98
4.2.3 Die Musterbauordnung 1992	99
4.2.4 Fazit	100
5. Regelungsdefizite und Handlungsmöglichkeiten	102
5.1 Herstellung von Baustoffen	104
5.2 Inverkehrbringen von Baustoffen	104
5.2.1 Gefahrstoffrecht	105
5.2.2 Bauproduktenrecht	108
5.3 Verwendung von Baustoffen	112
5.4 Entsorgung von Baustoffen	117
5.5 Fazit	121
LITERATURVERZEICHNIS	123
ANHANG	

Zusammenfassung

Die Umwelt- und Gesundheitsverträglichkeit von Baumaterialien ist in den letzten Jahren zu einem wichtigen Thema der öffentlichen Diskussion geworden; die engen Wechselwirkungen zwischen Bauen und Grundwasser sind jedoch bisher weitgehend unbeachtet geblieben. Beeinflussungen des Grundwassers sind während aller Phasen, die ein Bauwerk durchläuft, möglich, von der Erstellung über die Nutzung und Erhaltung bis hin zum Abbruch und der Entsorgung der anfallenden Abfälle. Um das Grundwassergefährdungspotential durch Bauprozesse und Bauwerke näher bestimmen zu können, muß daher der gesamte Lebenszyklus der gehandhabten Stoffe, Materialien und Produkte sowie die Art und Weise, wie mit ihnen umgegangen wird, in die Betrachtung einbezogen werden. Dabei ist zu berücksichtigen, daß es sich im Bausektor um Schadstoffeinträge aus einer Vielzahl kleiner, gleichartiger, weitverteilter Quellen handelt, die allein zwar noch keine Gefahr darstellen, in der Summe aller Einträge aber zu erheblichen Schäden führen können.

Während Art und Umfang der Grundwasserbelastung durch andere Verursacherbereiche, wie etwa die Landwirtschaft, ausführlich untersucht und relativ gut bekannt sind, bestehen im Hinblick auf das Grundwassergefährdungspotential im Bausektor noch erhebliche Kenntnisdefizite. Dies hat unterschiedliche Ursachen:

- Bei der überwiegenden Mehrheit der im Bau eingesetzten Produkte handelt es sich nicht um Einzelstoffe, sondern um komplexe Vielstoffgemische. Eine systematische Übersicht über die in einzelnen Produktgruppen eingesetzten Inhaltsstoffe, insbesondere über die in geringeren Konzentrationen verwendeten Zusatzstoffe, Additive oder Verarbeitungshilfsmittel, existiert nicht.
- Die genaue Zusammensetzung einschließlich möglicher Verunreinigungen ist häufig selbst den Herstellern von Baustoffen nicht bekannt, da sie Vorprodukte von verschiedenen Lieferanten beziehen. Bei anmelde- oder zulassungspflichtigen Stoffen bzw. Produkten liegen die entsprechenden Informationen zwar den Behörden vor, sind aber nicht öffentlich zugänglich.
- Noch gravierendere Kenntnislücken bestehen im Hinblick auf das Emissionsverhalten von Bauprodukten während der verschiedenen Phasen ihres Lebenszyklus. Aufgrund der Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Inhaltsstoffen hat die Produktzusammensetzung entscheidenden Einfluß auf die möglichen Emissionen. Hinzu kommt, daß beim Bau in der Regel mehre-

re Produkte zur gleichen Zeit oder kurz nacheinander angewendet werden, deren Inhaltsstoffe gleichzeitig ins Grundwasser gelangen und dort - bisher meist unbekannte - Kombinationswirkungen entfalten können.

- Im Gegensatz zu dem zeitlich eingrenzbaeren Risiko, das während der Dauer von Baumaßnahmen besteht, läßt sich das Risiko während der späteren Lebensphasen zeitlich nur schwer festlegen, da es sich bei Bauprodukten um außerordentlich langlebige Güter handelt. Zudem werden Grundwasserbelastungen häufig erst nach einer, meist nicht genau bestimmbareren Latenzzeit eintreten, z.B. nach Versagen eines Schutzanstriches oder nach Erschöpfung der Pufferkapazitäten des Bodens.
- Das Ausmaß, in dem die Qualität des Grundwassers tatsächlich gefährdet wird, hängt nicht nur von der Menge der eingesetzten Stoffe und ihren Eigenschaften ab, sondern ebenso von den natürlichen Bodenverhältnissen und anderen Einflußfaktoren wie dem Grundwasserchemismus, dem Vorhandensein von Mikroorganismen im Boden- und Grundwasserbereich, den klimatischen Bedingungen, möglichen pH-Wert-Änderungen infolge sauren Regens etc. Daraus kann man die Schlußfolgerung ziehen, daß sich Grundwassergefährdungen erst aus dem Zusammenwirken von Stoffeigenschaften und Standortbedingungen ergeben, so daß eine allgemeingültige ökotoxikologische Bewertung von Baustoffen nur sehr eingeschränkt möglich ist.

Dort, wo der Kenntnisstand noch unzureichend ist, Gefahren für Boden und Grundwasser aber nicht auszuschließen sind, gebietet das Vorsorgeprinzip Schritte zur Verbesserung der Datenlage. Dies erfordert neben der Durchführung von Forschungsvorhaben die gesetzliche Verankerung von Informationspflichten sowie die Präzisierung der ökologischen Anforderungen an Bauprodukte, wobei dem Grundwasserschutz eine hohe Priorität einzuräumen wäre.

Mit dem Bauproduktenrecht und dem Gefahrstoffrecht sind zwei Systeme von Inverkehrbringensregelungen geschaffen worden, von denen das der Bauproduktenrichtlinie umfassender ist, aber dennoch bestimmte Aspekte nicht abdeckt, während das des Gefahrstoffrechts nicht auf eine flächendeckende Kontrolle abzielt, sondern, unter weitgehender Ausklammerung von Erzeugnissen, den Schwerpunkt auf Informationsermittlungs- und -weitergabepflichten legt. Inverkehrbringensregelungen können verschiedene Formen annehmen: Neben dem völligen Verbot des Inverkehrbringens als schärfste Maßnahme stehen eine Reihe an-

derer Instrumente zur Verfügung, wie das Verbot mit Erlaubnisvorbehalt, Anmelde-, Nachweis-, Prüf- und Kennzeichnungspflichten.

Bei jeder neuen Regelung zum Inverkehrbringen von Baustoffen ist jedoch zu bedenken, daß Bauproduktenrecht und Gefahrstoffrecht in weitem Umfang EG-rechtliche Vorgaben umsetzen, so daß der Spielraum des nationalen Gesetzgebers in beiden Fällen sehr begrenzt ist. Dies gilt für Prüf-, Informations- und Kennzeichnungspflichten gleichermaßen. Ein größerer Spielraum besteht im Hinblick auf reine Mitteilungspflichten, der genutzt werden könnte, um die Datenlage im Bausektor zu verbessern. Notwendig erscheint vor allem eine Ausweitung der Mitteilungspflichten auf Erzeugnisse. Um sicherzustellen, daß die wichtigen Informationen bis zum Endverbraucher aber auch bis zu den Bauaufsichts- und Wasserbehörden gelangen, müßte zugleich die Informationsweitergabe verbessert werden. Dabei könnte an dem bestehenden System der Sicherheitsdatenblätter angeknüpft werden, die um entsprechende "Grundwasserdatensätze" zu erweitern wären. Darüber hinausgehende Verbesserungen der Informationssituation wären im Bereich des Inverkehrbringens von Bauprodukten nur über freiwillige Vereinbarungen mit deutschen Herstellern oder aber über eine Weiterentwicklung des EG-Rechts möglich.

Während das Inverkehrbringen von Baustoffen abschließend durch die Bauproduktenrichtlinie geregelt wird, können die Mitgliedstaaten im Hinblick auf die Verwendung von Baustoffen das Instrument der Klassifizierung nutzen, mit dessen Hilfe durchaus unterschiedliche Schutzniveaus erreichbar sind. Wenn es gelingt, die aus der Sicht eines vorsorgenden Boden- und Grundwasserschutzes notwendigen strengen Anforderungen als Klasse in den europäischen Normen zu verankern, können Bauprodukte, die dem nicht genügen, auf nationaler Ebene ausgeschlossen werden. Große Bedeutung kommt unter diesem Gesichtspunkt den Grundlagendokumenten und Mandaten zu, in denen die Vorgaben für die Normung festgelegt werden. Von ebenso großer Bedeutung ist das Normungsverfahren selbst, das hinsichtlich seiner Transparenz, seiner Repräsentativität und seiner Offenheit für alle Beteiligten von vielen für dringend reformbedürftig gehalten wird. In Anbetracht des auf europäischer Ebene gültigen Prinzips der nationalen Repräsentation bleibt nur die Möglichkeit, eine "deutsche Position" herauszuarbeiten, für die dann im Rat und im Ständigen Ausschuß für das Bauwesen eine Mehrheit gefunden werden muß. Dies dürfte sehr viel chancenreicher sein, wenn Kriterien für den vorsorgenden Boden- und Grundwasserschutz im voraus aufge-

stellt und begründet würden und nicht für jedes Produkt neu entwickelt werden müßten.

Die Bauproduktenrichtlinie findet mit ihrem am freien Warenverkehr ausgerichteten System von Produkthanforderungen keine Anwendung auf verhaltensbezogene Regelungen. Der Umgang mit Bau- und Bauhilfsstoffen unterliegt daher nach wie vor den Bestimmungen der Landesbauordnungen, bei denen jedoch traditionellerweise bautechnische Parameter (Standicherheit, Brandschutz etc.) im Vordergrund stehen, während Belange des Umweltschutzes bisher keine oder eine nur untergeordnete Rolle spielen. Es wäre durchaus möglich und EG-rechtlich unbedenklich, das System von Verhaltensregeln im Bauordnungsrecht um entsprechende Anforderungen zum vorsorgenden Boden- und Grundwasserschutz zu erweitern. Auf der anderen Seite sind Grundwasserschadensfälle während der Bauphase nach allgemeiner Auffassung hauptsächlich auf Kontrollprobleme zurückzuführen. Es handelt sich also weniger um ein Defizit der Normsetzung als vielmehr um ein Vollzugsdefizit. Um den Staat von den Kontrollpflichten zu entlasten, wird überwiegend eine verstärkte Selbstkontrolle durch die Bauausführenden befürwortet. Vorgeschlagen werden in diesem Zusammenhang die Bestellung eines "Umweltbeauftragten Bau" sowie die Einführung eines Sachkundennachweises für Unternehmen in Anlehnung an das Konzept der Fachbetriebe nach § 19 I WHG. Denkbar wäre auch eine "Qualitätssicherung für Bautätigkeiten" unter Rückgriff auf das im nationalen Baurecht wie im EG-Bauproduktenrecht angelegte Konformitätssicherungsverfahren.

Die Forderung nach "ökologischem Bauen" stößt heute bei den Nutzern generell auf große Zustimmung, ihre Umsetzung in die Praxis scheitert jedoch häufig an mangelnden Informationen über umweltfreundliche Baustoffe und Bauweisen. Eine Verbesserung der Informationsangebote (z.B. durch die Vergabe von Gütezeichen) wird deshalb als ebenso bedeutsam eingeschätzt wie ordnungsrechtliche Instrumente. Voraussetzung dafür wäre, daß eindeutige Kriterien zur Klassifizierung umweltverträglicher Baustoffe und Bauweisen entwickelt werden.

Bei öffentlichen Bauwerken sollte nach ganz überwiegender Meinung, die Verwendung umweltfreundlicher Bauprodukte zur Voraussetzung für die Auftragsvergabe gemacht werden. Im Hinblick auf private Bauträger wären finanzielle Anreize denkbar, etwa steuerliche Abschreibungsmöglichkeiten, analog zum Wärmeschutz. Die Zweckmäßigkeit neuer Steuervergünstigungen ist allerdings umstritten. Einigkeit besteht nur insoweit, daß sich auch die Entsorgungskosten in irgendeiner Form in den Gestehungskosten niederschlagen müßten. Den höhe-

ren Gestehungskosten bei der Verwendung umweltfreundlicher Bauprodukte stehen in der Regel deutlich niedrigere Entsorgungskosten gegenüber. Dieser Umstand müßte in die Kostenkalkulation privater Bauherren Eingang finden. Angeregt wird in diesem Zusammenhang die Einführung einer "Schadstoffhypothek", die im Grundbuch eingetragen, von Eigentümer zu Eigentümer weitergegeben und schließlich zur Deckung der Entsorgungskosten verwendet würde. Auf diese Weise könnte schon für den Bauherren ein Anreiz zur Verwendung schadstoffarmer und wiederverwertbarer Bauprodukte geschaffen werden.

Um die natürlichen Ressourcen zu schonen und den immer knapper werdenden Deponieraum zu entlasten, sind insgesamt verstärkte Anstrengungen zur Vermeidung und Verwertung von Abfällen aus dem Bausektor notwendig. Dazu hat der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen in seinem Sondergutachten Abfallwirtschaft eine Reihe von Maßnahmen vorgeschlagen, die zum Teil in den ausführlichen Bestimmungen der neuen TA-Siedlungsabfall über die Getrennthaltung und Wiederverwendung von Bauabfällen bereits einen rechtlichen Niederschlag gefunden haben. Voraussetzung für eine erfolgreiche Anwendung dieser Regelungen in der Praxis wäre allerdings ein geordneter und recyclinggerechter Abbruch. Eine solche gezielte Demontage ist heute wegen des damit verbundenen erheblich höheren Zeit-, Maschinen- und Personalaufwandes eher die Ausnahme. Zu erwägen wäre deshalb eine Ergänzung der jeweiligen Landesbauordnungen um entsprechende abrißbezogene Anforderungen.

Alle diese Maßnahmen zielen schon, wenn auch nur in indirekter Form, auf eine recyclinggerechte Formulierung von Baustoffen. Noch weiter gehen würde die Festschreibung direkter Produktanforderungen, die beim Herstellen und Inverkehrbringen von Bauprodukten einzuhalten wären. Nach der bisherigen Rechtslage spielt die Recyclingfähigkeit eines Bauprodukts bei der Beurteilung seiner Brauchbarkeit keine Rolle. Dies gilt sowohl für das Bauordnungsrecht der Länder als auch für das neue europäische Bauproduktenrecht. Da die Bauproduktenrichtlinie den ganzen Komplex der Vermeidung, Verwertung und Wiederverwendung von Bauprodukten ausklammert, hätte der Gesetzgeber hier im Prinzip einen relativ großen Handlungsspielraum. Eigenständige nationale Regelungen müßten allerdings der EG-Kommission notifiziert und ihr Inkrafttreten ggf. bis zum Ablauf der Stillhaltefristen aufgeschoben werden. Will der Gesetzgeber nicht den Weg des nationalen Alleingangs beschreiten, könnte er sich für die Aufnahme solcher Anforderungen in die harmonisierten Normen einsetzen und so zu einer Weiterentwicklung des EG-Rechts beitragen.

Aus der Sicht des Grundwasserschutzes ist eine verstärkte Wiederverwendung von Abrißmaterialien nur dann vertretbar, wenn sichergestellt ist, daß von ihnen keine negativen Auswirkungen ausgehen. In einigen Bundesländern, etwa in Baden-Württemberg, Hessen und Nordrhein-Westfalen, existieren zum Teil schon Regelungen für den Einsatz von Sekundärrohstoffen im Bauwesen. Die darin enthaltenen Grenzwerte weichen nicht nur erheblich voneinander ab, sondern gehen auch von ganz unterschiedlichen "Grenzwertphilosophien" aus, was in der Praxis zu beträchtlicher Verwirrung führen kann, weil überregional tätige Bauunternehmen, je nach Standort ihrer Baustellen, u.U. ganz unterschiedliche Vorschriften zu beachten haben. Übereinstimmend wird daher eine bundeseinheitliche Festlegung von Anforderungsprofilen für Sekundärmaterialien gefordert sowie die Einbeziehung von entsprechenden Qualitätsmerkmalen in die Regelwerke des Technischen Bauens (z.B. DIN-Normen). Um die Vorbehalte der Verbraucher gegen Sekundärmaterialien abzubauen, wird Modell- und Musterbauvorhaben, wie sie zum Teil schon initiiert wurden, große Bedeutung zugemessen.

Wie bei allen Baustoffen, aber wohl in noch größerem Maße, stellt sich bei Sekundärbaustoffen das Problem, daß der Hersteller die Inhaltsstoffe seiner Vorprodukte nicht kennt. Um das Informationsdefizit hinsichtlich der stofflichen Zusammensetzung von Bauschutt zu verringern, wird die Einführung eines Baustoffpasses - analog zum schon bestehenden Energiepaß - vorgeschlagen, der Angaben über alle in einem Bauwerk eingesetzten Materialien enthält, ggf. auch den Hersteller vermerkt. Dieser Baustoffpaß würde sowohl dem Abrißunternehmer wie dem Hersteller von Sekundärbaustoffen die erforderlichen Hinweise auf die angemessene Behandlung, Verwertung und Wiederverwendung des angefallenen Bauschutts geben.

Allen bisher diskutierten Möglichkeiten zur Verbesserung der Informationssituation im Bausektor ist gemeinsam, daß sie jeweils nur eine bestimmte Phase aus dem Lebenszyklus eines Bauprodukts betreffen. Notwendig wäre daher eine Erweiterung der bestehenden Ansätze in Richtung auf eine integrative, alle Lebensphasen umfassende Bewertung der Umweltverträglichkeit von Baustoffen, die allerdings nicht nur den Schutz von Boden und Grundwasser, sondern ebenso den Schutz anderer Medien einbeziehen müßte. Eine solche umfassende Bewertung würde die Wahl zwischen verschiedenen Produktalternativen erleichtern und wäre daher für den Hersteller von Baustoffen wie für den Bauherrn im öffentlichen und privaten Bereich gleichermaßen von größtem Nutzen. Als geeignetes Instrument einer lebenszyklusübergreifenden Betrachtung wird die Erstellung von

Produkt-Ökobilanzen empfohlen. Wie die aktuelle Diskussion zeigt, sind jedoch die methodischen und inhaltlichen Schwierigkeiten auf diesem Gebiet gravierend, so daß mit der Entwicklung einer Standardmethodik nicht so bald zu rechnen sein dürfte. Sollte es gelingen, die bis ins Grundsätzliche reichenden Probleme zu überwinden, wäre auch eine Verrechtlichung dieses Instruments denkbar, wobei es sinnvoll erscheint, in diesem produktrelevanten Bereich eine EG-rechtliche Lösung anzustreben.

1. Einführung

Der Ausschuß für Forschung, Technologie und Technikfolgenabschätzung des Deutschen Bundestages hat das TAB beauftragt, eine Technikfolgenabschätzung zum Problembereich "Grundwasserschutz und Wasserversorgung" durchzuführen, um die Informationsbasis des Parlamentes in diesem Politikfeld zu verbreitern. In dem hier vorgelegten Teilbericht II geht es um die Darstellung der Grundwassergefährdungspotentiale im Bausektor und um die Frage, wie das vorhandene Instrumentarium eines vorsorgenden Boden- und Grundwasserschutzes für diesen Verursacherbereich verbessert werden könnte.

1.1 Problemaufriß

Die Qualität des Grundwassers, vor allem der oberflächennahen Grundwasservorkommen, ist in der Bundesrepublik Deutschland mittlerweile in besorgniserregendem Ausmaß gefährdet. Diffuse großflächige Grundwasserbelastungen, zu denen - wenn auch in unterschiedlichem Ausmaß - Landwirtschaft, Industrie und Verkehr beitragen, lassen sich nur durch langfristig angelegte Vorsorgemaßnahmen verhindern. Im Mittelpunkt einer effizienten Grundwasserpolitik muß daher die Vermeidung künftiger Schadstoffeinträge in Boden und Grundwasser stehen.

Bei der Entwicklung von Vorsorgestrategien zum Schutz des Grundwassers kann sowohl von einem stoffbezogenen als auch von einem verursacherbezogenen Ansatz ausgegangen werden. Gegen den verursacherbezogenen Ansatz spricht, daß die Verunreinigung des Grundwassers mit einem bestimmten Schadstoff in der Regel nicht einem einzigen Verursacher zuzurechnen ist, sondern aus verschiedenen Quellen stammt. So ist z.B. die zunehmende Belastung mit Nitrat nicht ausschließlich auf die landwirtschaftliche Düngung zurückzuführen, sondern auch auf Einträge, die aus Deponien, Altlasten und defekten Kanalisationen sowie über den Luftpfad erfolgen. Die Fokussierung von Vorsorgemaßnahmen auf einen Verursacherbereich wird deshalb das spezifische Verschmutzungsproblem - selbst wenn es sich um den Hauptverursacher handelt - nicht vollständig lösen können. Auf der anderen Seite können die zur Verfügung stehenden rechtlichen und politischen Instrumente am ehesten verursacherbezogen wirksam werden, so daß dieser Ansatz die Entwicklung unterschiedlicher Handlungsoptionen und den Entwurf angepaßter Lösungsstrategien erleichtert. Aus diesem Grund wurde trotz der genannten Nachteile ein verursacherbezogener Ansatz bevorzugt.

Der Verursacherbereich "Industrie und Gewerbe" zeichnet sich durch die große Vielzahl der hergestellten und verwendeten Stoffe, die Vielfalt der Branchen und Produktionsbereiche und die dementsprechend sehr unterschiedlichen Umwelt- bzw. Grundwasserbelastungspfade aus. Da der Gesamtkomplex "Industrie und Gewerbe" die Untersuchungsmöglichkeiten des TA-Projektes bei weitem überstiegen hätte, war die weitere Eingrenzung auf **einen** Wirtschaftszweig als exemplarischen Anwendungsfall für die Entwicklung verursachergerechter Vorsorgestrategien notwendig. In Übereinstimmung mit den Berichterstattern wurde der Bausektor gewählt.

Auswahl des Bausektors als exemplarischer Untersuchungsbereich

Der Bausektor weist im Gegensatz zu anderen Wirtschaftszweigen eine Reihe von Besonderheiten auf, die ihn für eine nähere Analyse unter dem Aspekt des vorsorgenden Boden- und Grundwasserschutzes besonders geeignet erscheinen ließen:

- Bauen ist zwangsläufig mit Eingriffen in Natur und Landschaft verbunden. Neben der stofflichen Belastung des Grundwassers, die von Bauprodukten ausgehen kann, wird vor allem während der Bauphase in vielfältiger Weise in den lokalen Wasserhaushalt eingegriffen.
- Die meisten Anlagen im Verursacherbereich Industrie und Gewerbe sind ortsfest und oftmals auch räumlich konzentriert, so daß die von ihnen ausgehenden Emissionen durch nachgeschaltete Meß- und Reinigungstechnologien relativ gut erfaßt werden können. Dagegen sind die "Anlagen" der Bauwirtschaft, wenn man von den Anlagen zur Herstellung der Bauprodukte einmal absieht, normalerweise nicht firmenstandortbezogen, sondern räumlich weit verteilt und nach Abschluß der Bauarbeiten nicht mehr Gegenstand einer branchenbezogenen Nutzung. Potentielle Umweltbelastungen durch Bauprozesse und Bauwerke haben daher ubiquitären Charakter.
- Bei den Schadstoffeinträgen aus Bauwerken und Bauprozessen wird es sich häufig um Einträge in kleinem Maßstab handeln, die jeder für sich genommen noch keine Gefahr darstellen, die aber in der Summe aller Einwirkungen durchaus zu erheblichen Schäden führen können. Es handelt sich hier um typische Einträge aus diffusen Quellen, also aus einer Vielzahl kleinerer gleichartiger Schadstoffquellen, die, wie schon erwähnt, nur durch langfristige angelegte Vorsorgemaßnahmen reduziert werden können.

- Im Gegensatz zu anderen gewerblichen oder industriellen Anlagen sind die Emissionen von Bauwerken nicht darauf zurückzuführen, daß Schadstoffe in bestimmten Prozessen vor Ort kontinuierlich neu erzeugt werden, sondern darauf, daß Stoffe austreten oder ausgewaschen werden, die schon bei der Errichtung des Bauwerks eingebracht wurden. Maßnahmen zum Boden- und Grundwasserschutz müssen deshalb spätestens bei der Erstellung von Bauwerken, wenn nicht schon bei der Produktion und dem Inverkehrbringen von Bauprodukten ansetzen. Keineswegs wäre es mit dem Vorsorgeprinzip vereinbar, erst im Nachhinein durch Auflagen, die sich auf das fertige Gebäude beziehen, oder durch Reinigung der betroffenen Böden und Grundwasservorkommen auf drohende oder bereits eingetretene Schäden zu reagieren. (KLOEPFER/ DELBRÜCK 1993, S. 34).
- Die Umwelt- und vor allem die Gesundheitsgefährdung durch Baumaterialien ist in den letzten Jahren zu einem wichtigen Thema der öffentlichen Diskussion geworden ("Sick Building Syndrome"); die engen Wechselwirkungen zwischen Bauen und Grundwasser sind jedoch bisher weitgehend unbeachtet geblieben.
- Die Problematik vieler Bauprodukte und -technologien, z.B. die Verwendung von Asbest oder Holzschutzmitteln in Innenräumen, stellte sich erst heraus, nachdem diese bereits jahrelang auf breiter Basis zum Einsatz gekommen waren. Eine konsequente Anwendung des Vorsorgeprinzips würde dagegen voraussetzen, daß das Umwelt- und Gesundheitsrisiko von Bauprodukten möglichst frühzeitig erkannt wird, um Gefahren gar nicht erst entstehen zu lassen. Dies erfordert neben einer Verbesserung des bisher noch sehr unzureichenden Kenntnisstandes über Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge eine gesetzliche Verankerung von Informationspflichten sowie die Präzisierung der ökologischen Anforderungen an Bauprodukte, wobei dem Grundwasserschutz eine hohe Priorität einzuräumen wäre.

Zum Begriff des Bausektors

Der Begriff des "Bauens" umfaßt den **Neubau** (erstmalige Herstellung von Bauwerken), den **Ausbau** (Veränderung bestehender Bauten) und die **bauliche Erhaltung** (Pflege, Instandsetzung, Erneuerung der vorhandenen Substanz mit dem Ziel, den Gebrauchswert für den Nutzer zu erhalten). Unterschieden wird weiterhin zwischen Hochbau und Tiefbau. Unter **Hochbau** wird im allgemeinen die Errichtung von dauerhaften Gebäuden verstanden, deren Hauptteil über dem Erd-

boden liegt. Unter Nutzungsaspekten kann es sich dabei sowohl um Wohn- und Geschäftshäuser als auch um Industriebauten handeln. Zum **Tiefbau** zählen dagegen Bauwerke und Baumaßnahmen, die zu ebener Erde oder unter dem Erdboden ausgeführt werden (ausführlicher dazu vgl. KÜMMERER/BUNKE 1992, Kap. C, S. 4 ff.).

Neben dieser eher funktional orientierten Differenzierung kann auch eine Einteilung nach den im Bauwesen tätigen **Branchen** vorgenommen werden. In der Praxis wird dafür in erster Linie die Systematik der Wirtschaftszweige des Statistischen Bundesamtes verwendet, die der Arbeitsstättenzählung und den Produktionsstatistiken zugrundeliegt. Nach dieser Systematik gehören zum Bausektor im engeren Sinne das **Bauhauptgewerbe** und das **Ausbaugewerbe**, mit den entsprechenden Branchen, Untergruppen und Klassen (s. Tab. 1).

Tab. 1: Gliederung des Baugewerbes

Bauhauptgewerbe

Hochbau

Fertigteilbau im Hochbau
(Herstellung und Montage von Fertigteilbauten aus Beton oder Holz)

Tiefbau

Erdbewegungsarbeiten, Landeskulturbau
Wasser- und Wasserspezialbau
Straßenbau
Brunnenbau
Bergbauliche Tiefbohrung, Aufschließung, Schachtbau

Gerüstbau, Fassadenreinigung

Spezialbau

Schornstein-, Feuerungs- und Industrieofenbau
Gebäudetrocknung, Abdichtung gegen Wasser, Feuchtigkeit
Abdämmung gegen Kälte, Wärme, Schall, Erschütterung
Abbruch-, Spreng- und Enttrümmerungsgewerbe

Stukkateurgewerbe, Gipserei, Verputzerei

Zimmerei, Dachdeckerei

Ausbaugewerbe

Bauinstallation

Klempnerei, Gas- und Wasserinstallation
Installation von Heizungs-, Lüftungs- und Klimaanlage
Elektroinstallation

Bautischlerei, Parkettlegerei

Fußboden-, Fliesen- und Plattenlegerei

Sonstiges Ausbaugewerbe

(in Anlehnung an die Systematik der Wirtschaftszweige, Statistisches Bundesamt: Ausgabe 1979, Fassung für die Arbeitsstättenzählung)

Außer den in Tabelle 1 aufgeführten Berufsgruppen, die zum Bausektor im engeren Sinne gehören, gibt es eine Reihe von Branchen, vor allem im **Verarbeitenden Gewerbe**, aber auch im **Handel**, die mit dem Bauwesen eng verknüpft sind, da sie entweder Vorleistungsfunktionen (z.B. Baustoffhersteller) oder Dienstleistungsfunktionen übernehmen (Baustoffhandel, Spedition, Lagerei). Aus dem Bereich des Verarbeitenden Gewerbes seien hier beispielhaft genannt:

Gewinnung und Verarbeitung von Steinen und Erden

Gewinnung von Naturstein, Sand, Kies, Gips etc.

Herstellung von Zement

Herstellung, von Kalk, Mörtel, gebranntem Gips

Herstellung von Betonerzeugnissen

Herstellung von Gipserzeugnissen u.ä.

Herstellung von Transportbeton

Verarbeitung von Asbest

Holzbe- und -verarbeitung

Holzimprägnierwerke

Herstellung von Sperrholz-, Holzfaser- und Holzspanplatten

Herstellung von Bauelementen aus Holz.

Zum Begriff der Baustoffe

"Baustoff" ist im allgemeinen Sprachgebrauch ein Sammelbegriff für Stoffe zur Fertigstellung von Bauteilen und Bauwerken (dtv-Brockhaus 1990). Nach der Art des Grundstoffs unterscheidet man metallische, organische und nichtmetallisch-anorganische Baustoffe (KÜMMERER/BUNKE 1992, Kap. C, S. 3).

Demgegenüber benutzt das Chemikaliengesetz (ChemG) eine andere Terminologie. Danach sind

Stoffe: Chemische Elemente oder chemische Verbindungen, wie sie natürlich vorkommen oder hergestellt werden, einschließlich der Verunreinigungen und der für die Vermarktung erforderlichen Hilfsstoffe (§ 3 Abs. 1 ChemG);

Zubereitungen: Aus zwei oder mehreren Stoffen bestehende Gemenge, Gemische oder Lösungen (§ 3 Abs. 4 ChemG);

Erzeugnisse: Stoffe oder Zubereitungen, die bei der Herstellung eine spezifische Gestalt, Oberfläche oder Form erhalten haben, die deren Funktion mehr bestimmen als ihre chemische Zusammensetzung (§ 3 Abs. 5 ChemG).

Nach diesen Definitionen handelt es sich bei der Mehrzahl der Baustoffe entweder um "Erzeugnisse" (Beton oder Ziegel) oder um "Zubereitungen" (Kalk, Zement, Farben, Lacke etc.). Nur eine vergleichsweise geringe Anzahl von Baustoffen stellen "Stoffe" im Sinne des Chemikaliengesetzes dar, etwa (technisch) reines Dichlormethan als Lösungsmittel im Baubereich (ebd.).

Die Bauproduktenrichtlinie der EG (89/106/EWG) spricht weder von Stoffen noch von Erzeugnissen, sondern verwendet den Begriff des "Bauprodukts". Darunter ist jedes Produkt zu verstehen, "das hergestellt wird, um dauerhaft in Bauwerke des Hoch- oder Tiefbaus eingebaut zu werden" (Art. 1 Abs. 2).

In Anbetracht der Zielsetzung, die Grundwassergefährdungspotentiale im Bau-sektor möglichst vollständig zu beschreiben, mußte im vorliegenden Zusammenhang ein weitgefaßter Baustoffbegriff zugrunde gelegt werden, der zum Teil über die bisher genannten Definitionen hinausgeht. Unter Baustoffen sollen im folgenden alle Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnisse verstanden werden, die **direkt oder indirekt mit dem Bauwesen in Verbindung stehen**, also auch solche, die bei der Erstellung und Instandhaltung von Bauwerken eingesetzt werden, ohne substantiell in das Bauwerk einzugehen, sowie Vorprodukte (Sekundärrohstoffe),

Abfälle und Reststoffe (Bauschutt, Baustellenabfälle, Baurestmassen). Eine Übernahme des Begriffs "Bauprodukt" im Sinne der EG-Richtlinie hätte dagegen zur Folge gehabt, daß alle nicht dauerhaft in Bauwerken eingesetzten Stoffe, wie z.B. Entschalungsmittel im Betonbau, außer Betracht geblieben wären (KÜMMERER/BUNKE 1992, Kap. C, S. 4).

Lebenszyklusorientierte Betrachtungsweise

Um die potentiellen Grundwassergefährdungen durch Bauprozesse und Bauwerke näher bestimmen zu können, müßte im Prinzip der gesamte Lebenszyklus der gehandhabten Stoffe, Materialien und Produkte einbezogen werden, da negative Einflüsse auf das Grundwasser in allen Phasen denkbar sind, beginnend mit

- der Gewinnung von Rohstoffen, über
- die Herstellung von Baustoffen und Bauprodukten,
- die Errichtung von Bauwerken,
- ihre Nutzung und bauliche Erhaltung, bis hin
- zum Abbruch
- sowie der Behandlung und Lagerung von Abfällen und Reststoffen, die in den vorangegangenen Lebensphasen angefallen sind (KÜMMERER/BUNKE 1992, Kap. C, S. 14).

Aus Zeit- und Kapazitätsgründen wurde der Schwerpunkt der Untersuchung hier auf die Phasen der Erstellung, Nutzung, und Post-Nutzung von Bauwerken gelegt, während die vorgelagerten Phasen der Rohstoffgewinnung und der Herstellung von Baustoffen weitgehend ausgeklammert blieben.

Bauen ist ein komplexer Prozeß, an dem neben dem Bauherren eine Vielzahl von Akteuren aus der Wirtschaft (Baustoffhersteller, Baustofflieferanten, bauausführende Unternehmen), aus der Verwaltung (Genehmigungsbehörden, Bauaufsicht) sowie freiberuflich tätige Planer, Architekten und Ingenieure beteiligt sind. Durch die Vertragsgestaltung und die rechtlichen Rahmenbedingungen ergeben sich für Planer und bauausführende Unternehmen unterschiedliche Verantwortungsbereiche. Generell sind Bauherr und Planer für die Auswahl der dauerhaft in Bauwerke eingehenden Bauprodukte verantwortlich, während das bauausführende Unternehmen für die Auswahl der nicht dauerhaft verbauten Bauhilfsstoffe zuständig ist. Möglicherweise entstehende Umweltbelastungen während der bereits beschriebenen Phasen, die ein Bauwerk durchläuft, sind somit unterschiedlichen Parteien zuzurechnen. Die Verursachungsbeiträge der verschiedenen betei-

ligten Akteure müssen erkennbar und eindeutig voneinander abgrenzbar sein, wenn die zur Verfügung stehenden rechtlichen und politischen Instrumente effizient eingesetzt werden sollen.

Wechselwirkungen zwischen Bauen und Grundwasser

Eine Bewertung der Umweltverträglichkeit von Baumaßnahmen und Baustoffen muß die vielfältigen Möglichkeiten von Wechselbeziehungen zwischen Baukörpern und dem Wasserkreislauf berücksichtigen und vor allem auch den langfristigen Aspekten einer Veränderung der ökologischen Bedingungen im Lebensraum Grundwasser/Boden Rechnung tragen (HIESSL/HILLENBRAND 1992, S. 19). Zu den möglichen Auswirkungen auf das Grundwasser, die in den verschiedenen Phasen, die ein Bauwerk durchläuft, auftreten können, soll an dieser Stelle nur ein stichwortartiger Überblick gegeben werden (s. dazu ausführlich Kap. 3):

Beeinflussung des Grundwassers während der Bauphase

- Umleiten der Grundwasserströmung durch die Anlage von wasserdruckhaltenden Baugruben, Wänden und Sohlabdichtungen;
- Absenkung des Grundwasserspiegels zur Trockenlegung der Baugrube, Ausbildung eines Absenkrichters;
- Entfernung des gewachsenen Bodens und der schützenden Pflanzendecke, die zu einer Reduktion der Filter- und Reinigungswirkung und damit zu einer erhöhten Gefahr des Schadstoffeintrages führt;
- Tiefgründungen und sonstige Baumaßnahmen, mit denen Baustoffe direkt in den Grundwasserleiter eingebracht werden;
- Einträge infolge der absichtlichen Freisetzung von Stoffen, mit der eine bestimmte Wirkung am Ort der Ausbringung erreicht werden soll (z.B. Entschalungsmittel, Holzschutzmittel, Injektionsmittel);
- Einträge infolge der ungewollten Freisetzung von Stoffen durch Geräteemissionen, Unfälle, unsachgemäße Handhabung, ungenügende Vorbeugemaßnahmen etc.;

Beeinflussung des Grundwassers während der Nutzungsphase

- Flächenversiegelung;
- Störung des lokalen Wasserhaushalts (Abfluß, Verdunstung, Grundwasser-Neubildung);
- Störung der Grundwasserströmungsverhältnisse durch den Baukörper: Umlenkung der Strömung, Veränderung der Strömungsgeschwindigkeiten;
- Elution (Auswaschung) von Stoffen aus den eingesetzten Baustoffen in Boden und Grundwasser;

- Stoffeintrag in das Boden- und Grundwasser bei Reparatur- und Instandhaltungsmaßnahmen.

Beeinflussung des Grundwassers während der Post-Nutzungsphase

- Bei Abbruch und Wiederverwertung von Bauteilen/Bauwerken verbleiben die darin enthaltenen Stoffe in der Regel unerkannt in den recycelten Werkstoffen und werden mit diesen wieder in neue Bauwerke eingebracht (z.B. Betonzusatzmittel, Kunststoffdispersionen in wiederaufbereitetem Beton).
- Bei Abbruch des Bauwerkes und Deponierung der Altstoffe kommt es zu Auswaschungen und u.U. zu einem Eintrag der eluierten Stoffe in das Grundwasser.
- Ist der Abbruch eines Bauwerkes nicht möglich (z.B. Injektionskörper), verbleibt der Baukörper vor Ort und ist einem langfristigen Abbau durch chemisch-physikalische wie auch durch biologische Prozesse ausgesetzt. Hierbei können Stoffe aus dem Baukörper in das Boden- und Grundwasser eingetragen werden. Die Folge ist eine chronische Belastung des Grundwassers. Es bleibt bei einer langfristigen Störung der Grundwasserströmungsverhältnisse durch den Baukörper: Umlenkung der Strömung, Veränderung der Strömungsgeschwindigkeiten (HIESSL/HILLENBRAND 1992, S. 19 f.).

1.2 Zielsetzung des Teilberichts und Vorgehensweise

Die Diskussion um die Umwelt- und Gesundheitsverträglichkeit von Baumaterialien- und -technologien hat in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen, wobei jedoch das Thema "Bauen und Grundwasser" bisher weitgehend unbeachtet blieb. Es ist jedoch zu vermuten, daß auch dieser Aspekt in Zukunft verstärkt in den Blickpunkt der Öffentlichkeit rückt. Während Art und Umfang der Grundwasserbelastung durch andere Verursacherbereiche, wie etwa die Landwirtschaft, relativ gut bekannt sind, bestehen im Hinblick auf das Grundwassergefährdungspotential des Bausektors noch erhebliche Kenntnisdefizite. Der Versuch einer Ermittlung und Bewertung dieser Belastungspotentiale erscheint deshalb unter Vorsorgegesichtspunkten von besonderer Relevanz.

Der vorliegende Bericht geht zunächst auf die grundwasserrelevanten Stoffeigenschaften ausgewählter Bauprodukte ein (Kap. 2), um dann in Kapitel 3 die Grundwassergefährdungspotentiale, bezogen auf die verschiedenen Lebensphasen eines Bauwerks, ausführlich darzustellen. In Kapitel 4 wird das geltende Recht unter dem Aspekt analysiert, inwieweit es Ansätze für einen vorsorgenden Boden- und Grundwasserschutz im Bausektor bietet. Darauf aufbauend werden in Kapitel 5 Regelungsdefizite und rechtspolitische Handlungsmöglichkeiten diskutiert.

Zu den Grundwassergefährdungspotentialen im Bausektor hat das TAB zwei Parallelgutachten an das **Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI)** in Karlsruhe und das **Öko-Institut Freiburg** vergeben. Das Gutachten des Öko-Instituts folgt einem systemaren Ansatz, indem es mögliche Grundwasserbelastungen in Abhängigkeit von den einzelnen Lebensphasen, die ein Bauwerk durchläuft, untersucht; dabei wird die Nähe zur Produktlinienanalyse gesucht. Im Gegensatz dazu geht das Gutachten des ISI von einem stoffbezogenen Ansatz aus. Anhand ausgewählter Bauprodukte wird versucht, Stoffübergänge während der Lebensphasen eines Bauwerkes zu beschreiben. Beide Gutachten müssen sich in Anbetracht nicht vorhandener Daten im wesentlichen auf qualitative Aussagen und eine Defizitanalyse beschränken. Ergänzend zu den naturwissenschaftlichen Gutachten hat das TAB ein Rechtsgutachten an **Prof. Dr. Michael Kloepfer (Universität Berlin)** vergeben, das die lebenszyklusorientierte Betrachtungsweise der beiden anderen Gutachten aus rechtlicher Sicht aufnimmt.

Der hier vorgelegte Bericht beruht im wesentlichen auf den genannten Gutachten. Die Verantwortung für die Auswahl und Interpretation der aus den Gutachten übernommenen Ergebnisse liegt ausschließlich bei den Autoren des Berichts.

Auf der Basis des durch die Gutachten und eigene Recherchen erzielten Wissensstandes wurde von TAB ein Fragebogen erstellt, der Ausgangspunkt für eine Diskussion der Problematik mit den Betroffenen war. Zahlreiche Sachverständige aus Industrie, Verbänden, Behörden und aus der Wissenschaft haben sich zu den Fragen schriftlich geäußert und nahmen anschließend an einem Workshop zum Thema "Grundwassergefährdungspotentiale im Bausektor" teil, zu dem das TAB am 26.11.1992 in Bonn eingeladen hatte. Die Auswertung des Workshops erfolgte als interaktiver Prozeß mit den Teilnehmern und wurde als TAB-Hintergrundpapier Nr. 1 veröffentlicht.

2. Grundwasserrelevante Stoffeigenschaften ausgewählter Bauprodukte

Im Verlauf der letzten Jahrzehnte hat die Zahl der errichteten Gebäude und damit der Verbrauch an Baustoffen stark zugenommen. Der Wiederaufbau nach dem Zweiten Weltkrieg und die Hochkonjunkturphase in den Jahren 1952-1973 haben in vielen Ländern praktisch zu einer Verdopplung des Gebäudebestandes geführt (KÜMMERER/BUNKE 1992, Kap. C, S. 21). Resultat dieser Entwicklung war nicht nur ein wachsender Verbrauch natürlicher Rohstoffe, sondern auch ein sprunghafter Anstieg bei der Verwendung synthetischer Stoffe im Bauwesen. Gründe dafür waren und sind die besseren (Anwendungs)eigenschaften der synthetisch hergestellten Materialien (KÜMMERER/BUNKE 1992, Kap. B, S. 2).

1990 wurden ca. 8% der im Inland hergestellten Produkte der chemischen Industrie im Bausektor eingesetzt. Die Bauwirtschaft liegt damit in der gleichen Größenordnung wie z.B. die Kfz-Industrie (9%), der private Konsum (9%) und die Textilindustrie (8%), aber noch über dem Verbrauch der Landwirtschaft (6%) und der Verpackungsindustrie (5%); die Zahlenangaben beziehen sich auf den Inlandumsatz (vgl. VCI 1992). Obwohl die relative Position der Bauwirtschaft als Abnehmer von Chemieprodukten in den vergangenen zehn Jahren annähernd gleich geblieben ist, zeigen sich doch gewisse Verschiebungen im Produktionsvolumen zwischen verschiedenen Produktgruppen. So hat sich z.B. der Einsatz von Bautenschutzmitteln in den letzten zwölf Jahren nahezu verdoppelt, während der Einsatz von Holzschutzmitteln fast auf die Hälfte zurückgegangen ist (s. Tab. 2).

Die zunehmende Verwendung von Chemikalien hat zu Veränderungen der Strukturen im Baugewerbe sowie der Arbeitsabläufe beim Bau geführt. So wurde es z.B. erst durch den Einsatz von Erstarrungsverzögerern möglich, den Beton in zentralen Anlagen zu produzieren und per LKW zur Baustelle zu transportieren, statt ihn wie bisher, vor Ort auf der Baustelle zu erzeugen. Andere Betonzusatzstoffe sollen die Verarbeitbarkeit erleichtern oder die Stabilität und Dauerhaftigkeit von Bauteilen und Bauwerken verbessern. Der vermehrte Einsatz von Chemikalien hat jedoch auch zur Folge, daß traditionelle bauliche Lösungen, wie etwa die Hinterlüftung von Holzkonstruktionen zum Schutz des Holzes vor Fäulnis zurückgedrängt werden. Der chemische Holzschutz bietet zunächst Vorteile, da er in der Regel die Wahl einfacherer und damit auch billigerer Konstruktionen erlaubt. Auf längere Sicht verlieren sich diese Vorteile allerdings meist wieder, da die Stoffe, die zur Behandlung eingesetzt wurden, im Laufe der Zeit ausgewaschen werden oder an Wirkung verlieren. Dazu kommt, daß das Angebot solcher Mittel

dazu verführt, Materialien in dafür an sich ungeeigneten Anwendungsbereichen einzusetzen, z.B. Holz in feuchter Umgebung (KÜMMERER/BUNKE 1992, Kap. B, S. 2 f.).

Tab. 2: Ausgewählte Produktionszahlen der chemischen Industrie, chemische Spezialerzeugnisse vorwiegend zur weiteren Be- und Verarbeitung

	Anstrichstoffe und Verdünnungen	Mineralfarben	Bitumen-, Dach- und Dichtungsmaterialien	Bautenschutzmittel	Holzschutzmittel (einschl. Feuerschutzmittel für Baustoffe)
	insgesamt	insgesamt			
	Tonnen	Tonnen	1.000 m ²	Tonnen	Tonnen
1979	1.330.649	1.391.140	254.773	289.944	54.907
1980	1.325.725	1.370.693	247.194	365.082	55.484
1981	1.316.956	1.391.220	218.953	361.251	52.859
1982	1.285.092	1.320.893	199.661	357.921	48.627
1983	1.308.295	1.387.381	199.379	380.987	52.008
1984	1.320.771	1.462.098	193.351	349.454	47.726
1985	1.318.468	1.508.646	161.513	353.177	39.611
1986	1.326.960	1.487.292	166.880	361.260	40.207
1987	1.349.951	1.639.641	173.224	374.466	37.243
1988	1.353.266	1.724.581	177.136	418.523	38.117
1989	1.417.784	1.838.620	173.940	442.385	37.016
1990	1.433.550	1.410.914	199.169	478.228	39.332
1991	1.548.200	1.350.842	218.538	561.127	38.512

Quelle: "CHEMIEWIRTSCHAFT IN ZAHLEN", VCI (1992)

Neben dem Verbrauch an Produkten der chemischen Industrie ist auch der Einsatz von Abfällen und Reststoffen im Bauwesen, etwa aus der Metallgewinnung, aus Verbrennungsprozessen (Filterstäube, Schlacken) sowie von Recyclingmaterialien aus abgebrochenen Bauwerken ständig gestiegen. Für diese sogenannten "Sekundärrohstoffe" sind zum Teil schon Prüfverfahren hinsichtlich ihrer Umweltauswirkungen entwickelt worden. Die vorliegenden Kenntnisse weisen jedoch noch Lücken auf. In Anbetracht der Tatsache, daß die Menge dieser Stoffe künftig zunehmen und gleichzeitig ihre anderweitige Entsorgung immer schwie-

riger werden wird, ist diesem Teilbereich besondere Aufmerksamkeit zu widmen (s. dazu Kap. 3.3).

Eine Beurteilung des stoffbezogenen Grundwassergefährdungspotentials von Baumaterialien wirft aus verschiedenen Gründen erhebliche Probleme auf:

- Art und Zusammensetzung der verwendeten Bau- und Bauhilfsstoffe sind außerordentlich vielfältig und zudem einem permanenten Wandel unterworfen. Während z.B. noch um die Jahrhundertwende Backstein und Holz die dominierenden Baumaterialien darstellten, nimmt Beton schon 1920 eindeutig die Spitzenposition ein. Zwischen 1930 und 1950 ist eine starke Zunahme von Stahl und eine noch ausgeprägtere Zunahme von Aluminium zu verzeichnen. Der Einsatz von Kunststoffen beginnt erst in den fünfziger Jahren, hat aber bereits 1980 Aluminium an Bedeutung überholt (vgl. dazu ausführlich KÜMMERER/BUNKE 1992, Kap. C, S. 21 f.).
- Genaue Kenntnisse über Art und Menge der im Bauwesen gehandhabten Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnisse liegen nicht vor. Eine Analyse der zur Verfügung stehenden Datenbasis macht vor allem folgende Defizite deutlich:
 - Über eine Reihe von baurelevanten Rohstoffen, Zwischenprodukten, Hilfsstoffen und Fertigprodukten liegen keine Mengenangaben vor.
 - Bezüglich der Inhaltsstoffe kann in der Regel nur auf beispielhafte Ergebnisse zurückgegriffen werden. Repräsentative Erhebungen befinden sich erst in der Aufbauphase und decken vornehmlich Aspekte des Arbeitsschutzes ab.
 - Aufgrund der derzeitigen statistischen Datenerhebung bestehen Kenntnislücken im Hinblick auf die mit dem Bauwesen verbundenen Abfall- und Reststoffströme (KÜMMERER/BUNKE 1992, Kap. C, S. 45).
- Eine weitere Schwierigkeit bei der Beurteilung des stoffbezogenen Grundwassergefährdungspotentials von Baumaterialien liegt in der zeitlichen Dimension. Grundwassergefährdungen können entweder unmittelbar im Zusammenhang mit Bauprozessen auftreten, z.B. in Folge des Einsatzes von Dichlormethan als Abbeizmittel bei Maßnahmen der baulichen Erhaltung, oder aber erst in den späteren Lebensphasen eines Bauwerks. Im Gegensatz zu dem zeitlich eingrenzbaeren Risiko, das während der Dauer von Baumaßnahmen besteht, läßt sich das Risiko von Grundwasserbelastungen während der späteren Phasen zeitlich nur schwer festlegen. Die Lebensdauer von Bauwerken ist sehr unterschiedlich. Dazu kommt, daß Grundwasserbel-

stungen in vielen Fällen erst nach einer, meist nicht genau bestimmbar Latenzzeit eintreten, z.B. nach Versagen eines Korrosionsschutzanstriches oder nach Erschöpfung der Pufferkapazitäten des Bodens. Auch die Ablagerung von Bauschutt oder Baustellenabfällen auf Deponien stellt eine solche zeitlich "offene" Phase dar, da die Emissionen von Deponien (Deponiegase, Deponiesickerwasser) nicht über unbegrenzte Zeiträume überwacht und kontrolliert werden können (KÜMMERER/BUNKE 1992, Kap. C, S. 23 f.).

- Eine Verlängerung der Lebensdauer von Bauwerken kann einerseits eine Verringerung des Grundwassergefährdungspotentials zur Folge haben, weil dadurch die Notwendigkeit von Bauersatzmaßnahmen reduziert wird, was wiederum heißt, daß weniger Rohstoffe entnommen, weniger Baustoffe hergestellt, weniger Gebäude abgerissen, weniger Baustellenabfälle entsorgt werden müssen. Auf der anderen Seite wird die Verlängerung der Lebensdauer häufig mit einem (vermehrten) Chemikalieneinsatz erkaufte, was u.U. zu einer Erhöhung der Grundwassergefährlichkeit der betreffenden Baustoffe und zu einer Vergrößerung der spezifischen Abfallproblematik führen kann. Solche Ambivalenzen sind in der Bewertung zu berücksichtigen.
- Das Ausmaß, in dem die Qualität des Grundwassers durch Baumaterialien gefährdet wird, hängt ab von den schädigenden Eigenschaften der eingesetzten Stoffe, von den Mengen, in denen sie in die Umwelt eingebracht werden und von den Prozessen, die ihr weiteres Schicksal auf dem Weg ins Grundwasser beeinflussen (KÜMMERER/BUNKE 1992, Kap. D, S. 3). Bei der Bodenpassage treten das versickernde Wasser und seine Inhaltsstoffe in Wechselwirkungen mit der Bodenmatrix. Dabei laufen vielfältige Stoffaustausch- und -umwandlungsprozesse ab, wie
 - chemische Prozesse, u.a. Sorptions- und Desorptionsprozesse, pH-Wert-Veränderungen, Auflösungs- und Fällungsreaktionen, Veränderungen des Redoxpotentials,
 - biologische Prozesse, z.B. Metabolisierung, Mineralisierung und andere Stoffwechselprozesse.

Diese Vorgänge gehen mit Geschwindigkeiten vor sich, die spezifisch für jeden Stoff und jedes Umweltmedium sind. Intakte Bodenverhältnisse vorausgesetzt, führt die Bodenpassage zu einer weitgehenden Eliminierung von Schadstoffen. Lange Zeit ging man davon aus, daß Stoffeinträge in das Grundwasser durch die Abbau- und Rückhaltefähigkeit des Bodens verhindert würden. Durch zunehmende Belastung des Bodens werden dessen schützende Eigenschaften jedoch immer

stärker gestört, so daß Stoffe nahezu ungehindert in das Grundwasser eindringen können.

In Abhängigkeit von der Fließgeschwindigkeit (diese ist z.B. in Porengrundwasserleitern äußerst gering, dagegen in Kluftgesteinsgrundwasserleitern ähnlich der Fließgeschwindigkeit von Oberflächenwässern), der Höhe des Grundwasserstandes, der Aufenthaltszeit im Grundwasserleiter und der Anwesenheit anderer Stoffe sind weitere Rückhalte- und Abbauprozesse auch im Grundwasserleiter möglich, die jedoch unter den annähernd konstant niedrigen Temperaturen im Untergrund äußerst langsam ablaufen. Hinzu kommt, daß oftmals im Grundwasserleiter unter Luftabschluß (anaerob) ablaufende Prozesse zu völlig anderen Stoffen führen können als sie aus der klassischen Oxidation/Metabolisierung, die üblicherweise in Oberflächengewässern stattfindet, bekannt sind. Anaerob ablaufende Vorgänge können in Verbindung mit anderen chemischen Prozessen in ungünstigen Fällen zur Remobilisierung von ansonsten stabil eingelagerten Verbindungen (z.B. Schwermetalle wie Cadmium, Blei und Arsen) führen. In Karst- und Kluftgrundwässern treten solche Prozesse selten auf, da im Gegensatz zum Porengrundwasser so gut wie keine Wechselwirkungen des schnell fließenden Grundwassers mit der kluftigen Gesteinsmatrix möglich sind. In solche Grundwasserleiter eingetragene Stoffe gelangen oftmals unabgebaut und relativ kurzfristig über Quellen in Oberflächengewässer.

Daraus kann man die Schlußfolgerung ziehen, daß sich Grundwassergefährdungen erst aus dem **Zusammenwirken von Schadstoffeigenschaften und Standortbedingungen** ergeben. Beide Faktoren müssen für eine Bewertung des Grundwassergefährdungspotentials von Bauprodukten ausführlich analysiert werden (KÜMMERER/BUNKE 1992, Kap. D, S. 3).

In diesem Kapitel soll zunächst versucht werden, anhand ausgewählter Produktgruppen einen Überblick über die Vielfalt der im Bausektor eingesetzten und einsetzbaren Stoffe zu geben.

2.1 Beton

In Deutschland werden ca. 80% des verwendeten Betons in stationären Betonwerken hergestellt und als Transportbeton oder zu Fertigbetonteilen verarbeitet. Die restlichen 20% sind sog. "Ortbeton", der direkt auf der Baustelle zubereitet wird. Die Jahresproduktion an Transportbeton betrug 1990 in den alten Bundesländern

fast 50 Mio. Kubikmeter, wovon 78% im Hochbau, 20% im Tiefbau und 2% zu Betonfertigteilen verarbeitet wurden.

Definitionsgemäß ist Beton künstlicher Stein (DIN 1045), der im wesentlichen aus den drei Ausgangsstoffen Zement, Zuschlag und Wasser besteht. Sind die Zuschlagkörner nicht größer als 4 mm, spricht man von "Mörtel", kommen auch gröbere Anteile vor, spricht man von "Beton". Reiner Beton weist eine hohe Druckfestigkeit auf, ist aber wegen seiner geringen Biegefestigkeit ein sehr spröder Werkstoff (s. dazu ausführlich HIESSL/HILLENBRAND 1992, S. 25 ff.). Es gibt zahlreiche Möglichkeiten, die Eigenschaften des Betons zu modifizieren und auf bestimmte Anwendungsanforderungen hin zu optimieren.

Zement

In der EG wurden im Jahre 1988 155 Mio. t Zement, davon 24,4 Mio. t in der Bundesrepublik Deutschland, produziert. Die natürlichen Rohstoffe der Zementindustrie sind Kalkstein, Sand und Ton. Zur Erzielung spezieller Eigenschaften und zur Verwertung von industriellen Reststoffen werden dem Zement Zuschlagstoffe zugegeben. Diese auch als Zuschläge bezeichneten Stoffe werden vor dem eigentlichen Zementbildungsprozeß den Ausgangsstoffen (dem Rohmehl) zugegeben, oder nach dem Brennen (darunter wird der Hochtemperatursinterprozeß im Drehrohröfen verstanden) gemeinsam mit dem gebildeten Zementklinker staubfein vermahlen. Rohmehlseitig und zementseitig eingesetzte Zuschlagstoffe bewirken unterschiedliche Eigenschaftsveränderungen des fertigen Zements, sie sind nicht zu verwechseln mit Zuschlägen zum Beton. Mengenmäßig bedeutsam sind Hütten sand (Hochofenschlacke), Steinkohleflugasche, REA- und Naturgips. Hochofenzement enthält 36-80 Gewichts-% und Eisenportlandzement 6-35 Gewichts-% Hütten sand. Portlandzement dagegen enthält nur ca. 3,5-4 Gewichts-% Gips oder Anhydrid. In Flugaschezementen ersetzt die Steinkohleflugasche bis zu 30 Gewichts-% des Portlandzementklinkers. In der deutschen Zementindustrie werden pro Jahr ca. 2,5-3 Mio. t Hochofenschlacke, ca. 1,8 Mio. t Steinkohlenflugasche und ca. 1,3 Mio. t Gips als mineralische Zuschlagstoffe eingesetzt (KÜMMERER/BUNKE 1992, Kap. E, S. 61).

Die wichtigsten in Deutschland verwendeten Zementarten sind Portlandzement (ca. 71%), Hochofenzement (ca. 16%) und Eisenportlandzement (ca. 5%). Die Zahlen beziehen sich auf das Jahr 1990 (vgl. Bundesverband der Deutschen Zementindustrie 1991).

Andere Zementarten wie z.B. Traßzement, Portlandölschieferzement, Flugasche- und Flugaschehüttenzement spielen aus quantitativer Sicht im Verhältnis zum Portlandzement eine untergeordnete Rolle. Zuschläge ergänzen unterschiedliche Rohmehlqualitäten, so daß Anwendungs- und Eideigenschaften verschiedener Zementarten spezifisch angepaßt werden können (s. dazu unten).

Neben der Verwendung industrieller Reststoffe als Zusatzstoffe zum fertigen Zement wird durch die Verwendung von ca. 460.000 t/a Sekundärbrennstoffen die außerordentlich energieintensive Zementherstellung auch zur Beseitigung von Müll und industriellen Reststoffen genutzt. Als Sekundärbrennstoffe kommen hauptsächlich Altreifen (ca. 230.000 t/a), Altöl und Lösemittel (141.500 t im Jahre 1991) und Hausmüll sowie andere industrielle Reststoffe (91.500 t im Jahre 1991) zur Anwendung. KÜMMERER/BUNKE geben eine Übersicht über die in Rohstoffen, Zuschlägen und Zementklinker enthaltenen Spurenstoffe (s. Tab. 3).

Wie die Tabelle zeigt, weisen Zuschläge aus industriellen Reststoffen und Sekundärrohstoffen, verglichen mit natürlichen Zuschlägen, signifikant höhere Konzentrationen an relevanten Spurenelementen auf. Zement wird somit zur Stoffsenke, da die Stoffe nach der Aushärtung im Beton zunächst immobilisiert sind.

Tab. 3: Spurenstoffe in Rohstoffen, Zuschlägen und im Zementklinker

Parameter	Tone	Kalkstein	Hütten- sand	Stein- kohlen- flug- asche	Zement- klinker	eisenoxid- haltige Zusatz- stoffe
	Ton- schiefer	Kalk- mergel				
Arsen (mg/kg)	13 - 23	0,2 - 12	0,2	54 - 59	2 - 15	4 - 680
Blei (mg/kg)	13 - 22	0,4 - 13	< 3 - 70	215 - 239	6 - 105	9 - 8700
Cadmium (mg/kg)	< 0,3	< 0,1	< 0,1	1,4 - 1,6	0,01 - 1,5	0,02 - 15
Chrom (mg/kg)	90 - 109	1,2 - 16	11 - 32	153 - 175	11 - 49	90 - 1400
Kupfer (mg/kg)	k. A.	k. A.	9	147 - 206	k. A.	
Nickel (mg/kg)	67 - 71	1,5 - 7,5	< 2 - 9	389 - 432	12 - 50	10 - 340
Zink (mg/kg)	59 - 115	22 - 24	< 2 - 70	379 - 516	44 - 339	6900 - 9400
Thallium (mg/kg)						0,07 - 400

Quelle: KÜMMERER/BUNKE (1992), Kap. E, S. 63.

Zuschlag

Zuschläge nehmen etwa 70% des Betonvolumens ein und bilden somit mengenmäßig den Hauptbestandteil des Betons. Als Zuschlag sind alle Stoffe geeignet, die

- eine für den jeweiligen Verwendungszweck des Betons ausreichende Kornfestigkeit aufweisen,
- die Erhärtung des Zements nicht stören,
- einen ausreichenden Haftverbund mit dem Zementstein ergeben und
- die Beständigkeit des Betons nicht beeinträchtigen (HIESSL/HILLENBRAND 1992, S. 35).

In Tabelle 4 sind verschiedene Arten von Betonzuschlägen zusammengestellt.

Tab. 4: Übersicht über die Arten von Betonzuschlägen

Zuschlagart	Natürliche Zuschläge		Künstliche Zuschläge
	natürlich gekörnt	mechanisch zerkleinert	
Normalzuschläge	<ul style="list-style-type: none"> • Flußsand • Flußkies • Grubensand • Grubenkies • Moränesand • Moränekies • Dünen sand 	<ul style="list-style-type: none"> • Brechsand • Splitt und Schotter aus geeigneten Natursteinen 	<ul style="list-style-type: none"> • Hochofenschlacke • Metallhüttenschlacken • Klinkerbruch • Sintersplitt • Hartstoffe, wie künstlicher Korund und Silicium-Karbid
Leichtzuschläge	<ul style="list-style-type: none"> • Bims • Lavakies • Lavasand 	<ul style="list-style-type: none"> • gebrochener Bims • gebrochene Schaumlava • gebrochene Tuffe 	<ul style="list-style-type: none"> • Blähschiefer • Blähton • gesinterte Flugasche • aufbereitete Feuerungs- oder Müllschlacken • Hüttenbims • Ziegelsplitt • Perlit • Vermikulit • Schaumglasgranulat • Schaumkunststoffe
Schwerzuschläge	<ul style="list-style-type: none"> • Baryt (Schwerspat) • Magnetit 	<ul style="list-style-type: none"> • Baryt • Magnetit • Roteisenstein • Ilmenit • Hämatit 	<ul style="list-style-type: none"> • Stahlpartikel • Sintererze • Ferrosilicium

Quelle: WEIGLER/KARL (1989)

Wie aus Tabelle 4 ersichtlich ist, werden neben natürlichen Zuschlagstoffen auch künstliche Zuschläge, vor allem Reststoffe aus der industriellen Produktion, verwendet. Auf diese Weise werden vor allem aufbereitete Flugaschen sowie Schlacken (Hochfenschlacke, Metallhüttenschlacke, Feuerungs- und Müllverbrennungsschlacke) entsorgt bzw. wiederverwendet.

Tabelle 5 gibt einen Überblick über die aus Sekundärrohstoffen entstehenden Stoff-Frachten für ausgewählte Elemente.

Tab. 5: Ausgewählte jährliche Element-Frachten in den betrachteten Sekundärrohstoffen (alte Bundesländer)

Parameter	MV-A	WB	SKG	SKF	HOS/HS	STS	Summe
Ca (10 ³ t)	231	340			2.500	1.500	
Na (10 ³ t)	103		23	22	22	1,4	
C _{org} (10 ³ t) *	68	7.000			15		
Zn (10 ³ t)	14	11	2,1	1,4	0,3	0,2	29
As (t)	65	635	23	175	2	1	901
Pb (t)	6.500	7.000	240	704	315	235	14.994
Cd (t)	40	42	1	5	1	23	112
Cr (t)	1.220	9.450	545	510	185	11.550	23.460
Cu (t)	2.390	3.960	365	550	75	64	7.404
Ni (t)	450	5.500	397	1.275	40	5	7.667

* ohne weitere Differenzierung

MV-A Müllverbrennungsasche
SKG Schmelzkammergranulat
HOS/HS Hochfenschlacken

WB Waschberge
SKF Steinkohlenflugasche
STS Stahlwerkschlacke

Quelle: KÜMMERER/BUNKE (1992), Kap. E, S. 22.

Diese Zahlen sagen zunächst nichts über ein mögliches aktuelles Gefährdungspotential für Boden und Grundwasser, zudem enthalten sie keine Aussagen über Stoff-Frachten aus Recyclingbaustoffen. Ungeachtet dessen, gibt diese Abschätzung einen ungefähren Eindruck von den jährlich in die Umwelt verbrachten Mengen einzelner, human- und ökotoxikologisch relevanter Stoffe.

Betonzusätze

Betonzusätze dürfen weder die Güte des Betons beeinträchtigen noch zur Korrosion des Bewehrungsstahls (Stahlbeton) oder des Spannstahls (Spannbeton) führen und unterliegen daher einer baurechtlichen Überwachung. Bei Betonzusätzen wird zwischen **Betonzusatzstoffen** und **Betonzusatzmitteln** unterschieden. Betonzusatzstoffe sind als Volumenbestandteile (z.B. bei der Stoffraumrechnung) zu berücksichtigen, Betonzusatzmittel nicht. Der Beton als klassisches Dreistoffsystem hat sich durch die Betonzusätze zu einem Fünfstoffsystem entwickelt (HIESSL/HILLENBRAND 1992, S. 36).

Betonzusatzstoffe dienen dazu, bestimmte Eigenschaften des Betons (z.B. Geschmeidigkeit des Frischbetons, Wasserdurchlässigkeit des erhärteten Betons) zu beeinflussen. Betonzusätze, die nicht der DIN 4226 bzw. DIN 51043 entsprechen, bedürfen einer baurechtlichen Zulassung bzw. der Erteilung eines Prüfzeichens. Aus stofflicher Sicht interessant sind die als Zusatzstoffe verwendeten Kunstharzdispersionen. Sie können bis zu 10% des Zementgewichtes bei Beton und bis zu 20% bei Mörteln betragen und Verarbeitungs- und mechanische Eigenschaften des Betons entscheidend verbessern.

Betonzusatzmittel dürfen insgesamt 60 ml/kg bzw. 60 g/kg der Zementmenge nicht überschreiten und werden deshalb als Volumenbestandteil des Betons nicht berücksichtigt. Es dürfen jedoch nur solche Zusatzmittel verwendet werden, die ein vom Institut für Bautechnik (IfBt), Berlin, erteiltes gültiges Prüfzeichen haben. Ihre Anwendung ist auf die im Prüfbescheid spezifizierten Bedingungen beschränkt. Derzeit besitzen 325 Betonzusatzmittel, die in acht Wirkungsgruppen eingeteilt sind, ein IfBt Prüfzeichen:

- Betonverflüssiger (80),
- Fließmittel (95),
- Luftporenbildner (30),
- Betondichtungsmittel (19),
- Erstarrungsverzögerer (46),
- Erstarrungsbeschleuniger (38),
- Einpreßhilfen (11),
- Stabilisierer (6).

Die durch das IfBt erarbeiteten Prüfrichtlinien betreffen u.a. die Gleichmäßigkeit, Wirksamkeit und Verträglichkeit des Betonzusatzmittels mit anderen Kom-

ponenten des Betons, enthalten aber keine Anforderungen hinsichtlich des Auslaug- und sonstigen Umweltverhaltens.

Tabelle 6 gibt einen Überblick über die Anwendung und die beabsichtigte Wirkung von Betonzusatzmitteln.

Wie die Übersicht zeigt, können moderne Betonsorten durch den Zusatz entsprechender Mittel sowohl verarbeitungstechnisch als auch in bezug auf definierte Endeigenschaften maßgeschneidert hergestellt werden. Durch den heute dominierenden Einsatz von Transportbeton erfolgt die Verarbeitung dieser oftmals wassergefährdenden Stoffe nicht mehr auf der Baustelle, sondern in spezialisierten Firmen. Dadurch werden bautypische Grundwassergefährdungen, wie sie ansonsten bei der Herstellung von Ortbeton auftreten, reduziert bzw. in die besser kontrollierbaren stationären Betonwerke verlagert. Dem ist allerdings entgegenzuhalten, daß eine Reihe der eingesetzten Zusatzmittel erst aufgrund der spezifischen Anforderungen an die Transport- und Fördereigenschaften des Betons notwendig werden. Das Resultat ist letztlich, daß die Vielfalt der im Beton enthaltenen Stoffe immer größer wird (s. dazu Tab. 1 im Anhang).

Im Jahre 1987 wurden in der Bundesrepublik Deutschland 79.127 t Betonzusatzmittel produziert, 1990 bereits 125.973 t. Betonzusatzmittel werden in der Regel in Wasser gelöst gehandelt und angewandt, so daß zu deren Konservierung Biozide als Gebindekonservierer zugesetzt werden müssen. Diese Biozide kommen im fertigen Beton nur noch in extrem niedrigen Konzentrationen vor (weniger als 0,001 Gewichts-%), so daß sie im Hinblick auf die Grundwasserrelevanz des fertigen Betons von nur untergeordnetem, für die Entsorgung der Gebinde jedoch von großem Interesse sind.

Tab. 6: Wirkung und Anwendung von Betonzusatzmitteln

Art	Wirkung	Anwendung	Bemerkungen
Betonverflüssiger	Verflüssigung durch Herabsetzen der Oberflächenspannung des Wasser. Besseres Benetzen. Feinverteilung des Zements. Wassereinsparung möglich.	Zum Verbessern der Verarbeitbarkeit und/oder Verringern des Wasserzementwerts und/oder Zementgehalts.	Festigkeitserhöhung durch Verringerung des Wasserzementwerts möglich. Bei Überdosierung u.U. Erstarrungsverzögerung bzw. größeres Schwinden und Kriechen.
Fließmittel	Zwei- bis dreifach stärker als Betonverflüssiger. Erhöhung der Frühfestigkeit.	Zur Erzeugung einer fließfähigen Konsistenz.	Wasserabsondern. Entmischungen bei Melaminprodukten möglich. Erhöhung der Verzögerungszeit bei Kombination mit Verzögerern. Schwieriges Untermischen.
Luftporenbildner	Bildung in sich abgeschlossener Feinstporen. Verbesserung der Verarbeitbarkeit. Geringe Wassereinsparung möglich.	Zum Erhöhen des Widerstands des Festbetons gegen Frost und Tausalz. Mindestluftgehalt in Abhängigkeit vom Feinmörtelanteil wählen	Erhöht das Kriechen. Erstarrungsverzögerung u. Druckfestigkeitsminderung möglich. Bei Transportbeton mögliche Veränderung des Luftgehalts beachten.
Dichtungsmittel	Verminderung der Wasseraufnahme durch Verstopfen oder Hydrophobieren der Kapillaren. Verflüssigung.	Bei Feuchtigkeitsandrang, bei wasserundurchlässigem Beton.	Nur wirksam bei wasserundurchlässigem Ausgangsbeton. Festigkeitsverminderung möglich. U.U. Luftporenbildung. Keine Dauerwirkung.
Verzögerer	Verzögerung des Erstarrens. Verlängerung der Verarbeitbarkeitsdauer.	Zum Vermeiden von Arbeitsfugen und von Rissen beim Betonieren auf Lehrgerüsten.	Wirkung abhängig von der chemischen Zusammensetzung des Zements und von der Temperatur. Im allgemeinen höhere Endfestigkeit. Im Falle der Überdosierung sehr lange Erstarrungsverzögerung möglich.
Beschleuniger	Beschleunigung des Erstarrens und/oder Erhärtens, Verkürzung der Verarbeitbarkeitsdauer.	Zum Abdichten von Wassereintrüben. Für Spritzbeton. Zur Erhöhung der Grünstandfestigkeit. Zum Betonieren bei kalter Witterung.	Wirkung abhängig von der chemischen Zusammensetzung des Zements. U.U. erhebliche Festigkeitsminderung. Kein zuverlässiger Gefrierschutz. Bei Überdosierung Umschlagen zu Verzögerern möglich.
Einpreßhilfen	Verflüssigung. Treiben durch Wasserstoff- oder Stickstoffentwicklung. Quellen, Verlängerung d. Verarbeitbarkeitsdauer, Vermeiden d. Blutens, Verbesserung d. Fließens d. Mörtels. Verringerung d. Wasseranspruchs.	Zum Auspressen von Spannkanälen und sonstigen Hohlräumen.	Wirkung abhängig von Temperatur sowie chemischer Zusammensetzung und Alter des Zements. Quellen, Verlängerung d. Verarbeitungsdauer, Vermeiden d. Blutens, Verbesserung d. Fließens d. Mörtels, Verringerung d. Wasseranspruchs.
Stabilisierer	Verbesserung des Zusammenhaltens, Verminderung des Absetzens.	Spritzbeton, Leichtbeton, thixotroper Unterwasserbeton.	In der Regel Festigkeitsminderung.

Quelle: DEUTSCHER BETONVEREIN (1984)

Betontrennmittel

Bei der Verarbeitung von Beton wird der frische Beton mithilfe von Schalungen zu einem Bauteil der gewünschten geometrischen Form gegossen. Damit sich die Schalung nach Aushärtung des Betons leicht und ohne Beschädigung von dem fertigen Bauteil trennen lässt, werden Trennmittel (Schalöle, Entschalungsmittel) aufgebracht, die zwischen dem Beton und der Schalung eine wasserabstoßende (hydrophobierende) Schicht bilden.

Früher wurden Altöle, Abfallöle, Rohöle und Dieselöle als Trennmittel verwendet, die jedoch den heute unter bautechnologischen aber teilweise auch unter Umweltschutzaspekten gestellten Anforderungen nicht mehr genügen. Verwendet werden deshalb nur noch gezielt auf die Trennfunktion hin entwickelte Produkte. Die Gesamtproduktion von Trennmitteln hat sich in den vergangenen Jahren kaum verändert und liegt in den alten Bundesländern bei ca. 5.000 - 6.000 t pro Jahr.

Alle Trennmittel bestehen aus zwei funktionellen Komponenten, nämlich einem Lösemittel und den eigentlich trennenden Wirkstoffen. Anhand der Wirkungsmechanismen bei der Bildung der hydrophoben Trennschicht, unterscheidet man physikalisch und chemisch wirkende Trennmittel. Tabelle 7 gibt einen Überblick über die gebräuchlichsten Stoffe, die in Trennmitteln zum Einsatz kommen.

Tab. 7: Zusammenstellung gebräuchlicher Stoffe in Betontrennmitteln

Lösemittel	physikalisch wirkende Trennmittel	chemisch wirkende Trennmittel
<ul style="list-style-type: none">• Mineralöle• Syntheseöle• Benzine• Fettsäureester• Isopropylalkohol• aromatische Kohlenwasserstoffe (z.B. Xylol)• halogenierte Kohlenwasserstoffe	<ul style="list-style-type: none">• Paraffine• Erdwachse• Pflanzenwachse• modifiziertes Weiß- und Rapsöl• Metallseifen• unverseifbare Harze• Silikonöl• Perfluorether	<ul style="list-style-type: none">• natürliche Fettsäuren• synthetische Fettsäuren und deren Ester• natürliche Triglyceride• Fettalkohole• verseifbare Harze

Quelle: KERN (1991)

Es befinden sich heute noch Trennmittel auf dem Markt, die stark wassergefährdende Substanzen wie etwa Xylol als Lösemittel enthalten, weil diese Stoffe ein besonders gutes Lösevermögen für Fette, Harze und Paraphine und gleichzeitig eine sehr geringe Viskosität aufweisen, die den Auftrag erleichtert (HIESSL/HILLENBRAND 1992, S. 52 f.).

Die Anwendbarkeit eines Trennmittels hängt ganz wesentlich von dem Material ab, aus dem die Schalung hergestellt wird. Je nach Schalungsmaterial unterscheidet man zwischen saugenden Schalungen (Holz und Holzwerkstoffe) und nicht saugenden Schalungen (Stahl, Aluminium, Kunststoff sowie beschichtete, imprägnierte oder versiegelte Holz- und Hartfaserplatten). Trennmittel für saugende Schalungen enthalten neben den entsprechenden Trennwirkstoffen eine Reihe von Zusätzen, die gegen

- das Austrocknen der Schalung,
- das Aufrichten der Holzfasern der Schalung,
- Fäulnis der Schalung,
- Porenbildung,
- das Eindringen von Holzinhaltsstoffen in den Beton und
- als Emulgatoren.

wirken sollen. Auch Trennmittel für nichtsaugende Schalungen enthalten auf das jeweilige Schalungsmaterial abgestimmte Pflegezusätze, wie z.B. Rostschutzmittel, Spreitungsmittel, Antioxidantien, Wasserverdränger, Verdünnungsmittel und Emulgatoren. Trotz der geringen Konzentrationen dieser Zusätze (typische Auftragsmengen von Trennemulsionen auf saugende Schalungen liegen bei ca. 30 g/m² Schalungsoberfläche) stellen sie nach der Einschätzung von HIESSL/HILLENBRAND nicht nur ein Gesundheitsrisiko, sondern auch ein erhebliches Umweltgefährdungspotential dar (ebd. S. 53).

Beton-Polymer-Verbundwerkstoffe

Durch den Einsatz von Polymeren bzw. polymerisierbaren Monomeren kann das Verarbeitungs- und Gebrauchsverhalten von Beton wesentlich verbessert und sein technisch-wirtschaftlicher Anwendungsbereich beträchtlich erweitert werden. Bei den daraus resultierenden Verbundwerkstoffen unterscheidet man drei Gruppen:

- Polymer concrete (PC): Zuschlagstoffe werden mit kalthärtenden Polymeren verkittet, es wird kein Zement benötigt.

- Polymer cement concrete (PCC): Neben Zement enthält der Beton noch 5 - 20% Polymere bezogen auf den Zementgehalt.
- Polymer impregnated concrete (PIC): Die Poren des festen Betons werden mit Monomeren verfüllt, die nach der Polymerisation die Durchlässigkeit des Betons entscheidend verringern (Versiegelung).

Gegenüber klassischen Betontypen auf hydraulischer Basis weisen PCC-Materialien eine leichtere Verarbeitbarkeit, bessere Haftung, geringere Rissegefahr und bessere Nachbehandlungseigenschaften auf. Für die Herstellung von PCC-Materialien werden die Kunststoffe in Form von Dispersionen dem Beton zugegeben. Aufgrund der Alkalinität des Betons müssen die Polymerbinder verseifungsfest und alkalistabil sein.

Um die Stabilität und Verarbeitbarkeit der Dispersionen zu gewährleisten, werden verschiedene Weichmacher, Tenside, Konservierungsmittel, Stabilisatoren und Katalysatoren hinzugefügt. Diese gehören zu verschiedenen Stoffgruppen, ihre Endkonzentration im Baustoff ist relativ niedrig. In Tabelle 8 sind wesentliche Stoffe und Stoffgruppen für die Herstellung von Beton-Polymer-Verbundwerkstoffen zusammengefaßt.

Tab. 8: Monomere und Polymere für die Herstellung von Beton-Polymer-Verbundwerkstoffen

Polymer Concrete (PC)	Polymer Cement Concrete (PCC)	Polymer Impregnated Concrete (PIC)
<ul style="list-style-type: none"> • Epoxidharz • ungesättigte Polyesterharze • Polymethan • Phenol-Formaldehydharz • Furanharz • ungesättigtes Polyester-Styrol 	<ul style="list-style-type: none"> • Polyvinylpropionat und Copolymere • Polyvinylacetat und Copolymere • Polyacrylat-Acrylnitril-Copolymere • sonstige Polyacrylate • Styrol-Butadien-Latices • Neopren-Latices • Chloropren-Dispersionen • Epoxidharz-Dispersionen 	<ul style="list-style-type: none"> • Harze auf der Basis von Methylmethacrylat • Styrol • Vinylchlorid • Acrylnitril und verschiedene Copolymere • Siloxane • Silikonharze • Öle (Leinölfirnis u.a.)

PIC-Materialien stellen eine wichtige Gruppe hochspezialisierter Betontypen dar. Um Stahlbeton gegenüber Wasserschäden zu schützen, wird PIC z.B. im Brückenbau, im Kühlturm- und Kaminbau eingesetzt. Imprägnierter Beton findet auch dort Anwendung, wo hohe mechanische Belastungen entstehen; weiterhin können durch Imprägnieren Abriebfestigkeit, Rissefreiheit, Reinigungsfähigkeit und chemische Beständigkeit des Betons nachhaltig verbessert werden. Zum Einsatz gelangen zunehmend Reaktionsharze und gelöste Polymere, während im Wasser dispergierte Systeme an Bedeutung verlieren.

2.2 Holzschutzmittel

Unter mitteleuropäischen Witterungsbedingungen ist der Schutz von Holzbauteilen im Außenbereich unabdingbar. Einheimische Hölzer weisen im unbehandelten Zustand eine Lebensdauer von weniger als 10 Jahren (Fichte, Tanne) bis zu 25 Jahren (Eiche) auf. Durch geeignete Holzschutzmaßnahmen kann die Lebensdauer des Holzes um ein mehrfaches erhöht werden.

Die DIN 52175 definiert Holzschutz als die Anwendung von Maßnahmen zur Verhütung einer Wertminderung oder Zerstörung von Holz und Holzwerkstoffen und damit zur Verlängerung der Lebensdauer. In der DIN 68800, Teil 3, werden Gefährdungsklassen des Holzes festgelegt. Diese Klassen werden definiert anhand typischer Gefährdungen durch:

- Insekten, wie z.B. Hausbock, Bockkäfer, Nage-, Bohr- und Splintholzkäfer sowie deren Larven ("Holzwürmer"), Holzwespen, Termiten, Bohrrassel und Bohrmuschel;
- Pilze, wie z.B. Hausschwamm, Blättlinge, Moderfäule- und Bläuerreger; ein Pilzbefall ist immer dann wahrscheinlich, wenn die Holzfeuchte 20% langfristig übersteigt.
- Auswaschung. Diese Gefahr liegt vor, wenn Holz durch Niederschläge, Spritzwasser und dergleichen beansprucht wird (dies gilt nicht für eine vorübergehende Beanspruchung der Holzoberfläche durch Tau oder Reif).
- Moderfäule. Diese Gefährdung ist allgemein gegeben, wenn ein ständiger Erd- und/oder Wasserkontakt besteht und bei Außenteilen eine erhöhte Schmutzablagerung in Rissen und Fugen auftritt.

Immer dann, wenn durch bauliche Maßnahmen (z.B. Schutz vor Spritz- und Tauwasser durch entsprechende konstruktive Ausführung, Hinterlüftung von Verkleidungen u.ä.) eine Gefährdung des verbauten Holzes nicht mit ausreichender Sicherheit verhindert werden kann, muß chemischer Holzschutz angewandt werden. Chemischer Holzschutz allein kann und soll jedoch, wie die erwähnte DIN-Norm ausdrücklich betont, bauliche Mängel und Fehler nicht ausgleichen.

Die wichtigsten Anwendungsbereiche für den Chemischen Holzschutz sind:

- Bauwesen
Holzverwendung im Hochbau,
Holz für konstruktive Zwecke (z.B. Dachstuhl und Dachhaut),
Holz als Ein- und Ausbaumaterial (z.B. Fenster, Fensterläden, Außentüren, Tore, Außenverkleidungen, Balkone, Wintergärten),
Holz für Kleinbauten (z.B. Gartenhäuser, Geräteschuppen, Carports),
Brücken,
- Außenverwendung (ohne Bauwesen)
Schwellen,
Masten,
Pfähle für die Land und Forstwirtschaft, Wein- und Obstbau,
Garten- und Landschaftsbau (z.B. Palisaden, Pergolen, Zäune, Spielplatzeinrichtungen, Holzpflaster),
Gartenmöbel,
- Bergbau (z.B. Gruben- und Pfeilerholz),
- Holzwerkstoffe (z.B. Spanplatten, Sperrholz),
- Verpackungen aus Holz (z.B. Kabel- und Seiltrommeln, Paletten).

Für Bauteile, die eine tragende oder aussteifende Funktion in baulichen Anlagen haben, etwa Dachstühle, Holzkonstruktionen und Stützen, wird von der Bauaufsicht ein dauerhafter Schutz gegen holzerstörende Pilze und Insekten gefordert, um die Standsicherheit des Bauwerks zu gewährleisten. Dafür dürfen in der Bundesrepublik Deutschland bisher nur Holzschutzmittel verwendet werden, die eine amtliche Zulassung durch das Institut für Bautechnik und damit ein Prüfzeichen mit entsprechendem Prüfprädiat ("IfBt-Holzschutzmittel") besitzen.

Alle anderen Holzbauteile gehören zum nicht konstruktiven Bereich. Darunter fallen z.B. Zäune, Palisaden, Pfähle, Masten, Giebelverschalungen, Fensterrahmen, Sauna-Anlagen, Hölzer im Landschafts-, Wasser-, Hafen- und Kühlturmbau (HIESSL/HILLENBRAND 1992, S. 153). Die Entscheidung über den Einsatz und die Auswahl von chemischen Holzschutzmitteln liegt hier ausschließlich beim Bauherrn bzw. seinem Beauftragten. Für Holzschutzmittel, die in dem weiten Bereich des vorbeugenden und bekämpfenden Schutzes von statisch nicht beanspruchten Holzbauteilen eingesetzt werden sollen, können allerdings die Hersteller auf freiwilliger Basis ein Gütezeichen der Gütegemeinschaft Holzschutzmittel e.V. Frankfurt (**RAL-Gütezeichen**) beantragen. Die Kriterien für die Vergabe des RAL-Gütezeichens entsprechen im wesentlichen denen für die Vergabe des IfBt-Prüfzeichens. Beide Zeichen werden erst nach einer gesundheitlichen Bewertung durch das Bundesgesundheitsamt vergeben. Eine Beurteilung der Umwelteigenschaften der zuzulassenden Holzschutzmittel übernimmt seit 1992 das Umweltbundesamt im Auftrag des IfBt. Eine analoge Beteiligung des Umweltbundesamtes soll künftig auch bei der Erteilung des RAL-Gütezeichens erfolgen.

Hervorzuheben bleibt jedoch, daß der überwiegende Teil der Holzschutzmittel bisher ohne Prüf- oder Gütezeichen auf den Markt gebracht wird, d.h. ihre Umweltverträglichkeit ist von keiner unabhängigen Einrichtung geprüft worden (ebd. S. 154). Die Gesamtzahl der auf dem deutschen Markt angebotenen Holzschutzmittel wird auf über 1000 geschätzt, von denen nur knapp ein Viertel mit einem Prüf- oder Gütezeichen ausgestattet sind (WILLEITNER/BRÜCKNER 1992).

Holzschutzmittel lassen sich anhand ihrer Beschaffenheit in drei Hauptgruppen einteilen (HIESSL/HILLENBRAND 1992, S. 151):

- Wasserlösliche Produkte: Hierzu gehören hauptsächlich Holzschutzsalze (anorganische Salze oder Salzgemische), aber auch einige wenige sonstige wasserlösliche bzw. mit Wasser verdünnbare Holzschutzmittel. Meist werden diese Präparate jedoch anwendungsfertig als Flüssigformulierung angeboten.
- Lösemittelhaltige Produkte: Hierzu gehören vor allem die lösemittelhaltigen Holzschutzmittel ohne Bindemittelanteile. Darüber hinaus umfaßt diese Gruppe aber auch Holzschutz-Grundierungen, Holzschutz-Lasuren und Holzschutzfarben. Die bioziden Wirkstoffe sind hier i.d.R. organischer Art,

die in einem geeigneten organischen Lösemittel gelöst zur Anwendung kommen.

- Ölige Produkte: Hierzu gehören vor allem teeröhlhaltige Holzschutzmittel, wie z.B. spezielle Steinkohle-Destillate. Teeröle (Kreosot = Steinkohlen-, Braunkohlen- und Holzteeröle) sind Gemische einer Vielzahl von Einzelverbindungen. Hauptbestandteile sind biozid wirkende aromatische Kohlenwasserstoffe (z.B. Naphtaline, Diphenyl, Fluoranthen, Pyren), N-haltige Heterocyclen (z.B. Pyridin, Chinoline, Isochinolin) und Phenole, die in ihrer Gesamtheit dem imprägnierten Holz einen Langzeitschutz geben. Aufgrund ihres starken Eigengeruchs, der Neigung zum Ausschwitzen und mangelnder Überstreichbarkeit können sie nur für im Freien verbauten Holz (Masten, Schwellen, Zäune) verwendet werden. Durch die Teerölverordnung wird ihre Anwendung eingeschränkt, ohne jedoch zu einem generellen Anwendungsverbot dieser Stoffgemische zu kommen.

Vollständige Daten über den Verbrauch an Holzschutzmitteln in der Bundesrepublik Deutschland liegen nicht vor (HIESSL/HILLENBRAND 1992, S. 167). WILLEITNER/BRÜCKNER schätzen aufgrund eigener Erhebungen die jährlich eingesetzte Holzschutzmittelmenge folgendermaßen ein:

- 10.000 t Schutzsalze (überwiegend anorganische), die vor der Anwendung in gebrauchsfertige Lösungen zu bringen bzw. zu verdünnen sind;
- 17.000 t Steinkohleteeröl, das unverdünnt angewendet wird;
- 20.000 t sonstige Holzschutzmittel (insbes. "Lösemittelhaltige Holzschutzmittel ohne Bindemittelanteile", "Holzschutz-Grundierungen" und "Holzschutz-Lasuren"), die gebrauchsfertig ausgeliefert werden und in der Regel Biozideanteile unter 5%, z.T. unter 1% haben.

Hinzu kommen durch importiertes Holz jährlich noch ca. 1.000 t Holzschutzsalze. Am Gesamtverbrauch sind die Industrie mit 42%, das Handwerk mit 23% und der Do-It-Yourself-Bereich mit 35% beteiligt (WILLEITNER/BRÜCKNER 1992).

Die Haupteigenschaft der Holzschutzmittel besteht in ihrer bioziden Wirkung. Dabei dominiert die Anwendung als Fungizid und Insektizid. Um fungizide und insektizide Eigenschaften in einem Holzschutzmittel zu vereinen, enthalten die verschiedenen Holzschutzmittel oft Kombinationen unterschiedlicher biozider Wirkstoffe.

In einer breitangelegten Studie zum Einsatz von Holzschutzmitteln in der Bundesrepublik Deutschland untersuchten WILLEITNER und BRÜCKNER (1992) ca. 400 Holzschutzprodukte auf der Grundlage von Befragungen der Hersteller und der Auswertung von Technischen Merkblätter und Produktdatenblättern. Tabelle 2 (im Anhang) listet die in den untersuchten Holzschutzprodukten enthaltenen bioziden Wirkstoffe, einschließlich ihrer Einsatzkonzentrationen und ihrer Einsatzbereiche, auf.

Die verwendeten Biozide zählen i.d.R. zur Gruppe der organischen Stoffe. Anorganische Salze dominieren bei den wasserlöslichen Holzschutzmitteln. So enthalten schwer auslaugbare Holzschutzsalze, die für starke Auswaschbeanspruchung und für Hölzer, die im direkten Kontakt mit Erdreich oder Wasser stehen, eingesetzt werden, in jedem Fall Kupfersalze. Problematisch ist, daß durch die Kombination von insektiziden und algiziden Wirkstoffen human- und ökotoxische Synergismen entstehen können, deren Beschreibung momentan kaum möglich ist. Weiterhin sollte nicht unerwähnt bleiben, daß die Stoffvielfalt der eingesetzten Holzschutzmittel effektive, retrospektive Kontrollen zu einem analytischen Problem werden läßt. Langzeitmonitoring und umweltchemische Überwachungen wären zwar prinzipiell möglich, aufgrund der zu erwartenden enormen Kosten aber kaum finanzierbar.

2.3 Baugrundinjektionsmittel

Vor allem im Rahmen von Tiefbaumaßnahmen ist häufig eine Verfestigung des Untergrunds zur Erhöhung seiner Tragfähigkeit notwendig, damit die aus dem Bauwerk entstehenden Lasten aufgenommen werden können und die Durchströmung oder Durchsickerung von Grund- bzw. Bodenwasser verhindert oder begrenzt wird. Dabei werden die Hohlräume des Untergrunds (Klüfte, Spalten, Risse, Poren) mit einem erstarrenden Material verfüllt, welches unter Druck eingepreßt wird. Der so hergestellte Injektionskörper verbleibt im Boden, wobei er je nach der zu lösenden Aufgabe sowohl oberhalb wie auch unterhalb des Grundwasserspiegels liegen kann (HIESSL/HILLENBRAND 1992, S. 79).

Aufgrund der Vielzahl der heute zur Verfügung stehenden Injektionstechniken und -materialien ist das Anwendungsspektrum von Baugrundinjektionen außerordentlich breit. HIESSL/HILLENBRAND nennen beispielhaft die folgenden besonders wichtigen Einsatzmöglichkeiten:

- *Gebäudeunterfahrungen und Gründungen:* Hier werden durch Einpressen Baukörper nach statischen Erfordernissen zur Aufnahme von Lasten erstellt.
- *Schirminjektionen bei der Unterfahrung von Bauwerken:* Oft müssen beim Bau z.B. von U-Bahnen im innerstädtischen Bereich bestehende Gebäude unterfahren werden, wobei der Abstand zwischen Fundamentunterkante und Tunnelfirst oft nur wenige Meter beträgt. Durch sog. Schirminjektionen wird der Boden zwischen Fundament und Tunnel verfestigt, damit die Bodenpressungen infolge der Gebäudelast gleichmäßig, die Gebäudesetzungen infolge Lastumlagerungen beschränkt und verringert und der Tunnelquerschnitt vor dem Einbrechen gesichert werden.
- *Injektionen im Tunnel- und Stollenbau:* Hierbei wird durch Einpressungen vor dem Vortrieb des Tunnels/Stollens in Verwerfungszonen mit schlechten Gebirgseigenschaften oder in stark wasserführenden Zonen der Bau des Tunnels/Stollen erst ermöglicht.
- *Dichtungsschirm im Fels unter Sperrenbauwerken:* Hier ist die Unter- und Umläufigkeit von Staumauern und sonstigen Sperrenbauwerken des Wasserbaues zu unterbinden. Hierzu werden meist ein- oder mehrreihige Injektionen durchgeführt, wobei die Anordnung, Lage und Richtung der Injektionslöcher an die jeweiligen geologischen Gegebenheiten (Ausrichtung und Orientierung der Kluft- und Schichtsysteme) angepaßt werden.
- *Dichtungsschürzen im Lockergestein unter Sperrenbauwerken:* Hier liegt, ähnlich wie beim vorangegangenen Beispiel, die Aufgabe vor, den alluvialen Untergrund unter einem Sperrenbauwerk mit mehrreihigen Injektionen (sog. Injektionsschürzen) abzudichten und ferner das Dichtungselement des Dammes an den Felshorizont anzuschließen.
- *Baugrubenabdichtungen und Sohldichtungen:* Da in innerstädtischen Bereichen Grundwasserabsenkungen zur Trockenhaltung von Baugruben zunehmend unerwünscht sind, werden stattdessen durch Injektion hergestellte Sohldichtungen in Verbindung mit dichten Baugrubenumschließungen (z.B. durch Spund- oder Schlitzwände) vorgenommen. Dieselbe Technologie kann auch zur Einkapselung von Altlasten eingesetzt werden.

Um die gewünschte Wirkung zu erreichen, muß das verwendete Injektionsmaterial der Beschaffenheit des Baugrunds (Durchlässigkeit des Bodens) angepaßt sein.

In der Regel wird die Injektionsmischung sogar noch im Verlauf der Injektionsarbeiten verändert und optimiert. Tabelle 9 faßt Arten und Anwendungsmöglichkeiten verschiedener Injektionsmaterialien in Fels, Lockergestein und Bauwerken zusammen.

Tab. 9: Arten und Anwendungsmöglichkeiten des Einpreßgutes in Fels, Lockergestein und Bauwerken

	Hohlräume in	Abdichtung	Verfestigung	
1	Locker- gestein	Kies	Tonzementsuspension Tonzementsuspension und Silikatgel	Zementsuspension Tonzementsuspension Tonzementsuspension und Silikatgel
2		Sand	Silikatgel Tonsuspension	Silikatgel
3		schluffiger Sand	Silikatgel Kunststofflösung (wäßriges oder nichtwäßriges System)	Silikatgel Kunststofflösung (nichtwäßriges System)
4	Fels	Hohlräume (Karst, große Klüfte)	Zementpaste Zementmörtel Zementsuspension Tonzementsuspension Schaumstoff	Zementpaste Zementmörtel Zementsuspension Tonzementsuspension
5		Klüfte (> 0,1 mm)	Zementsuspension Tonzementsuspension Tonzementsuspension und Silikatgel	Zementsuspension Tonzementsuspension Tonzementsuspension und Silikatgel
6		Klüfte (≤ 0,1 mm)	Silikatgel	Silikatgel Kunststofflösung (nichtwäßriges System)
7	Bau- werke	Hohlräume (Stollen, Kanäle)	Zementpaste Zementmörtel Zementsuspension	Zementpaste Zementmörtel Zementsuspension
8		Fugen und Risse (> 0,1 mm)	Zementsuspension Tonzementsuspension	Zementsuspension Tonzementsuspension
9		Risse (≤ 0,1 mm)	Kunststofflösung (wäßriges oder nichtwäßriges System)	Kunststofflösung (wäßriges oder nichtwäßriges System)

Quelle: TAUSCH (1990)

Injektionsmittel auf Zement und Tonbasis

Klassische Injektionsmittel auf Zement- und Tonbasis werden nur bei grobkörnigen Lockergesteinen und in Sonderfällen in Verbindung mit chemischen Injektionsmitteln angewandt. Im Prinzip sind alle herkömmlichen Normzemente für Einpressungen einsetzbar. Um jedoch eine größere Beständigkeit gegen aggressive (sulfathaltige) Wässer zu erlangen, wird häufig Hochofenzement verwendet. Durch den Einsatz spezieller Feinstzemente, die sowohl eine höhere Resistenz gegen chemische Angriffe als auch eine höhere Festigkeit und geringere Durchlässigkeit des verpreßten Bodenkörpers garantieren, konnte das Anwendungsgebiet der klassischen Injektionsmittel noch erweitert werden. Da sie im Vergleich etwa zu Kunststoffinjektionen ungleich kostengünstiger sind, treten sie nunmehr in direkte Konkurrenz mit den chemischen Injektionssystemen. Um die Fließ- und Sedimentationseigenschaften der Injektionsmittel auf Zementbasis zu verbessern, werden häufig Betonzusatzmittel (Verflüssiger, Fließmittel, Erstarrungsverzögerer) verwendet (s. dazu oben Kap. 2.1). Genauere Angaben zum Einsatz der verschiedenen Stoffe und ihrer Konzentration im ausgehärteten Beton liegen nicht vor.

Chemische Injektionsmittel

Bei chemischen Injektionen handelt es sich hauptsächlich um Injektionen auf Silikatbasis oder um die Injektion von Kunststoffen.

Silikatinjektionen bestehen hauptsächlich aus Wasserglas, einer kolloidalen Lösung von Siliziumdioxid in Wasser, wobei Natronlauge als Lösungsmittel und als Stabilisator wirkt. Bei modernen Injektionsmitteln wird ein Härter zugesetzt, der das Wasserglas nach dem Einpressen im Untergrund verfestigt. Organische Härter ergeben Hartgele, die zur Baugrundverfestigung benötigt werden, während anorganische Härter Weichgele liefern, die zu Abdichtungszwecken verwendet werden.

Als **organische Härter** werden zum Beispiel verwendet:

- Ester (Verbindungen aus anorganischen und organischen Säuren mit Alkohol): Im alkalischen Milieu der verdünnten Wasserglaslösung findet eine Hydrolyse statt, bei der Säure (in Form ihrer Salze) und Alkohol frei werden, die beide Fällmittel für das Silikat sind. Gebräuchliche Ester sind Ethylacetat, Glycerinester (z.B. Glycerinmonoester, Glycerindiester), Dicarbon-

säuremethyl- und -ethylester. Darüber hinaus werden aber auch technische Estergemische (sog. Durcisseurs) verwendet.

- Formamid: Hierbei kommt es zu einer Hydrolyse zu Ammonium-Formiat. Dieses bewirkt dann die Gelbildung des Wasserglases.

Als **anorganische Härter** kommen z.B. Natriumaluminat oder Phosphorsäure in Betracht (HIESSL/HILLENBRAND 1992, S. 86).

Bei der im Untergrund ablaufenden Verfestigung des Wasserglases bildet sich Wasser, das aus dem Oberflächen- und Porenwasser der Bodenmatrix und dem als Lösungsmittel dienenden Wasser des Injektionsmittels zusammengesetzt ist und somit alle darin gelösten Stoffe enthält. **Der Stoffübergang vom aushärtenden Injektionsmittel in den umgebenden Boden oder das Grundwasser erfolgt somit nahezu direkt.**

Neuere Injektionsmischungen auf der Basis von Silicasol (kolloidale Dispersionen von amorphem Siliziumdioxid) führen beim Kontakt mit dem mineralischen Untergrund zu pseudokristallinen Calciumsilikaten, wie sie auch bei hydraulischen Bindemitteln (Zement) vorkommen. Die entstehenden Injektionskörper sind stabiler gegenüber dem Boden und Grundwasser als herkömmliche Silikate auf Wasserglasbasis.

Obwohl Injektionsmittel auf Basis von Kunststofflösungen ca. 10-80 mal so teuer sind wie die klassischen Wasserglassysteme, finden sie aufgrund ihrer spezifischen Eigenschaften dort Anwendung, wo andere Stoffe versagen. Kunststoffinjektionsmittel eignen sich vor allem für sehr feinkörnige Böden und für den Bereich des Bergbaus, wo sie zur Abdichtung von Stollen und Schächten gegen z.T. chemisch aggressive und aufgeheizte Wässer sowie zur Verfestigung brüchiger Schichten eingesetzt werden (HIESSL/HILLENBRAND 1992, S. 89).

Im Hinblick auf den Charakter der erhärteten Produkte lassen sich die Injektionsmittel auf Kunststoffbasis folgendermaßen einteilen (KUTZNER 1991):

- **Gele:** Sie sind auf Basis von Silikatsulfonaten, Acrylamiden (z.B. Acrylamid, Polyacrylamid, Acrylat) oder Ligninsulfonaten aufgebaut.
- **Harze:** Sie sind auf Basis von Phenoplasten oder Phenolharzen (aus Resorcin und Formaldehyd), Aminoplasten (aus Harnstoff und Formaldehyd), Polyesterharzen und Epoxidharzen (Epoxide z.B. Ethylenoxid, Propylenoxid, Isobutyleneoxid) aufgebaut. Nachteilig bei Harzen ist, daß sie zur Aushär-

tung eine saure Umgebung (pH-Werte < 7) benötigen, wohingegen der Baugrund in der Regel eher neutral bis schwach basisch ist.

- **Schäume oder Schaumstoffe:** Sie sind durch die zum Aufschäumen notwendige Gasentwicklung charakterisiert, wodurch eine erhebliche Volumenvergrößerung resultiert. Der dabei entstehende Druck bewirkt eine selbsttätige Sekundärinjektion feiner Risse und Poren in der Umgebung des durch die Primärinjektion erreichten Baugrundbereiches. Es wurden neben Polyurethanschäumen (PUR-Schäume) auch Schäume auf Basis eines Gemisches von Aceton, Formaldehyd und weiteren Komponenten eingesetzt. Hierzu zählen z.B. Polythixon-Injektionen. Das Polythixon schäumt bei Zutritt von Wasser (Grundwasser) unter starker Volumenvergrößerung auf und härtet zu einem Schaum aus. Um jedoch einen dauerbeständigen Schaum zu erhalten, müssen Zusatzmittel verwendet werden oder es muß mit Zementinjektionen nachinjiziert werden.

Nach DIN 4093 dürfen nur solche Kunstharze verwendet werden, die eine Werksbescheinigung (Bescheinigung DIN 50 049-2.1) haben und eine definierte Zusammensetzung und Dichte aufweisen. Aussagen über mögliche Grundwassergefährdungen sind nicht erforderlich.

Injektionsmittel auf Bitumenbasis

Bitumen als Injektionsmittel werden hauptsächlich im Straßen- und Wasserbau angewendet. Bitumen ist ein Rückstandsprodukt der Erdöldestillation. Es wird oftmals mit dem bei der Hochtemperaturverkokung gewonnenen Teeren und Teerpechen verwechselt. Im Gegensatz zu den Teeren und Teerpechen enthält Bitumen aber nur geringe Konzentrationen an den human- und ökotoxisch besonders relevanten polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen. Der durch Mischen von Bitumen mit mineralischen Füllstoffen hergestellte Asphalt ist ein wesentlicher Baustoff im Straßenbau, der besonders inert gegenüber aggressiven Umweltmedien ist. Bei der relativ seltenen Anwendung von Bitumen als Injektionsmittel gelangt eine entweder kationisch oder anionisch stabilisierte Emulsion zum Einsatz.

Obwohl Baugrundinjektionen einen wichtigen Bereich des Tiefbaus darstellen, liegen keine aktuellen Daten hinsichtlich Art und Menge der in Deutschland produzierten angewendeten Injektionsmittel vor. Nach der Schätzung von HIESSL/HILLENBRAND wurde bis 1963 ca. 100.000 m³ Boden durch Silikatin-

jektionen verfestigt. Bis Anfang der 80er Jahre erhöhte sich dieses Volumen auf ca. 100.000 - 200.000 m³/a, wobei jährlich 20.000 - 40.000 t chemischer Lösungen verpreßt wurden (MÜLLER-KIRCHENBAUER 1985).

2.4 Geosynthetische Werkstoffe

Geosynthetics ist der Oberbegriff für synthetische Materialien und Werkstoffe, die als Flächengebilde in der Boden- und Felsmechanik, der Ingenieurgeologie, dem Wasserbau, Siedlungswasserbau, Straßen- und Verkehrswegebau zur Modifikation von Boden- und Baugrundeigenschaften eingesetzt werden. Im vorliegenden Zusammenhang sind diese Materialien relevant, da sie in der Regel direkt im Untergrund eingebaut werden und dort über sehr lange Zeit verbleiben (HIESSL/HILLENBRAND 1992, S. 105).

Nach dem Kriterium ihrer Wasserdurchlässigkeit lassen sich die Geosynthetics unterteilen in **wasserdurchlässige** Materialien (Geotextilien, Geogitter), **wasserundurchlässige** Materialien (Kunststoffdichtungsbahnen, Geomembranen) und Mischformen (Geokompositen).

Geotextilien

Textile Flächengebilde wie Gewebe, Vliesstoffe und Verbundstoffe werden u.a. verwendet als

- Filterschichten (z.B. im Deckwerksbau),
- Dränschichten (z.B. im Tunnelbau),
- Trennschichten (z.B. unter Dammschüttungen),
- Schutzschichten (z.B. für Dichtungen mit Kunststoffdichtungsbahnen),
- Bewehrungselement (z.B. zur Sicherung von steilen Böschungen),
- Verpackungsmaterial (z.B. in Sack- und Schlauchform).

Aufgrund ihrer Einsatzbereiche stehen Geotextilien zwangsläufig in einem sehr engen Kontakt mit dem Sickerwasser im Boden und damit direkt oder indirekt auch mit dem Grundwasser (HIESSL/HILLENBRAND 1992, S. 107). Wegen der hohen Anforderungen an die Fasern, vor allem bei Verwendung im Erd- und Wasserbau, werden hauptsächlich synthetische Werkstoffe verwendet. Die gebräuchlichsten Faserstoffe sind: Polyacryl und Polyacrylnitril, Polyamid, Polyester, Polyethylen, Polypropylen, in Ausnahmefällen cellulosische Naturfasern.

Kunststoffdichtungsbahnen

Damit werden Bahnen mit einer Mindestdicke von 1 mm bezeichnet, die im Gegensatz zu den Geotextilien wasserundurchlässig sind. Sie finden u.a. Anwendung im

- Dammbau (z.B. für Dichtungsmaßnahmen am Sperrenbauwerk, Dichtung des Untergrundes),
- Deichbau und Küstenschutz (z.B. für Dichtungsmaßnahmen und Erosionsschutz am Sperrenbauwerk),
- Verkehrswasserbau (z.B. für Dichtungsmaßnahmen im Sohlen- sowie im Böschungsbereich von Schiffahrtskanälen),
- Kulturwasserbau (z.B. für Dichtungssysteme von Entwässerungs- und Abwasserkanälen, in Klär- und Absetzbecken, Lining-Systeme zur Sanierung von Abwasserkanälen),
- Grundwasserschutz (Altablagerungen und Altlaststandorte, Dichtwände, Sicherung von Betriebsgeländen und Verkehrsflächen),
- Deponiebau (Deponiebasisabdichtungen, Oberflächenabdichtungen von Deponien).

Bei der Herstellung der heute eingesetzten Kunststoffdichtungsbahnen werden hauptsächlich **teilkristalline Thermoplaste** (Polyethylen hoher und niedriger Dichte), **amorphe Thermoplaste** (modifiziertes Polyethylen, chloriertes Polyethylen, Polyvinylchlorid-weich, Ethylenvinylacetatcopolymer, Copolymerisat aus Ethylen mit Buten und/oder Hexen und/oder Octen, Polyisobutylene) und **Elastomere** (Butyl-Kautschuk, Ethylen-Propylen-Terpolymer-Kautschuk, Polychloropren-Kautschuk, Butadien- Acrylnitril-Kautschuk, Chlorsulfoniertes Polyethylen) verwendet.

Aktuelle Zahlen über den Verbrauch von geosynthetischen Werkstoffen in der Bundesrepublik Deutschland liegen nicht vor. 1984 wurde die mit Kunststoffdichtungsbahnen belegte Gesamtfläche auf ca. 5 Mio. m² geschätzt (KNIPSCHILD 1984). Zum Vergleich sei der Absatz von Geosynthetics auf dem nordamerikanischen Markt angeführt: Hier wurde von 5 Mio. m² im Jahre 1976 ein Zuwachs auf 100 Mio. m² im Jahre 1982 verzeichnet. Für 1991 wurde ein Absatz von 300 Mio. m² prognostiziert.

Additive

Geosynthetics stehen häufig in direktem Kontakt mit Boden und Grundwasser und sind daher außerordentlich hohen Belastungen ausgesetzt, insbesondere durch

- chemische Beanspruchung durch aggressive Stoffe im Sickerwasser oder Grundwasser,
- Oxidationsprozesse, ausgelöst durch den von außen in den Kunststoff eindiffundierenden Sauerstoff,
- wechselnde Feuchtigkeitsverhältnisse,
- UV-Strahlung (photochemischer Abbau),
- biologische Beanspruchung (Durchwurzelung, Schädigung durch Nager, mikrobiologische Prozesse),
- mechanische Beanspruchung (Setzungen, Eigengewicht an Böschungen).

Die einzelnen Faktoren können durch synergistische Effekte verstärkt werden. So wird z.B. durch eine Erhöhung der Temperatur das Reaktionsvermögen des Polymer gesteuert, was zu einer Beschleunigung des Alterungsprozesses führt (s. dazu ausführlich HIESSL/HILLENBRAND 1992, S. 119 ff.). Die großen Belastungen, denen Geosynthetics standhalten müssen, führen zu entsprechend hohen Anforderungen an die Dichtigkeit, Festigkeit und Langzeitbeständigkeit der verwendeten Materialien. Durch eine entsprechende Auswahl und Zusammensetzung der Werkstoffe und der Herstellungsverfahren (z.B. Polymerisationsgrad) sowie durch den gezielten Einsatz von Additiven ist es heute möglich, die Eigenschaften der Produkte zu variieren und den spezifischen Anforderungsprofilen anzupassen. In Tabelle 10 sind die wichtigsten Kunststoffadditive, nach Funktionen getrennt, zusammengestellt.

Art und Menge der eingesetzten Additive hängen von dem jeweiligen Polymer, den Verarbeitungsmethoden und nicht zuletzt von den angestrebten Verwendungseigenschaften des Endprodukts ab. Die detaillierten Rezepturen sind Produktionsgeheimnisse der Hersteller und werden nicht bekanntgegeben. Ebenso wird eine Publikation der Rahmenrezepturen derzeit von den Herstellern abgelehnt (HIESSL/HILLENBRAND 1992, S. 123). Aufgrund dieser Informationslage können keine Angaben über und Art und Menge der tatsächlich verwendeten Additive gemacht werden. Die weitere Diskussion muß sich also auf eine allgemeine Darstellung typischer Additive beschränken.

Tab. 10: Wichtige Kunststoffadditive

Additiv	Stoffgruppen
Weichmacher	Phthalsäureester, Dicarbonsäureester, Polyester aus Adipin-, Sebacin-, Azelain- oder Phthalsäure mit Diolen, Phosphate, Fettsäureester, Zitronensäureester, Epoxidweichmacher
Stabilisatoren	Benzophenone, Blei-, Zinn-, Barium/Cadmium-Stabilisatoren, Alkyl- und Dalkyl-Zinnverbindungen
Antioxidantien	Thiobisphenole, Alkyliden-Bisphenole, Alkylphenole, Hydroxibenzyl-Verbindungen, Hydroxyphenylpropionat, Amine, Thioether, Phosphite und Phosphonite, Zink-dibutyl-dithiocarbamat
Antistatika	Polyethylenglykol-alkylether, Alkylphosphate
Gleitmittel	Metallstearate, Wachse, Fettsäureamide, Fettsäuren und deren Ester
Beschleuniger (Kautschuk)	Kobalt-Naphthenat, 2-Mercaptobenzthiazol, Tetramethylthiuramdisulfid, Tetramethylammoniumsulfid, Diphenylguanidin
Pigmente (Farbmittel)	Titandioxid, Eisenoxid-Pigmente, Farbrüße, Chromgelbpigmente, Azo-Pigmente, Polycyclische Pigmente
Lichtschutzmittel	Benzophenone, Benzotriazole, Nickelorganische Verbindungen, Cyanzimsäureester, Benzylidenmalonate, sterisch gehinderte Amine, Polymer sterisch gehinderte Amine
Optische Aufheller	Benzotriazolphenylcumarine, Naphthotriazolphenylcumarine, Triazinphenylcumarin
Flammschutzmittel	Organische Bromverbindungen, Chlorierte Paraffine, organische Phosphate, Phosphorsäureester, Antimontrioxid
Mikrobizide	10,10' Oxy-bis-phenoxyarsin, N-(Trichlormethylthio)-phthalimid, N-(Trifluormethylthio)-phthalimid, Tributylzinnoxid und Derivate, Kupfer-8-hydroxychinolin, Zinkdimethyldithiocarbamat, Diphenylantimon-2-ethylhexanoat
Füllstoffe	Aluminiumhydroxid, Bariumsulfat, Calciumcarbonat, Dolomit, Glasfasern, Kaolin, Magnesiumoxid, Zinkoxid, natürliche und synthetische Silika, Talkum

Quelle: DECHEMA (1989)

Weichmacher sind chemische Stoffe, die dazu dienen, die mechanischen und verarbeitungstechnischen Eigenschaften von Polymeren zu verbessern. Das Massenprodukt PVC wäre ohne den Zusatz von Weichmachern (ca. 80% der Weichmacherproduktion von ca. 400.000 t/a) kaum so universell einsetzbar, wie es gegenwärtig der Fall ist. Auch anderen für Geosynthetics relevanten Polymeren, wie z.B. Polyvinylbutyrat, Polyvinylacetat, Polyacrylat, Polyamid 12, werden Weichmacher zugesetzt. Klassische Weichmacher gehen keine chemische Bindung mit der polymeren Matrix ein, so daß sie während der Lebensdauer eines Polymeren aus demselben herausdiffundieren und somit in die Umwelt gelangen. Unter den Weichmachern dominieren die Phthalate (ca. 86% des Gesamtweichmachermarktes).

Antioxidantien verhindern die thermische Oxidation und dadurch bedingten Alterungsprozeß von Polymeren. Sie dienen somit der Stabilisierung der geosynthetischen Werkstoffe. Verarbeitungsstabilisatoren sollen eine mögliche Schädigung des Kunststoffes durch erhöhte Temperaturen im Verarbeitungsprozeß unterbinden, Langzeitstabilisatoren sollen eine chemische Zersetzung unter Einsatzbedingungen verhindern. Der Einsatz von Antioxidantien zeigt weltweit eine steigende Tendenz. So stieg z.B. in Westeuropa der Verbrauch für thermoplastische Kunststoffe von 18.300 t im Jahre 1980 auf 27.000 t im Jahre 1988. Über 80% des Gesamtjahresverbrauchs von Antioxidantien entfallen auf die drei Kunststoffgruppen Polypropylen, Polyethylen und Styrolpolymere (HIESSL/HILLENBRAND 1992, S. 126 mit weiteren Nachweisen). Antioxidantien müssen nicht nur den Oxidationsprozeß verhindern, sondern sollen darüber hinaus einen geringen Dampfdruck, eine gute Mischbarkeit und Verträglichkeit mit anderen Additiven, eine hohe Hydrolysebeständigkeit aufweisen und zudem noch kostengünstig sein. Zu den technisch wichtigen Antioxidantien zählen die Hydroxyphenylpropionate und Alkylphenole. Neben den an Bedeutung gewinnenden sterisch gehinderten Aminen behaupten sich zunehmend organische Phosphite. Da Antioxidantien zu den biologisch nur schwer oder nicht abbaubaren Stoffen gehören, dürfen sie nach DIN 52900 (Sicherheitsdatenblatt) nicht in das Erdreich gelangen bzw. in stehende/fließende Gewässer oder in die Kanalisation eingeleitet werden.

Durch Licht und Luftsauerstoff werden Abbauvorgänge eingeleitet (Photooxidation), die die mechanischen und physikalischen Eigenschaften der polymeren Werkstoffe beeinträchtigen können. Um diese Vorgänge zu unterbinden, werden **Lichtschutzmittel** eingesetzt. Typische Einsatzkonzentrationen bei Lichtschutzmitteln liegen bei 0,05-2 %. In Westeuropa wurden 1988 insgesamt 3.400 t Licht-

schutzmittel in Kunststoffen verbraucht. Aufgrund der Komplexität der Reaktionsabläufe bei der Photooxidation gibt es mehrere Möglichkeiten, diese zu hemmen. Einen Überblick über die unterschiedlichen Wirkungsmechanismen der heute eingesetzten Lichtschutzmittel gibt Tabelle 11.

Tab. 11: Wirkung verschiedener Lichtschutzmittel

Lichtschutzmittel	Wirkung	Stoffe
UV-Absorber	Absorption von UV-Strahlung und Umwandlung in Wärmeenergie	Stoffe mit hoher Lichtstabilität, wie z.B. Hydroxybenzophenone, Hydroxyphenylbenzotriazole, Zimtsäureester
Quencher	Ableitung von in chromophoren Gruppen absorbierter Lichtenergie in Form von Wärme oder Fluoreszenz-Strahlung, Wirkung unabhängig von Schichtdicke	nickelorganische Verbindungen (z.B. Nickelphenolat), Dithiocarbamat
Hydroxyperoxid-zersetzer	Umwandlung intermediär entstehender Hydroperoxide in stabilen Verbindungen, führt zum Abbruch des Oxidationsvorgangs	Di-alkyldithiocarbamat, Di-alkyldithiophosphat, Thiobisphenolate
Radikalfänger	Unterbrechung der als Radikalreaktion ablaufenden Photooxidation	n-Butylamin-Nickel-2,2'-thio-bis-(4tert.-octylphenolat), Nickel-bis-(3,5-di-tert.-butyl-4-hydroxybenzyl)-phosphonsäure-mono-butylester, 2-Hydroxy-4-dodecyloxybenzophenon und sterisch gehinderte Amine (HALS)

Das Bundesgesundheitsamt hat als Lichtschutzmittel für Kunststoffe, die mit Trinkwasser in Kontakt stehen, nur 2-(2'-Hydroxy-3'-tertiärbutyl-5-methylphenyl)-5-chlor-benzotriazol mit einer maximalen Konzentration von 0,3 % zugelassen. Für Geotextilien und Kunststoffdichtungsbahnen bestehen diese Einschränkungen nicht, auch dann nicht, wenn sie direkt mit Oberflächen- oder Grundwasser in Kontakt stehen.

Eine Reihe von Additiven (insbesondere die Weichmacher) können von Mikroorganismen verwertet werden und somit einen mikrobiellen Befall einleiten. **Biostabilisatoren** und **Mikrobizide** dienen dazu, Kunststoffe gegen solche mikrobiologischen Angriffe zu schützen. Biostabilisierende Zusätze sollten neben einer langanhaltenden antimikrobiellen Aktivität auch gute Verarbeitungseigenschaften

ten, thermische Beständigkeit und eine geringe Toxizität für Warmblüter aufweisen sowie mit anderen Zusätzen verträglich sein. Um spezielle Eigenschaften der Endprodukte zu erzielen, steht ein breites Spektrum biozider Wirkstoffe zur Verfügung. Diese werden entweder als Reinsubstanzen oder in Formulierungen (Lösungen) zugesetzt. Die Einsatzkonzentration liegt bei 0,3% (bei Reinsubstanzen) bis 5% (bei Lösungen). Mikroorganismen vermehren sich nur in der Gegenwart von Feuchtigkeit und finden ihre optimalen Wachstumsbedingungen in einem Temperaturbereich von 10-40° C. Da solche Bedingungen für die hier behandelten Geosynthetics als typisch anzusehen sind, kann man davon ausgehen, daß die geforderte Langzeitstabilität der Materialien ohne den Einsatz von Biostabilisatoren nicht erreicht werden kann. Statistische Daten zum Einsatz von Bioziden in Geosynthetics liegen aber nicht vor.

Zur besseren Verarbeitbarkeit von Kunststoffen werden verschiedene Hilfsmittel eingesetzt, die zum Teil in relevanten Konzentrationen im Endprodukt verbleiben. Während z.B. Gleitmittel in Konzentrationen von 0,1 bis maximal 5 Gewichts-% eingesetzt werden, liegen die üblichen Konzentrationen von Antistatika im ppm-Bereich (s. dazu ausführlich HIESSL/HILLENBRAND 1992, S. 129, 134 f.).

Informationen über Grundwassergefährdungen durch den Einsatz von Geosynthetics sind momentan kaum verfügbar. Grundsätzlich kann man davon ausgehen, daß eine mögliche Belastung der Umwelt weniger von den eingesetzten polymeren Grundstoffen als vielmehr von den zur Erzielung bestimmter Verarbeitungs- und Endeigenschaften verwendeten Additiven ausgeht. Über Art und Menge der tatsächlich eingesetzten Zusatzstoffe liegen aber keine gesicherten Angaben vor.

2.5 Lacke und Anstrichmittel

Anstrichstoffe bestehen aus in Lösemitteln gelösten oder fein verteilten (dispergierten) Bindemitteln, Farbmitteln, Füllstoffen und verschiedenen Hilfsstoffen. Lacke und Anstrichstoffe dienen dem Schutz und/oder der Farbgebung von Werkstoffoberflächen. Im hier vorliegenden Zusammenhang sind vor allen Dingen die Bautenanstrichstoffe von Bedeutung. Dabei bestehen praktisch keine Unterschiede zwischen den im Bauhandwerk gewerblich verwendeten und den im Heimwerkerbereich angebotenen Produkten. In Tabelle 12 ist die Produktion von Lak-

ken und Anstrichstoffen sowie den zugehörigen Lösemittelgehalten in der Bundesrepublik Deutschland zusammengestellt.

Tab. 12: Produktion von Lacken und Anstrichstoffen und zugehörige Lösemittelgehalte

Produktgruppe	Produktion		Produktion		Gehalt flüchtiger organischer Verbindungen 2)		
	1990 1)		1986 2)		Gewichts-%		
	kt	%	kt	%	min.	max.	
Lacke mit mehr als 30 % Lösungsmittelanteil							
• Alkydharzlacke	171,3	13,5	183,6	15,5	8,0	50,0	40,0
• Celluloselacke	58,7	4,6	60,6	5,1	40,4	80,0	70,0
• Bitumen- u. teerhaltige Lacke	4,9	0,4	7,8	0,7	35,0	65,0	50,0
• Phenol-, Harnstoff- u. Melaminharzlacke	15,2						
• Polyesterharzlacke	81,0						
• Epoxidharzlacke	43,0	16,8	150,7	12,7	40,0	80,0	60,0
• Polyurethanharzlacke	58,2						
• Polystyrol- u. Polyvinylharzlacke	16,4						
• Sonstige	115,9	9,1	95,2	8,0			
Lösemittelarme Lacke (< 30 %)							
• Festkörperreiche Lacke	6,9	0,5	5,8	0,5	12,0	30,0	25,0
• Pulverlacke	38,5	3,0	20,8	1,8	0,5	4,5	1,0
Wasserverdünnbare Anstrichstoffe							
• Dispersionsfarben (Innenbereich)	235,9						
• Dispersionsfarben (Außenbereich)	121,3	31,6	404,9	34,2	0,5	3,0	2,0
• Grundierungen	44,4						
• Kunststoffputze	112,1	8,8	129,7	10,9			2,0
• Silicanstrichfarben und -putze	28,3	2,2	17,4	1,5			0,0
• Leim- und Wasserfarben	5,3	0,4	4,4	0,4			
• Dispersionslackfarben für Bauanstriche	29,0	2,3	14,6	1,2	3,0	20,0	12,0
• Elektrophoreselacke u.a.	56,2	4,4	43,8	3,7			
Sonstige	30,9	2,4	46,3	3,9			
Anstrichstoffe insgesamt	1280,1	100,0	1185,6	100,0			
Verdünnungen	152,8		141,2				100,0

1) Statistisches Bundesamt, 1991

2) UBA, 1989

Lösemittel

Obwohl lösemittelarme Anstrichstoffe an Bedeutung gewinnen, stellen Lösemittel derzeit noch einen Hauptbestandteil von Lacken dar. Tabelle 3 (im Anhang) gibt einen Überblick über die wichtigsten Lacklösemittel, nach Stoffgruppen geordnet. Meistens enthält ein Lack mehrere Lösemittel, um bestimmte verarbeitungstechnische Eigenschaften zu erzielen. Zu berücksichtigen ist auch, daß es sich bei Lösemitteln um technische Produkte handelt, die immer einen gewissen Anteil an Verunreinigungen (z.B. aromatische Kohlenwasserstoffe) enthalten (s. dazu ausführlich HIESSL/HILLENBRAND 1992, S. 185 ff.). Die insgesamt in der Bundesrepublik Deutschland eingesetzte Lösemittelmenge für Anstrichstoffe und Verdünnungen ist beträchtlich. Für das Jahr 1986 wurde die in den alten Bundesländern verbrauchte Menge auf 380.000 t geschätzt (UBA 1989). Davon wurden ca. 120.000 t, also rund 30%, im Heimwerkerbereich eingesetzt, der sich einer Kontrolle hinsichtlich umweltschonender Anwendung und Entsorgung weitgehend entzieht. Es wurden deshalb verstärkt Anstrengungen unternommen, den Lösemittelverbrauch durch die Produktion lösemittelarmer Anstrichstoffe zu reduzieren. Genannt sei hier beispielhaft die freiwillige Verpflichtung des Verbands der Chemischen Industrie zur Reduktion des Lösemittleinsatzes um 25% bis zum Jahre 1995.

Bindemittel

Unter Bindemittel versteht man den nichtflüchtigen, filmbildenden Anteil eines Beschichtungstoffes. Nach ihrer chemischen Zusammensetzung lassen sich Bindemittel in verschiedene Gruppen einteilen (vgl. auch DIN 55958):

- **Acrylharze:** Polymere der Acryl- und Methacrylsäure und ihre Ester, ggf. modifiziert mit Verbindungen mit reaktiven Gruppen (z.B. Carboxyl-, Hydroxyl-, Alkylolgruppen).
- **Alkydharze:** Produkte von Polykondensationsreaktionen mehrbasiger Säuren (Dicarbonsäuren) mit mehrwertigen Alkoholen und Ölen oder Fettsäuren. Durch Variation der Art und der Mengenverhältnisse der Komponenten können die Eigenschaften in einem weiten Rahmen variiert werden. Zusätzlich können Alkydharze mit anderen Bindemitteln modifiziert werden.
- **Aminharze:** Polykondensationsprodukte von Melamin und/oder Harnstoff oder deren Derivate mit Formaldehyd, die häufig mit Alkoholen verestert werden.

- **Epoxidharze:** Enthalten mindestens 2 Epoxidgruppen im Grundmolekül. Herstellung i.d.R. über Kondensation von Epichlorhydrin mit Diphenylolpropan (Bisphenol A). Umsetzung mit Aminhärttern.
- **Polyesterharze:** Polykondensationsprodukte mehrwertiger Alkohole mit mehrwertigen Carbonsäuren. Zu unterscheiden ist zwischen gesättigten Polyesterharzen, bei denen die einzelnen Komponenten keine C-C-Doppelbindungen enthalten, und den ungesättigten, bei denen mindestens eine Komponente ungesättigt und deshalb mit monomeren, polymerisierbaren Verbindungen copolymerisierbar ist. Als Monomer, das zugleich Lösungsmittel und Reaktionspartner für das ungesättigte Polyesterharz darstellt, wird häufig Styrol oder seltener Vinyltoluol, Diallylphthalat sowie Acryl- und Methacrylsäureester eingesetzt.
- **Polyisocyanatharze:** Kunstharze auf Basis von aromatischen, aliphatischen oder cycloaliphatischen Isocyanaten, die freie Isocyanatgruppen enthalten. Umsetzung mit hydroxylgruppenhaltigen oder aminischen Verbindungen.
- **Polyurethanharze:** Kunstharze mit Urethangruppen, die i.d.R. durch Umsetzung von Isocyanaten und/oder Isocyanatharzen mit hydroxylgruppenhaltigen Verbindungen hergestellt werden.

Der Bindemittelgehalt in Anstrichstoffen schwankt je nach Anwendungsfeld (Metall, Holz, Kunststoff, Putz, Beton, Korrosionsschutz, Brandschutz) zwischen 15-60%.

Farbmittel

Grundsätzlich wird bei den Farbmitteln zwischen Farbstoffen (im Anwendungsmedium löslich) und Pigmenten (im Anwendungsmedium unlöslich) unterschieden. Im Bereich der Bautenanstrichstoffe werden hauptsächlich Pigmente, und zwar wegen ihrer hohen Licht- und Wetterechtheit überwiegend **anorganische Pigmente**, eingesetzt. Die mit Abstand bedeutendsten anorganischen Pigmente sind hier Titandioxid als Weißpigment sowie Eisen- und Chromoxide als Buntpigmente. Verbindungen auf der Basis der Schwermetalle Blei, Cadmium und Chrom (VI) werden als fargebende Pigmente nicht mehr verwendet (HIESSL/HILLENBRAND 1992, S. 182). Soweit im Bauwesen überhaupt organische Pigmente eingesetzt werden, kommen im wesentlichen nur hochwertige Azopigmente bzw. verschiedene polycyclische Pigmente in Betracht. Die Konzentration der Pigmente in den Anstrichstoffen schwankt erheblich. In der Regel liegt sie zwischen 20 und

30%, teilweise aber auch deutlich niedriger (weniger als 10 %).

Konservierungsmittel

Konservierungsmittel werden zugegeben, um mikrobielle Zersetzungsprozesse zu verhindern. Topfkonservierungsmittel sollen den Schutz wässriger Anstrichmittel während Transport und Lagerung gewährleisten, während die Filmkonservierung dem Schutz des fertigen Anstrichs dient. Prinzipiell steht eine große Auswahl biozid wirkender Stoffe für den Einsatz als Konservierungsmittel zur Verfügung. Durchgesetzt haben sich Formaldehyd-Depotstoffe, Isothiazolinon-Derivate und Chloracetamid als Topfkonservierungsmittel sowie Tetramethylthiurandisulfid, Dichlofluamid, Thiram, N-(Dichlorfluormethylthio)-phthalimid und Jod- und Zinkcarbamate als Anstrichkonservierungsmittel.

Aufgrund der **Pentachlorphenolverordnung** vom Dezember 1989 dürfen Pentachlorphenol und seine Verbindungen nicht mehr verwendet werden. Der ebenfalls seit Ende 1989 gültige Anhang 9 zur **Rahmenabwasserwaltungsvorschrift** ("Herstellung von Beschichtungs- und Lackharzen") verbietet außerdem den Einsatz von Quecksilberverbindungen und organischen Zinnverbindungen als Konservierungsstoffe bei der Herstellung entsprechender Produkte. Die **Anforderungen an schadstoffarme Lacke** schließlich legen fest, daß Fungizide bzw. fungizid wirkende Zubereitungen nur mit einem Höchstgehalt von 0,5 Gewichts-% an der Gesamt Rezeptur eines Lackes beteiligt sein dürfen. Ferner dürfen nach diesen Anforderungen Formaldehyddepotstoffe nur in solchen Mengen zugegeben werden, daß der Gesamtgehalt an freiem Formaldehyd 10 mg/kg Lack nicht überschreitet (HIESSL/HILLENBRAND 1992, S. 190).

Additive

Die Beimischung von Additiven hat hier die gleiche Funktion wie im Bereich der Kunststoffe (s. oben), nämlich die Verarbeitungs- und End Eigenschaften der Anstrichstoffe zu verbessern. Während die meisten Additive in eher geringen Konzentrationen vorkommen, bilden die *Weichmacher* eine Ausnahme. Hier können bei Lacken auf Chlorkautschuk-, Epoxidharz- und Polyurethanbasis die Weichmacherkonzentrationen bis zu 10 Gewichts-% der Gesamt Rezeptur ausmachen. Tabelle 13 gibt einen Überblick über verschiedene Lackadditive, ihre Wirkungen und mögliche Einsatzkonzentrationen.

Tab. 13: Verschiedene Lackadditive

Zusatzstoffe	Wirkung	Stoffe und Stoffgruppen	Konzentrationsbereich in Gewichts-% im Lack
Netzmittel/ Verdickungsmittel	Verhinderung des Ausschwimmens oder Absetzens von Pigmenten	<ul style="list-style-type: none"> • Acrylatverbindungen • Phosphorsäuresteramin • Abietin-Naphthensäure-Derivate • Sojalecithinhaltige Zubereitungen • Aminsalze organischer und anorganischer Säuren • Natriumpolyphosphat • Dioctylnatriumsulfosuccinat • Natrium- und Kaliumborat • 2,5-Furandion (Maleinsäureanhydrid) • 2,4,4-Trimethylpentenpolymer • Tetrakaliumpyrophosphat 	0,1 - 0,2 %
Emulgatoren	Stabilisierung der Dispersion	<ul style="list-style-type: none"> • 2-Amino-2-methyl-1-propanol • modifizierte Alkylphenole • 2-Dimethylamino-2-methylpropanol 	0,05 - 0,2 %
Trockenstoffe, Sikkative	katalytische Beschleunigung oxidativ trocknender Produkte	<ul style="list-style-type: none"> • Barium-, Blei-, Calcium-, Cer-, Cobalt-, Eisen-, Mangan-, Zink und Zirkonoctoate • Blei-, Calcium-, Cer-, Cobalt-, Eisen-, Kupfer-, Mangan- und Zinknaphthenate 	0,02 - 0,25 %
Antihautmittel	Verhinderung der Staubbildung bei Öl- und Alkydharzlacken	<ul style="list-style-type: none"> • Methylethylketoxim • 4-t-Butylphenol • Butyraldoxim 	0,1 - 0,2 %
Weichmacher	Plastifizierung (innere und äussere) des Binders	<ul style="list-style-type: none"> • Tributoxiethylphosphat • Dibutylphthalat • Di-(2-ethylhexyl)phthalat • Phthalsäurebenzylbutylester 	0,001 - 0,01 % bei Kunststoffdispersionsfarben
			1 - 10 % bei Lacken

Quelle: DUBE, SONNEBORN (1986)

2.6 Fazit

Der Einsatz von modernen Bauprodukten und Baustoffen trägt wesentlich dazu bei, Bauten von hoher Qualität und in kurzer Zeit zu errichten. Viele der heute angewendeten Bautechniken und Konstruktionen wären ohne den Einsatz maßgeschneiderter Bauprodukte nicht denkbar. Traditionelle Bauweisen mit klassischen Baustoffen (z.B. Ziegel, Holz, Stahl) entsprechen kaum noch den gewachsenen Ansprüchen der Bauherren und Bauausführenden. Für immer anspruchsvoller werdende Bautechniken und Nutzungen der Bauwerke werden Baustoffe mit spezifisch angepaßten Eigenschaften benötigt.

Der ausschnitthafte Überblick in Kapitel 2 dieses Berichtes zeigt, daß dies u.a. durch eine große Vielfalt der in Bauprodukten eingesetzten Chemikalien erreicht wird. Dabei werden sowohl die Verarbeitungs- und Endeigenschaften von klassischen Baustoffen, wie z.B. Beton, durch stoffliche Veränderungen an die angestrebte Verarbeitungstechnik und Endnutzung angepaßt, als auch gänzlich neue Bauprodukte, wie z.B. Geotextilien, auf den Markt gebracht. Lange Zeit konnte davon ausgegangen werden, daß Beton weitgehend nach einem "Reinheitsgebot" hergestellt wurde. Betontypen mit einem hohen Anteil an organischen Bindern (Beton-Polymer-Verbundwerkstoffe) stellen jedoch inzwischen eine neue Baustoffklasse dar, deren Umwelteigenschaften noch sehr ungenügend untersucht sind.

Vor allen Dingen Bauprodukte aus organischen Stoffen (z.B. Geotextilien, Farbe und Lacke und Holz) werden durch den Einsatz von Additiven, Hilfsmitteln, Stabilisatoren u.ä. auf die spezifischen Einsatzbedingungen eingestellt. Hier ist die stoffliche Vielfalt besonders groß, die eingesetzten Konzentrationen liegen in Abhängigkeit vom jeweiligen Stoff und den angestrebten Endeigenschaften im Promille- bis Prozentbereich. Die Rezepturen der Hersteller, die Aufschluß über die stoffliche Zusammensetzung von Bauprodukten geben könnten, sind aus Wettbewerbsgründen nicht zugänglich. Für einige der in Bauprodukten enthaltenen Stoffe sind die umwelt- und gesundheitsrelevanten Eigenschaften bekannt. Spezielle Erkenntnisse über Grundwassergefährdungspotentiale liegen jedoch kaum vor. Hinzu kommt, daß die eingesetzten Gesamtmengen grundwasser(umwelt)relevanter Baustoffe nicht erhoben werden und somit eine Abschätzung der entstehenden Stoffflüsse sowohl aus quantitativer als auch aus qualitativer Sicht mit großen Schwierigkeiten verbunden ist.

3. Grundwassergefährdungspotentiale im Bausektor

Die Darstellung ausgewählter stofflicher Aspekte von Bau- und Bauhilfsstoffen in Kapitel 2 hat gezeigt, daß im Bausektor relevante Mengen an potentiell grundwassergefährdenden Stoffen eingesetzt werden. Im folgenden Kapitel wird qualitativ dargestellt, in welchem Umfang diese Stoffe während der verschiedenen Phasen, die ein Bauwerk durchläuft, freigesetzt werden können. Eine quantitative Analyse der tatsächlichen Grundwasserbelastung ist aufgrund fehlender Daten gegenwärtig nicht möglich.

3.1. Grundwassergefährdungspotentiale während der Bauphase

Der Schutz des Grundwassers vor Stoffeinträgen erfolgt in der ungestörten Natur durch den Boden. Durch Stoffabbau und -rückhalteprozesse werden in der durchlüftenden Bodenzone (Aerationszone) Schadstoffe eliminiert, so daß in den Grundwasserleiter natürlich gereinigtes Wasser infiltriert. Wird die schützende Bodenschicht entfernt oder sind Abbau- und Adsorptionspotentiale des Bodens durch hohe Stoffeinträge nachhaltig gestört oder erschöpft, dann können Schadstoffe ungehindert in das Grundwasser eindringen, dessen eigene Selbstreinigungskräfte im Vergleich zur Aerationszone außerordentlich gering sind (vgl. Kap. 2.1). Für die Beschreibung von Grundwassergefährdungspotentialen während der Bauphase ist, von diesen Aussagen ausgehend, auch die Belastung des Bodens relevant.

Interessant sind in diesem Zusammenhang Arbeiten, die im Auftrag der Berliner Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz im Rahmen des Berliner Bodenschutzprogramms an das Institut Wohnen und Umwelt in Darmstadt vergeben wurden (IWU 1992). Das IWU analysiert Bodenbelastungen durch den Hochbau und entwickelt Handlungsempfehlungen für einen verbesserten Bodenschutz in diesem Baubereich. Zunächst wird jedoch im Bericht des IWU festgestellt, daß der Bodenschutz in der alltäglichen Baustellenpraxis kaum eine Rolle spielt. **Traditionelle Gewohnheiten** führen dazu, daß Baurestmassen immer noch im Boden vergraben werden. Diese Restmassen galten als unschädlich oder wurden gar zur Bodenverbesserung (Kalk, Sand) genutzt. **Unkenntnis** über bodenschädigende Eigenschaften von Bauprodukten (dies ist das Resultat ungenügender wissenschaftlicher Grundlagenkenntnisse) führt dazu, daß **handelsübliche Bauprodukte** als unschädlich angesehen werden. Durch **Zeit- und Kostendruck** wird bei fehlender Kontrolle und unklaren Regelungen auf Nebenfolgen, Schadensverhütung und sachgerechte Entsorgung weniger Wert gelegt. Dies

kann zu Lasten des Boden- und somit auch Grundwasserschutzes gehen (IWU 1992, S. 21-23).

Das IWU beschreibt folgende, aus der Sicht des Bodenschutzes relevante, bauausführende Leistungsbereiche bzw. Gewerke:

- *Erdarbeiten*, bei denen unmittelbar in den Boden eingegriffen wird, mit der Folge von Verunreinigungen des Bodens und mechanischen Veränderungen des Bodengefüges. Der Eingriff in bestehende Bodenverhältnisse ist bei Erd- und Tiefbauarbeiten am nachhaltigsten. Neben den Bodenveränderungen die zur Errichtung des Bauwerkes notwendig sind, werden die bodenphysikalischen Eigenschaften im Umfeld des Bauwerkes (z.B. Gerüststruktur des Bodens, Durchlässigkeit und Kapillarität) gestört. Durch den großflächigen Abtrag des schützenden Mutterbodens und die Verdichtung des Untergrundes wird das Grundwasser für Stoffeinträge zugänglich.
- *Rohbauarbeiten/Außenbauarbeiten* mit Arbeitsvorgängen wesentlich auf der Außenseite des Gebäudes. Die wesentliche Schnittstelle ist hier die Verfüllung der seitlichen Arbeitsräume der Baugrube. Unsachgemäße Beseitigung der darin befindlichen Abfälle führt zum dauerhaften Verbleib von Reststoffen im Boden. Bei fehlender Versiegelung dieser Flächen kann später ein Auswaschen der darin befindlichen Schadstoffe erfolgen.
- *Innenausbauarbeiten*, die bestimmungsgemäß im Inneren des Gebäudes erfolgen und nur hinsichtlich von Arbeits- und Lagerplätzen im Freien für Beeinträchtigungen des Bodens in Betracht kommen. Hier spielen vor allen Dingen Unfälle und Pannen bei im Außenbereich vorgenommenen vorbereitenden Arbeiten eine Rolle. Ebenfalls kann die illegale Beseitigung von Reststoffen insbesondere unter Verfüllungen und Aufschüttungen während der Bauphase zu Boden- und Grundwasserbelastungen führen (IWU 1992, S. 20 f.).

Gewerkeübergreifend werden folgende Belastungen zusammengefaßt:

- *Störungen des Bodengefüges* (insbesondere Bodenverdichtungen) durch schwere Fahrzeuge und Geräte,
- *Stoffeinträge bei Betrieb und Wartung von Geräten* (Treibstoffe, Schmiermittel, Reinigungsmittel),
- *Stoffeinträge bei der Lagerung* von Baumaterialien, Bauschutt und Baurestmassen sowie

- *Stoffeinträge aus den Arbeitsvorgängen* der einzelnen Gewerke bzw. Leistungsbereiche (insbesondere Stäube, Späne, Partikel oder Flüssigkeiten, die sich nicht einfach mechanisch vom Boden aufnehmen lassen).

Im Zusammenhang mit der Bauphase sind weiterhin **Bauabfälle** relevant, da sie Schadstoffe enthalten und sowohl auf der Baustelle als auch auf der Deponie zu Grundwasserbelastungen führen können. Unter Bauabfällen sind gemäß der TA-Siedlungsabfall Bauschutt, Baustellenabfälle, Bodenaushub und Straßenaufbruch zu verstehen (s. dazu Kap. 4.1.4).

Als **Bauschutt** werden mineralische Stoffe aus Bautätigkeiten bezeichnet, die auch geringfügige Fremdanteile enthalten können. Bauschutt kann eine nicht unerhebliche Schadstoffquelle darstellen. So enthält der Bauschutt des Gebäudeabbruchs zum Teil gefährliche Bestandteile. Bereits jetzt werden Abbruchmaterialien von chemischen Werken, Tankstellen usw. von Bauschuttzubereitern nicht angenommen, um die Aufbereitung der anderen Baureststoffe nicht zu gefährden (SRU 1990, Tz. 883). Für die neuen Bundesländer besteht ein akuter Handlungsbedarf, da durch Sanierungsmaßnahmen und Betriebsschließungen z.B. von ehemaligen Chemiestandorten enorme Mengen kontaminierten Bauschutts anfallen, deren Aufbereitung problematisch und deren Deponierung in klassischen Baustoffdeponien kaum noch möglich ist. Als beispielhaft für eine geschlossene Herangehensweise an die Sanierungs- und Baustoffrückgewinnungsproblematik auf ehemaligen hochkontaminierten Chemiestandorten seien hier die Aktivitäten der BASF AG am Standort Schwarzheide/Brandenburg genannt. Hier wird integriertes Flächenrecycling und Boden- und Grundwassersanierung gemeinsam mit der Bauschuttzubereitung unmittelbar am Standort durchgeführt.

Bei **Baustellenabfällen** handelt es sich um nichtmineralische Stoffe aus Bautätigkeiten, ebenfalls mit Fremdanteilen. Sie sind in der Regel sehr heterogen zusammengesetzt und enthalten neben Anteilen von Bauschutt auch Verpackungsabfälle (oft mit Restinhalten), Sperrmüllanteile sowie Sonderabfälle, Farben, Lacke, Lösungsmittel, asbesthaltige Materialien, Kabelabfälle, Metallteile, darunter viele Buntmetalle (SRU 1990, Tz. 884). Wie in Kapitel 2 gezeigt wurde, kann die Vielfalt der in Bauprodukten enthaltenen Stoffe außerordentlich groß sein. Grundwassergefährdungen können durch unsachgemäße Zwischenlagerung auf der Baustelle und längerfristig durch Ablagerung auf ungenügend gesicherten Bauschuttdeponien entstehen.

Bodenaushub (auch als Erdaushub bezeichnet) ist nicht kontaminiertes, natürlich gewachsenes oder bereits verwendetes Erd- oder Felsmaterial. Bodenaushub besteht hauptsächlich aus Mutterboden, Sand, Kies, bindigen Böden und Felsgestein (BILITEWSKI et al. 1986) und fällt bei fast allen Bautätigkeiten an. Erdaushub kann entweder direkt oder nach Absiebung in einfachen Aufbereitungsanlagen einer Weiterverwendung zugeführt werden. Zur organisatorischen Unterstützung der Weiterverwendung von Erdaushub sind an vielen Orten sogenannte Erdaushubbörsen eingerichtet worden. Dieser ganze Bereich wird aus ökonomischen und ökologischen Gründen von Bauherren und Bauausführenden zunehmend berücksichtigt. Problematisch ist, daß durch ungenügende Vorgaben und Kenntnisse belastete und unbelastete Böden gemischt werden können, so daß Schadstoffe, wenn auch verdünnt, auf diesem Weg weiterverteilt werden können. Technisch mögliche Verwertungspotentiale nicht nur von Bodenaushub stoßen zunehmend an logistische Grenzen (SRU 1990, Tz. 885).

Bei **Straßenaufbruch** handelt es sich um mineralische Stoffe, die hydraulisch, mit Bitumen oder Teer gebunden oder ungebunden im Straßenbau verwendet wurden. Während die nicht gebundenen Anteile (Schotter, Bord- und Pflastersteine, Sand, Kies, Erdreich) und die hydraulisch gebundenen Anteile (Beton) in Bauschuttrecyclinganlagen aufbereitet werden können, werden die als Fräsgut oder Schollenaufbruch gewonnenen bituminös gebundenen Anteile nach einer Aufarbeitung direkt in Asphaltmischanlagen verarbeitet. Während die Zwischenlagerung und Deponierung dieser Abfälle aus der Sicht des Grundwasserschutzes problematisch ist, kann die Wiederverwendung im Straßenbau als grundwasserschützende Maßnahmen angesehen werden.

Vor dem Inkrafttreten der TA-Siedlungsabfall wurde ein nicht unerheblicher Anteil dieser Abfälle durch die öffentliche Abfallentsorgung als "hausmüllähnlicher Gewerbeabfall" entsorgt. KÜMMERER/BUNKE nehmen an, daß darin auch relevante Mengen an besonders überwachungsbedürftigen Abfällen enthalten waren. Mit Inkrafttreten der TA-Siedlungsabfall am 1. Juni 1993 dürfte jedoch dieser bisher weit verbreiteten Praxis Einhalt geboten worden sein.

3.2. Grundwassergefährdungspotentiale während der Nutzungsphase von Bauwerken

Während der Nutzungsphase von Bauwerken entstehen Stoffeinträge in das Grundwasser vor allen Dingen durch das Auswaschen (Elution) von Stoffen aus den eingesetzten Bau- und Bauhilfsstoffen. Niederschlagswasser, Oberflächenwasser und Grundwasser können diesen Stoffübergang bewirken. Weiterhin können aus technischen Anlagen durch Abwasser, Rohwasser und Brauchwasser ebenfalls Stoffe ausgewaschen und in andere Umweltkompartimente verfrachtet werden.

Das Auswasch (Auslaug-, Elutions-)verhalten von Stoffen aus Bauprodukten wird durch verschiedene Faktoren bestimmt:

- Bindungsform der Einzelstoffe im Baustoff (chemisch gebunden, chemisch oder physikalisch adsorbiert, im gesamten Baustoff verteilt oder nur an äußeren und inneren Oberflächen vorhanden),
- Gesamtmenge an Einzelstoffen,
- Milieubedingungen, denen ein Baustoff ausgesetzt wird; diese sind standortspezifisch, ständig variierend und werden in unmittelbarer Nähe der Baulichkeit zudem durch das Bauwerk selbst und seine Entstehungsgeschichte beeinflusst.

Die Milieu- und Standortbedingungen werden allgemein durch die hydrogeologischen Bedingungen im Untergrund charakterisiert. Anthropogen erzeugte Versiegelungen und Verdichtungen des Untergrundes können diese Bedingungen entscheidend verändern, so daß für die potentiell möglichen Grundwasserbeeinflussungen durch Bauwerke die Kenntnis der aktuellen Standortbedingungen während und nach der Bauphase unbedingt erforderlich ist. An Standorten mit oberflächennahem Grundwasser werden Bauwerke zunehmend auch in größeren Tiefen ohne künstliche Grundwasserabsenkung gegründet. Dies wurde u.a. durch den Einsatz neuer Bauprodukte zur Isolierung und Stabilisierung der Baugrube und der Tiefbauwerke ermöglicht. In diesen Fällen steht der Baukörper in direktem Kontakt mit dem Grundwasser, so daß sich die hydrogeologischen Verhältnisse und die damit zusammenhängenden Stoffübergangsprozesse entscheidend verändern.

Diese genannten Faktoren erschweren gegenwärtig generalisierende Aussagen über das Elutionsverhalten von Baustoffen während der Nutzungsphase (vgl. KÜMMERER/BUNKE Kap. 2.3). Der Zwang zur Reproduzierbarkeit und Ver-

gleichbarkeit von Elutionsversuchen hat zu vereinfachten Verfahren ohne Berücksichtigung spezifischer Standortfaktoren geführt. Dabei wird anhand von einfachen Auslaugversuchen unter standardisierten technischen Bedingungen versucht, die Umweltrelevanz von Bauprodukten abzuschätzen. Als einziges genormtes Verfahren ist das DEV S4 Bewegungsverfahren das gegenwärtig am häufigsten angewendete Elutionsverfahren. Daneben konnten sich besonders im wissenschaftlichen Bereich sogenannte Großlysimeter durchsetzen, in denen unter Feldbedingungen das Auslaugverhalten von Bauprodukten bestimmt werden kann. Lysimeteruntersuchungen unter naturnahen Bedingungen sind aufwendig und müssen über längere Zeiträume (bis zu mehreren Monaten) durchgeführt werden, um zu aussagekräftigen Resultaten zu kommen. Unter anderem dadurch spielen sie gegenwärtig nur eine untergeordnete Rolle bei der Bewertung des Elutionsverhaltens von Bauprodukten. KÜMMERER/BUNKE analysieren ausführlich die Schwachstellen der gegenwärtigen Praxis, anhand von DEV S4 Elutionsversuchen das Auslaugverhalten von Baustoffen zu charakterisieren. Insgesamt sei dazu angemerkt, daß ganz allgemein die Beschreibung des Verhaltens von chemisch und physiko-chemisch komplexen Stoffen und Stoffgemischen in den verschiedenen Umweltkompartimenten erst am Anfang steht. Dies gilt auch für Bauprodukte. Um überhaupt Daten über das Elutionsverhalten gewinnen zu können, wird deshalb der Ansatz, über normierte Verfahren unter Laborbedingungen reproduzierbare Elutionsdaten zu erhalten, gegenwärtig nicht angezweifelt. So werden durch die Dritte Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz vom 14. Mai 1993 (TA-Siedlungsabfall) die anzuwendenden Elutionsverfahren und die zu bestimmenden Einzelstoffkonzentrationen und Summenparameter auch für Bauabfälle, Bauschutt und Baustellenabfälle festgelegt. Zur Herstellung vergleichbarer Grunddatensätze wäre u.U. eine ähnliche Vorgehensweise für Bauprodukte durchaus angebracht.

Insgesamt ist der Kenntnisstand über das Grundwassergefährdungspotential von Baustoffen während der Nutzungsphase noch außerordentlich gering. Die weiteren Aussagen sind somit eher qualitativer Natur und mehr dazu geeignet, Defizite aufzuzeigen, als quantitative Aussagen über Grundwassergefährdungspotentiale zu ermöglichen.

3.2.1 Beton

Während der Nutzung wird Beton von den im Wasser und Boden enthaltenen Stoffen angegriffen. Durch mechanische und thermische Beanspruchung (z.B.

Frosteinwirkung) werden diese zu Korrosion führenden Belastungen verstärkt. Betonangreifende Stoffe können geogenen aber auch anthropogenen Ursprungs sein. Sickerwässer aus Deponien, Halden und Aufschüttungen oder aus defekten Kanalisationen und Rohrleitungen können über den Boden- und Grundwasserpfad zur Schädigung von Tiefbauwerken führen. Über den Luftpfad einwirkende saure Verbindungen führen zu Korrosion von Bauten des Hoch- und Tiefbaus. Saure Depositionen belasten zusätzlich die Bodenmatrix, so daß sich die Milieubedingungen, unter denen Tiefbauwerke ursprünglich hergestellt wurden, während der Nutzungsphase nachhaltig verändern können. Solche Änderungen im System können dazu führen, daß Stoffe, die zunächst als relativ sicher immobilisiert betrachtet wurden, zunehmend aus dem Beton herauslösbar werden. Mit diesen Veränderungen der Milieubedingungen verkürzen sich auch zeitabhängige Löseprozesse von in der Betonmatrix immobilisierten Stoffen. Dies hat u.a. zur Folge, daß für Bautenschutz und -erhaltung zunehmend mehr Mittel aufgewendet werden müssen. Dadurch steigt auch der Verbrauch an chemischen Bautenschutzmitteln und somit der Stoffumsatz im gesamten Bausektor. Obwohl der Kenntnisstand über Betonkorrosion aus bautechnischer Sicht als relativ hoch einzuschätzen ist, ist die Beschreibung der damit verbundenen Stoffausträge und -verfrachtungen noch sehr unbefriedigend. Problematisch ist, daß z.B. Schädigungen durch saure Depositionen im Hochbau relativ gut erfaßt und korrigierbar sind, während die im Untergrund ablaufende Betonkorrosion und der damit verbundene Stoffübergang oftmals unbemerkt bleiben. Um dem vorzubeugen, wird im Tiefbau zunehmend Wert auf stabile und umweltresistente Bauprodukte gelegt, so daß deren Grundwasserrelevanz als relativ gering eingeschätzt werden kann.

Dagegen werden Baukörper aus Spritzbeton zur Hangsicherung und zur Tunnelauskleidung als besonders kritisch hinsichtlich der Grundwassergefährdung während der Nutzungsphase angesehen. Ein großes Oberflächen- zu Volumenverhältnis, mechanische Alterung, permanente Belastung durch verschiedene Umweltmedien und annähernd konstante Konzentrationsgradienten können zum sofortigen Abtransport aus dem Beton herausgelöster Stoffe und zu deren Eintrag (in Abhängigkeit von den Standortbedingungen) in das Grundwasser führen (HIESSL/HILLENBRAND 1992, S.65 ff.).

Insgesamt halten HIESSL/HILLENBRAND folgende Aspekte des Verhältnisses von Beton und Grundwasser während der Nutzungsphase von Bauten für wesentlich:

- Sehr weiche und saure Gewässer können z.T. sehr aggressiv auf Beton wirken, so daß der Beton zerstört und seine Inhaltsstoffe freigesetzt werden. Insofern ist Beton auch durch Grundwasserverschmutzungen gefährdet.
- Verschiedene moderne Betonbauverfahren (z.B. Spritzbeton, Gleitschalungsbauweise) sind ohne den massiven Einsatz von Betonzusatzmitteln nicht denkbar. Diese Bauverfahren werden z.B. im Tiefbau und im Tunnelbau teilweise direkt im Grundwasser angewandt. Über die hierbei ins Grundwasser emittierten Schadstoffe liegen in der Literatur keine fundierten Informationen vor.
- Die in den Betonzusatzmitteln enthaltenen Wirkstoffe sind i.d.R. sehr gut bis unbegrenzt mit Wasser mischbar, teilweise wassergefährdend (z.B. nicht leicht oder schwer biologisch abbaubar, bakterientoxisch, pH-Wert des Grundwassers verändernd, die Viskosität des Wassers erhöhend) oder wirken z.T. eutrophierend, wenn sie ins Grundwasser eingetragen werden. Durch systematische Untersuchungen sollten die Rezepturen und Formulierungen nicht nur wie bisher auf deren betontechnologische Funktion, sondern verstärkt auch auf ihre Umweltverträglichkeit hin optimiert werden.

Folgende Defizite wurden identifiziert:

- Statistische Informationen über die Produktions- und Verbrauchsmengen der verschiedenen Produktgruppen von Betonzusatzmitteln und der Trennmittel sind nur sehr grob für die alten Bundesländer verfügbar. Außerdem fehlen detaillierte statistische Angaben über verschiedene, bei der Betonherstellung verwendete industrielle Reststoffe und deren Zusammensetzung.
- Aufgrund der bestehenden baurechtlichen Zulassungsverfahren für Betonzuschläge, -zusatzstoffe und -zusatzmittel liegen den Herstellern und den Prüfbehörden (z.B. IfBt) detaillierte Informationen über die Zusammensetzungen der einzelnen Produkte vor. Diese Informationen werden jedoch aus Wettbewerbsgründen derzeit nicht veröffentlicht. Eine systematische ökotoxikologische Bewertung der einzelnen Stoffkomponenten wird bisher nur für vereinzelte Produkte durchgeführt. Eine Einbindung des Umweltbundesamtes in das baurechtliche Zulassungsverfahren, wie es z.B. bei der Prüfzeichenvergabe für IfBt-Holzschutzmittel praktiziert wird, würde sich sicher positiv auf die Umweltverträglichkeit der Produkte auswirken.

- Bisher wurden erst relativ wenige systematische Untersuchungen über das Auswaschverhalten von Betoninhaltsstoffen durchgeführt. Schwerpunkte waren dabei die durch industrielle Reststoffe bzw. über recycelte Baustoffe in den Beton eingetragene Stoffe. Derartige Untersuchungen für Betonzusatzmittel fehlen weitgehend. Ferner stellen die labormäßig durchgeführten Elutionsversuche sehr idealisierte Bedingungen dar, und ihre Ergebnisse sind im Hinblick auf die tatsächlich herrschenden, wesentlich komplexeren und z.T. sehr langfristig auf den Beton wirkenden Elutionsbedingungen entsprechend schwer zu interpretieren.

In eine gleiche Richtung geht die Kritik von KÜMMERER/BUNKE (siehe hier u.a. KÜMMERER/BUNKE 1992 S. 94 f.).

3.2.2 Holzschutzmittel

Holzschutzmittel werden während der Nutzungsphase besonders intensiv den Umweltmedien ausgesetzt. Sie weisen in der Regel ein hohes biozides Wirkungspotential auf. Der Eintrag der bioziden Wirkstoffe in die verschiedenen Umweltkompartimente kann beim bestimmungsgemäßen Gebrauch im wesentlichen folgendermaßen ablaufen:

- Selbst bei sorgfältiger Anwendung können auf der Baustelle, z.B. beim Aufbringen im Streichverfahren, Holzschutzmittel in Boden und Gewässer gelangen. Für den Heimwerkerbereich kann davon ausgegangen werden, daß die Freisetzungsraten bei dieser Anwendung noch höher liegen.
- Während Lagerung und Einbau auf der Baustelle wird frisch imprägniertes Holz den Umweltmedien ausgesetzt, so daß es zur Auswaschung oder zur Ausgasung von Wirk- und Hilfsstoffen kommen kann.
- Während der unmittelbaren Nutzung wird das behandelte Holz intensiver Bewitterung aber auch mechanischen Belastungen ausgesetzt; durch Auswaschung, Ausgasung und Abrieb gelangen Wirkstoffe in die verschiedenen Umweltkompartimente.
- Die Entsorgung von behandeltem Bauholz kann weiterhin zur Freisetzung von Wirkstoffen über den Luftpfad durch Ausgasen oder durch "wilde" Verbrennung auf der Baustelle führen.

Die Beurteilung von Auswaschungsraten von Holzschutzmitteln während der Nutzungsphase bezieht sich im wesentlichen auf die Charakterisierung der Abnahme der Schutzwirkung für die betroffenen Hölzer. Aus der Sicht des Grundwasserschutzes sind die durch frisch imprägnierte Hölzer lokal auftretenden Belastungen der Bodenmatrix besonders wichtig. Durch den Übergang der bioziden Wirkstoffe in den Boden kann die für die Schutzwirkung des Bodens verantwortliche Bodenbiologie empfindlich gestört werden, so daß Schadstoffe (auch solche, die nicht aus Holzschutzmitteln stammen) in das Grundwasser gelangen können. Der Zielkonflikt zwischen hoher biozider Wirksamkeit bei gleichzeitig geringer Umweltbelastung durch Holzschutzmittel beeinflusst zunehmend die Anwendbarkeit von Holzschutzmitteln besonders im nichtkonstruktiven Bereich.

Unabhängig von dem Holzschutzmitteltyp sind zwar aufgrund der Angaben in den Sicherheitsdatenblättern nach DIN 52 900 die eingesetzten bioziden Wirkstoffe und die jeweils im Produkt verwendeten Einsatzkonzentrationen relativ genau bekannt, für lösemittelhaltige Produkte liegen jedoch in den Sicherheitsdatenblättern weder über die als Lösemittel verwendeten organischen Stoffe noch über die eingesetzten Zusatzstoffe (Fixierungsmittel, Bindemittel, Pigmente etc.) und Verarbeitungshilfsmittel nähere Spezifikationen vor. Allgemein zugängliche Angaben über in diesen Produkten enthaltene Verunreinigungen fehlen ebenfalls. Bei öligen Holzschutzmitteln ist eine genaue Angabe ihrer Zusammensetzung nicht möglich. Es fehlen selbst grobe Angaben über die wesentlichen Komponenten und Konzentrationen der Produkte.

Bezüglich der Grundwasserrelevanz der Holzschutzprodukte liegen keine Angaben vor hinsichtlich

- der Auswaschraten der Wirkstoffe aus den imprägnierten Hölzern (besonders ölige bzw. lösemittelhaltige Holzschutzmittel),
- der ökotoxikologischen Eigenschaften der Wirkstoffe unter den im Untergrund herrschenden Bedingungen (hierzu gehören vor allem die Adsorptionseigenschaften und Persistenz- bzw. Abbaubarkeitseigenschaften, Toxizitätseffekte auf Mikroorganismen),
- der in den Holzschutzmitteln enthaltenen Verunreinigungen,
- der Menge der aus lösemittelhaltigen Holzschutzmitteln stammenden Lösemittel bzw. deren Abbauprodukte, die über die Atmosphäre diffus in den Wasserkreislauf eingetragen werden,
- der hergestellten bzw. auf dem Markt abgesetzten Holzschutzmittel. Derzeit werden in der Regel nur einige statistische Grundinformationen zusammen-

gestellt, vornehmlich für Holzschutzmittel, die im konstruktiven Bereich Anwendung finden und damit einer Zulassung durch das Institut für Bautechnik bedürfen (s.o. Kap. 2.2).

3.2.3 Baugrundinjektionsmittel

Baugrundinjektionen spielen im modernen Tief-, Verkehrswege- und Wasserbau eine wichtige Rolle. In hochverdichteten Siedlungs- und Verkehrsräumen werden durch Maßnahmen zur Untergrundverfestigung Bauten möglich, die ansonsten nur mit einem unvertretbar hohen Aufwand errichtet werden könnten. In Deutschland wird die Umwelt(Grundwasser)verträglichkeit von Injektionsmitteln schon seit geraumer Zeit untersucht, mit dem Ziel, den Einsatz grundwasserneutraler Produkte sicherzustellen .

Generell werden im Bereich der "Baugrundinjektionsmittel" Stoffe auf silikatischer Basis, auf Basis von Zementen und Tonen sowie Kunststoff- bzw. Kunstharzinjektionsmittel eingesetzt. Diese Baustoffe haben vor allem deshalb eine große Bedeutung in bezug auf den Schutz des Grundwassers, weil die erzeugten Injektionskörper einerseits im Boden bzw. direkt im Grundwasser erstellt werden und andererseits z.T. sehr große Boden- bzw. Aquifervolumina erfassen und in einem sehr innigen Kontakt mit dem Boden- und Grundwasser stehen. I.d.R. werden die Injektionskörper nach ihrer eigentlichen Nutzungsphase nicht wieder abgebaut (im Sinne von "rückgebaut" oder "abgerissen") und verbleiben vor Ort im Untergrund. Wenn die in ihnen verbauten Stoffe grundwassergefährdend sind, könnten sie sich zu Kontaminationsquellen entwickeln, die das Grundwasser sehr langfristig belasten (HIESSL /HILLENBRAND 1992 S. 99 f.).

Die Beeinflussung des Grundwassers durch Injektionsmittel hängt von verschiedenen Faktoren ab. Dazu gehören der Chemismus des Grundwassers, der Chemismus des Injektionsmittels und die Zeitabhängigkeit der dabei ablaufenden Reaktionen, Form, Größe und Oberfläche des Injektionskörpers und generell die hydrogeologischen Bedingungen im Untergrund. Aufgrund dieser Einflußfaktoren ergeben sich bei dieser Gruppe von Bauprodukten besonders enge Zusammenhänge zwischen Standortbedingungen und den stoffbezogenen Grundwassergefährdungspotentialen (HIESSL/HILLENBRAND 1992, S. 94).

Aus stofflicher Sicht gibt es beträchtliche Unterschiede hinsichtlich des Grundwassergefährdungspotentials der verschiedenen Injektionsmittel. Bei den Injekti-

onsmitteln auf silikatischer Basis werden im wesentlichen Natronwassergläser (Natriumsilikat) und anorganische oder auch organische Härter verwendet. Vor allem während der Gelbildung, aber teilweise noch Jahre nach der eigentlichen Injektion werden dabei verschiedene wassergefährdende Stoffe aus dem Injektionskörper freigesetzt und gelangen ins Grundwasser. Über die Art dieser Stoffe und ihre Emissionsmengen liegen verglichen mit anderen Injektionsmaterialien relativ umfangreiche Untersuchungen vor, die auch praktisch umsetzbare Hinweise auf geeignete Vermeidungsmaßnahmen (z.B. Absaugen, Vorinjektionen etc.) aufzeigen. Problematisch erscheinen aber die in den Wassergläsern bzw. in den Härttern enthaltenen Verunreinigungen zu sein, die ihrerseits stark vom jeweiligen Herstellungsprozeß abhängen.

Bei den Injektionsmitteln auf Zement- und Tonbasis werden hauptsächlich mineralische, hydratisierende Stoffe eingesetzt, die an sich nicht wassergefährdend sind. Gewisse Probleme sind hier jedoch in der z.T. aus bautechnologischen Gründen nötigen Verwendung von Betonzusatzmitteln wie z.B. Verzögerern, Stabilisatoren oder Beschleunigern zu sehen. Diese können zunächst durch Grundwasser, das den noch nicht vollständig abgebundenen Injektionskörper durch- bzw. umströmt, ausgewaschen werden. Diese Stoffe sind meist als mehr oder weniger wassergefährdend einzustufen und stellen somit eine Grundwassergefährdung dar. Nach dem vollständigen Abbinden des Zementes sind diese Stoffe zwar während einer gewissen Zeit (Nutzungsdauer) relativ fest in den Injektionskörper eingebunden, langfristig löst sich aber der Injektionskörper durch die verschiedenen im Untergrund vorhandenen Abbaumechanismen auf, so daß Stoffe ungehindert ins Grundwasser gelangen können. Informationen über die Freisetzung von Betonzusatzmitteln aus Injektionskörpern und spezielle ökotoxikologische Eigenschaften dieser Mittel in bezug auf die Organismen im Boden bzw. im Grundwasser fehlen derzeit noch.

Mit den Injektionsmitteln auf Kunststoff- bzw. Kunstharzbasis werden z.T. krebs-erregende oder auch umweltgefährdende organische Stoffe in Form von Lösungsmitteln, Monomeren und Katalysatoren in den Untergrund eingetragen. Alle chemischen Injektionsmittel sind im unverarbeiteten Zustand toxisch oder umweltgefährdend. Bis zum Abschluß der chemischen Reaktionen im Untergrund beeinflussen sie den Chemismus des Baugrundes und des anströmenden Grundwassers. Diese Beeinflussung verschwindet erst nach der vollständigen Aushärtung der Stoffe im Untergrund (KUTZNER 1991).

Informationen über die Vielfalt der eingesetzten Injektionsmittel und ihrer Stoffkomponenten und der möglicherweise mit ihnen in den Untergrund eingetragenen Verunreinigungen fehlen. Ebenso fehlen Informationen über die langfristigen Emissionsmengen von gasförmigen und flüssigen Stoffen aus dem Injektionskörper ins Grundwasser und deren ökotoxikologische Eigenschaften unter den im Untergrund herrschenden Bedingungen.

3.2.4 Geosynthetics

Geosynthetics treten während ihrer Nutzung in engen Kontakt mit den verschiedenen Umweltmedien. Dabei unterliegen sie vielfältigen Alterungsprozessen, die langfristig dazu führen, daß ihre chemische und mechanische Stabilität soweit herabgesetzt wird, daß sie ihre ursprüngliche Funktion nicht mehr erfüllen. Es liegt im Chemismus der meisten Abbauvorgänge von polymeren Stoffen, daß die einmal initiierten Prozesse unter Umweltbedingungen zwar langsam ablaufen, aber fast immer zu leicht löslichen und mobilen Produkten führen. Stabilisatoren und andere Additive, die nicht chemisch mit den polymeren Grundstoffen der Geosynthetics verbunden sind, diffundieren aus dem Material in die Umwelt. Dies verringert die Beständigkeit der Polymere und beschleunigt wiederum den Abbau(Alterungs)vorgang (s.o. Kap. 2.4). Geosynthetics, die z.B. in Deponien oder anderen belasteten Umweltkompartimenten eingesetzt werden, unterliegen besonders gravierenden chemischen, biologischen und mechanischen Alterungsvorgängen (KOERNER et.al. 1991).

Während der Nutzung der Geosynthetics können praktisch alle Zusatz- und Hilfsstoffe in den Boden und in das Grundwasser gelangen. Nach der Einschätzung von HIESSL/HILLENBRAND ergibt sich unter der Annahme der Auswaschung von ca. 1 Gew.% und einer mit Geosynthetics belegten Fläche von 150 Mio. m² (in den alten Bundesländern) eine ausgewaschene Stoffmenge von ca. 300 t (HIESSL/HILLENBRAND 1992, S. 138). Da Geosynthetics in der Regel nicht rückgebaut werden, dies aus ökologischen und ökonomischen Gründen auch kaum vertretbar wäre, muß davon ausgegangen werden, daß sie aus der Sicht des Grundwasserschutzes problematisch sind. Deshalb werden gegenwärtig verstärkt Anstrengungen unternommen, um durch den Einsatz auswaschbeständiger Additive die Langzeitbeständigkeit von Geosynthetics zu erhöhen und möglicherweise entstehende Umwelt(Grundwasser)gefährdungen durch Stoffübergänge zu ver-

ringern. Im Bereich der Additive liegt momentan das größte Informationsdefizit hinsichtlich relevanter ökotoxikologischer Daten:

- Es fehlen bisher genaue Informationen über die speziell in Geosynthetics eingesetzten Additive. Hierzu gehören vor allem ökotoxikologische Grunddaten der Additive wie auch Informationen über das Auswaschverhalten dieser Stoffe unter den gegebenen Einsatzbedingungen der Geosynthetics.
- Es fehlt an spezifischen Informationen über die Produktions- und Verbrauchsmengen von Geosynthetics.
- Außer für den Einsatz von Kunststoffdichtungsbahnen zur Abdichtung von Auffangwannen für die Lagerung wassergefährdender Stoffe fehlt ein baurechtliches Zulassungsverfahren für Geosynthetics. Durch ein solches Verfahren könnte zum einen eine möglichst umweltverträgliche Formulierung dieser Werkstoffe erreicht werden. Zum anderen würden Rezepturänderungen aus rein marktstrategischen Gründen, d.h. Modifikation der Rezepturen ohne oder mit nur minimaler Funktionsverbesserung beim Produkt, durch den technischen und finanziellen Aufwand für ein Zulassungsverfahren vermieden. Dies hätte den Vorteil, daß für die dann noch auf dem Markt befindlichen Geosynthetics, die teilweise sehr aufwendigen ökotoxikologischen Untersuchungen gründlich und mit einem dann auch vertretbaren finanziellen Aufwand durchgeführt werden könnten.
- Die verschiedenen Stoffe, die als Additiv für einen bestimmten Zweck (z.B. als Antioxidans) in einem Geosynthetic einsetzbar sind, sind unterschiedlich leicht auswaschbar. In Anbetracht dessen sollten sowohl aus Gründen der Verbesserung der Haltbarkeit der Werkstoffe als auch aus Gründen des Umweltschutzes, möglichst nur solche Additive für geosynthetische Baustoffe Verwendung finden, die unter den gegebenen Einsatzbedingungen auch langfristig nicht ausgewaschen werden (HIESSL/HILLENBRAND 1992, S. 115 f.).

3.2.5 Lacke und Anstrichmittel

Lacke und Anstrichmittel werden nur sehr selten im Tiefbau und somit grundwassernah eingesetzt. Das unmittelbar größte Grundwassergefährdungspotential könnte von den in relevanten Mengen verwendeten leichtflüchtigen Lösungsmitteln ausgehen. Abgesehen von illegaler Entsorgung, unsachgemäßem Gebrauch und Pannen ist eine *direkte* Grundwassergefährdung durch diese Lösemittel kaum gegeben. Problematisch ist jedoch die Verfrachtung dieser Stoffe über den

Luftpfad; die in Deutschland freigesetzten Lösemittelmengen allein im schwer kontrollierbaren Heimwerkerbereich liegen bei über 120.000 t pro Jahr (UBA 1989). Durch Niederschlag können die in die Luft verfrachteten Schadstoffe ausgewaschen werden und in den Boden und das Grundwasser gelangen. Dabei muß jedoch berücksichtigt werden, daß die leichtflüchtigen (nicht LHKW-haltigen) Lösemittel in der Regel auch gut abbaubar sind, so daß eine Grundwassergefährdung nur bei ungeschützten Grundwasserleitern und gestörten Standortbedingungen auftreten würde. Kritischer sind die höher siedenden aromatischen Lösemittelbestandteile, wie z.B. Xylol, das bei gestörten Standortverhältnissen unabgebaut über den Boden in das Grundwasser gelangen kann.

Während der Nutzungsphase können zudem durch Abrieb und chemische Alterung Anstrichstoffpartikel in Böden und Oberflächengewässer gelangen; Grundwassergefährdungen über diesen Eintragspfad sind jedoch eher unwahrscheinlich.

Weichmacher auf Phthalatbasis, wie sie in verschiedensten Anstrichsystemen eingesetzt werden, sind bereits jetzt ubiquitär in der Umwelt verteilt. Da diese Stoffe in Grundwasserleitern kaum noch abgebaut werden (dies liegt u.a. an den Milieubedingungen und der konstant niedrigen Temperatur im Untergrund), kann mit einer langfristig zunehmenden Grundwasserbelastung durch diese Stoffe gerechnet werden. Im Niederschlags-, Boden- und Grundwasser von verschiedenen Waldgebieten sind bereits Konzentrationen von 10-100 Nanogramm pro Liter nachgewiesen wurden (HIESSL/HILLENBRAND 1992, S. 209). Ähnlich problematisch ist der Einsatz mikrobizider Wirkstoffe in Anstrichstoffen. Nach Einschätzung von HIESSL/HILLENBRAND werden im Bereich der Anstrichstoffe jährlich mehrere Kilotonnen mikrobizid/algizid wirkende Stoffe eingesetzt. Diese können während der Nutzungsphase aus den Anstrichstoffen ausgewaschen werden und in das Grundwasser gelangen. Systematische Untersuchungen dazu gibt es allerdings nicht.

3.3 Grundwassergefährdungspotentiale während der Postnutzungsphase

Grundwassergefährdungspotentiale während der Postnutzungsphase von Bauwerken können

- beim Abbruch von Bauwerken,

- bei der Behandlung und Ablagerung von Abfällen und Reststoffen, die während der vorangegangenen Lebensphasen bzw. aus dem Abbruch von Bauwerken stammen, sowie
 - bei der Weiterverarbeitung von Baurezyklaten
- entstehen.

Aus stofflicher Sicht sind Bauabfälle außerordentlich heterogen zusammengesetzt. Der hier interessierende Bauschutt enthält alle Materialien, die beim Abbruch (oder bei teilweiser Demontage) von Bauwerken anfallen. Die Zusammensetzung des Bauschutts hängt von der Konstruktion und der Art und somit auch vom Alter der verwendeten Bauprodukte ab. Typische Bestandteile sind Erdaushub, Beton, Ziegel, Kalkstein, Naturgestein, Mörtel, Gips, Metalle, Holz sowie Verunreinigungen wie Papier, Pappe, Bitumen, Farben, Klebstoffe etc..

Bauschutt kann mit Hilfe von mobilen, semimobilen oder stationären Aufbereitungsanlagen behandelt werden, um weiterverwertbare Bestandteile abzutrennen (BILITEWSKI et al. 1990). Eine Ausnahme bildet Bauschutt von hochkontaminierten Standorten; dazu sind vor allen Dingen radioaktiv kontaminierte Bauprodukte z.B. der ehemaligen "Wismut" und zu entsorgender kerntechnischer Anlagen zu rechnen. Darauf soll jedoch in diesem Bericht nicht weiter eingegangen werden.

Unter den gesamten (statistisch erfaßten) Abfällen und Reststoffen des produzierenden Gewerbes nehmen Bauschutt und Bodenaushub mengenmäßig eine dominierende Position ein. So fallen in der Bundesrepublik Deutschland jährlich ca. 285 Mio. t baubedingte Abfälle an. Dabei nimmt der Bodenaushub mit 215 Mio. t den Hauptanteil ein, dazu kommen 26 Mio. t Straßenaufbruch, 30 Mio. t Bauschutt und 14 Mio. t Baustellenabfälle (FRIEDL 1993). Einen detaillierten Überblick über den Anfall von Bauabfällen gibt Tabelle 14.

Die Tabelle zeigt, daß das Aufkommen an Abfällen und Reststoffen im Bauhauptgewerbe deutlich größer als im Ausbaugewerbe ist. Bei diesen und den oben angegebenen Zahlenwerten ist allerdings zu berücksichtigen, daß im allgemeinen nur Betriebe und Unternehmen mit mehr als 20 Beschäftigten auskunftspflichtig sind, d.h. die tatsächlich anfallenden Mengen sind vermutlich wesentlich höher. Weitere Unsicherheiten bestehen im Bereich der Baustellenabfälle, die - unabhängig von der Betriebsgröße - zum Teil der öffentlichen Abfallentsorgung als sogenannter "hausmüllähnlicher Gewerbeanfall" angedient werden und unter die-

Tab. 14: Aufkommen von Abfällen und Reststoffen aus dem Baugewerbe 1987 - Angaben in t (gerundet)

Art	Bauhauptgewerbe	Ausbaugewerbe
Schwarten, Spreissel, Sägemehl und -späne	77.000	3.000
Verpackungsmaterial aus Holz, Altpaletten etc.	65.000	13.000
Bau- und Abbruchholz	375.000	10.000
Baurestmassen (nicht statistisch aufteilbar)	98.000	2.000
Bauschutt	14.076.000	281.000
Straßenaufbruch	9.090.000	29.000
Bodenaushub	84.948.000	47.000
Gipsabfälle	21.000	-
Bauschutt, chemisch verunreinigt	870	-
Öl- und sonstig verunreinigter Boden	28.000	-
Schlämme aus Herstellung von Beton, Zement, Mörtel, Kalksandsteinen etc.	19.000	2.500
Eisen- und Stahlabfälle	146.000	15.000
Bitumen-, Asphaltabfälle, Teerrückstände	164.000	-
Hausmüllähnlicher Gewerbeabfall	324.000	86.000
Strahlmittelrückstände	-	7.500
Glasabfälle	-	1.500
Lackierereiabfälle etc.	1.200	2.000
Verpackungsmaterial, Kartonagen	46.000	29.000

Quelle: Statistisches Bundesamt, Fachserie 19, Reihe 12: Abfallbeseitigung im Produzierenden Gewerbe und in Krankenhäusern 1987, Stuttgart 1991.

ser Bezeichnung bei den Erhebungen des Statistischen Bundesamtes aufgeführt werden.

Völlig offen ist schließlich, welche Mengen an Abfällen und Reststoffen "außerhalb der Legalität", etwa durch Abkippen in Baugruben oder Verbrennen auf der Baustelle, "entsorgt" werden, also statistisch gar nicht entstanden sind (KÜMMERER/BUNKE, Kap. C, S. 36). Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß bezüglich der über die statistisch definierten Grenzen des Bauwesens hinausgehenden Mengen und Schadstoffströme keine ausreichenden Kenntnisse vorhanden sind. Diese wären jedoch erforderlich, da vor allen Dingen Länder und Kom-

munen den künftig benötigten Deponieraum für nicht rezyklierbare Reste planen müssen.

Obwohl die Zahlen nur für die alte Bundesrepublik erhoben wurden, kann davon ausgegangen werden, daß sich in den neuen Bundesländern ähnliche Verhältnisse einstellen werden bzw. schon eingestellt haben. Die stark angewachsene Bautätigkeit in den neuen Bundesländern führt zu einem ständig steigenden Anfall von Bauabfällen und zunehmenden Bedarf an Bauprodukten. Hier bestünde die Chance, ausgehend von den ursprünglich von der Bundesregierung vorgesehenen Recyclingraten für Bauabfälle (60% für Bauschutt, 40% für Baustellenabfälle, 70% für Bodenaushub und 90% für Straßenaufbruch) zu einem modernen Konzept der Kreislaufwirtschaft im Bausektor zu kommen, da durch die Wiederverwendung/Weiterverwertung ein Teil der als Abfall entsorgten Baustoffe zurück in den industriellen Stoffkreislauf gelangt (SRU 1990, Tz. 885). Diese recycelten Stoffe stellen gemeinsam mit anderen industriellen Reststoffen einen bedeutenden Teil des Baustoffmarktes dar. In Tabelle 15 sind wesentliche Sekundärrohstoffe und ihre Recyclingsraten zusammengestellt.

Die Summe von ca. 60 Mio. t/a recycelter Sekundärrohstoffe (alte Bundesländer) steht einer geförderten Menge von ca. 350 Mio. t Kies und Sand sowie 130 Mio. t Naturstein gegenüber. Zum Einsatz gelangen recycelte Stoffe hauptsächlich im Tiefbau. In Tragschichten, Aufschüttungen, als Befestigung, als Füllmaterial und als Zuschlagstoffe übernehmen sie die Funktion natürlicher Baustoffe. Insgesamt spielen Recyclingbaustoffe traditionsgemäß eine nicht unerhebliche Rolle im Bausektor.

Der positive Effekt der Substitution natürlicher Baustoffe durch im Kreislauf verwendete Baustoffe birgt jedoch potentiell folgende Gefahren in sich:

- Erfolgt keine Entfrachtung der recycelten Baustoffe, können zunehmend Schadstoffe in Baustoffen angereichert werden.
- Nicht entfrachtete Baustoffe können bei ungenügender Immobilisierung der enthaltenen Schadstoffe zunehmend zur Quelle von Stoffausträgen werden; dabei sind Boden und Grundwasser besonders gefährdet.
- Da, wie bereits erwähnt, bei vielen Bauprodukten Auslaugprozesse erst nach verhältnismäßig langen Zeiträumen zu signifikanten Effekten führen können, ergibt sich für viele der nichtabgedichteten Bauschuttdeponien ein hohes Grundwassergefährdungspotential.

Tab. 15: Sekundärstoffe und ihre Verwertung in den alten Bundesländern 1989

Art des Sekundärrohstoffs	Anfall mio t/a	Recycling mio t/a	%-Satz Recycling	Bemerkungen
Recyclingbaustoffe (geschätzt)				
• Ausbausphalt	12,0	6,0	50,0 %	
• Straßenaufbruch	20,0	11,0	55,0 %	
• Bauschutt	23,0	4,0	17,0 %	
• Baumischabfälle	10,0	0,0	0,0 %	
MVA-Rostaschen *	2,6	1,8	69,0 %	
Hochofenschlacken	8,6	8,6	100,0 %	
Stahlwerkschlacke	4,6	3,9	86,0 %	
Nebengestein der Steinkohle (Waschberge)	64,8	13,6	21,0 %	
Steinkohlenkraftwerke				
• Schmelzkammergranulat	2,8	2,7	98,0 %	
• Grobaschen	0,4	0,3	74,0 %	
• Flugaschen	3,1	2,7	86,0 %	
• REA-Gips	1,8	1,8	100,0 %	
Braunkohlekraftwerke				
• Flugaschen	6,1	0,0	0,0 %	Verkipfung in Tagebaue **
• REA-Gips	1,4	0,0	0,0 %	
Sekundärbrennstoffe	?	0,5		Zementindustrie
Summe	161,2	59,9		
Durchschnitt			37,2 %	

* ohne Filteraschen

** zur gemeinsamen Verkipfung von Aschen und REA-Gips s.u.

Quelle: KÜMMERER/BUNKE 1992, Kap. E, S. 21.

Um die Akzeptanz der Sekundärbaustoffe zu erhöhen, wurde von den Teilnehmern des TAB-Workshops "Grundwassergefährdungspotentiale im Bausektor" am 26.11.1992 die Forderung erhoben, daß sie nach den gleichen Kriterien, auch in der Normung, zu bewerten seien wie Primärbaustoffe (s. dazu Kap. 5.4). Insgesamt wurde die Schadstoffentfrachtung belasteter Recycling- und Sekundärstoffe als gravierendes Problem benannt. Um hier zu verfahrenstechnisch ausgereiften Lösungen zu kommen, müßten zunächst allgemein anerkannte Prüf- und Testverfahren hinsichtlich des Lösungs- und Langzeitverhaltens von Baustoffen entwickelt werden.

Vorbild für weitere Verbesserungen auf diesem Sektor könnte das Straßenbauwesen sein. Bereits jetzt werden ca. 50% des Altasphalts wieder im Straßenbau verwendet. Im Technischen Regelwerk für das Straßenwesen sind zahlreiche Vorschriften und Richtlinien für die Verwendung von Baustoffen und Baustoffgemischen einschließlich von Sekundärmaterialien enthalten. Für den Bau von Straßen in Wasserschutzgebieten existieren besonders strenge Bestimmungen, die zum Schutz des Grund- und Oberflächenwassers vor Stoffeinträgen auch die Verwendung von recyceltem Material und Sekundärstoffen regeln. Bedeutsam ist die Richtlinie für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wassergewinnungsgebieten (RiStWag).

3.4 Fazit

Im Bausektor werden Stoffe in großen Mengen und in außerordentlicher Vielfalt eingesetzt. Ein großer Teil dieser Baustoffe ist anorganisch-mineralischer Natur und führt während der Phasen, die ein Bauwerk durchläuft, kaum zu Umweltgefährdungen (der Bereich der Baustoffgewinnung und -verarbeitung wurde hier nicht betrachtet). Durch den zunehmenden Einsatz maßgeschneiderter Baustoffe werden jedoch mehr und mehr Stoffe umweltnah verbaut, die langfristig zur Gefährdung des Bodens und des Grundwassers führen können. Grundwassergefährdungen können vor allen Dingen während der Bau- und Postnutzungsphase auftreten.

Bestimmte Bauprodukte, wie z.B. Geosynthetics und Injektionsmittel, sind nicht rückbaubar, so daß sie während der gesamten Lebensdauer als potentiell grundwassergefährdend anzusehen sind. Die tatsächliche Grundwassergefährdung ist allerdings nicht nur stoff-, sondern auch standortabhängig. Ungeschützte Grundwasserleiter und gestörte Bodenverhältnisse, wie sie oft während und nach Baumaßnahmen entstehen, begünstigen den Eintritt von Schadstoffen in das Grundwasser. Der vorliegende Bericht weist auf die großen Wissenslücken hin, die hinsichtlich der qualitativen und quantitativen Beschreibung der dabei ablaufenden Prozesse existieren. Der ungenügende Kenntnisstand über die Stoffdynamik von Bauprodukten während ihrer gesamten Nutzungsdauer behindert langfristige Stoffmanagementstrategien im Bausektor und führt zu teilweise geringer Akzeptanz wiederverwendbarer Baustoffe.

4. Rechtliche Aspekte eines vorsorgenden Boden- und Grundwasserschutzes im Bausektor

In diesem Kapitel soll das geltende Recht unter dem Aspekt untersucht werden, inwieweit es Ansatzpunkte für einen vorsorgenden Boden- und Grundwasserschutz im Bausektor bietet. Darauf aufbauend werden im nächsten Kapitel Regelungsdefizite aufgezeigt und rechtspolitische Handlungsmöglichkeiten diskutiert. Der Schwerpunkt der Betrachtung liegt, wie schon in den vorangegangenen Kapiteln, auf dem Gebiet der **Baustoffe und Bauprodukte**, wobei wiederum der gesamte Lebenszyklus von der Herstellung über das Inverkehrbringen und Verwenden bis zur Entsorgung einbezogen werden soll. Ausgeklammert bleibt auch hier der Prozeß der Rohstoffgewinnung. Die Darstellung basiert im wesentlichen auf dem im Auftrag des TAB erstellten Rechtsgutachten von KLOEPFER/DELBÜCK.

Rechtliche Regelungen zur Verhinderung von Grundwasserbeeinträchtigungen durch Bauprozesse und Baustoffe lassen sich einerseits im Umweltrecht und andererseits im Baurecht finden. Das Umweltrecht enthält allgemeine, d.h. nicht speziell baubezogene Anforderungen zum Schutz des Umweltmediums Wasser. Dagegen regelt das Baurecht die Zulassung von Baustoffen und die Anforderungen an Bauwerke, wobei jedoch nicht Belange des Umweltschutzes, sondern traditionell Aspekte der baulichen Sicherheit, wie etwa Standsicherheit und Brandschutz, im Vordergrund stehen.

4.1 Umweltrecht

Eine Reihe von umweltrechtlichen Fachgesetzen berühren, wenn auch meist nur in indirekter Form, den Vorgang der Herstellung, Inverkehrbringung, Verwendung und Entsorgung von Baustoffen. Dazu gehören in erster Linie das Wasserhaushaltsgesetz, ergänzt durch das Wasserrecht der Länder, das Chemikaliengesetz mit den dazu erlassenen Rechtsverordnungen, das Bundes-Immissionsschutzgesetz und das Abfallgesetz, ebenfalls ergänzt durch ausfüllende Rechtsverordnungen. Auf die Regelungen des Naturschutzrechts und des Bergrechts, die in diesem Zusammenhang ausschließlich den Prozeß der Rohstoffgewinnung betreffen, soll, wie schon erwähnt, nicht näher eingegangen werden.

4.1.1 Gefahrstoffrecht

Die Gefährdung des Grundwassers durch Baustoffe ergibt sich in erster Linie aus den stofflichen Eigenschaften der eingesetzten Materialien (s. dazu oben Kap. 2). Es liegt deshalb nahe, zunächst die stoffbezogenen Regelungsansätze im geltenden Recht näher zu untersuchen.

Im klassischen Umweltrecht werden Stoffe in der Regel als Gefahrenquelle für jeweils ein ganz bestimmtes Umweltmedium betrachtet, das vor negativen Einflüssen geschützt werden soll. Kennzeichnend ist weiterhin die Ausrichtung auf eine nachträgliche Kontrolle. Die Regelungen setzen daher meist bei der Anlagensicherheit, also bei der Verwendung von Stoffen an, nicht bei ihrer Produktion (KLOEPFER 1989, S. 743). Diese Mängel des bestehenden Rechts sollten durch den Erlaß des Chemikaliengesetzes (ChemG) von 1980 kompensiert werden. Es ist als übergreifendes Gesetz konzipiert, das die sektorale Sichtweise des traditionellen Umweltrechts bewußt überwindet und erstmals eine **medienübergreifende Präventivkontrolle** ermöglicht, die bereits beim Herstellen, Einführen und Inverkehrbringen von Stoffen ansetzt, nicht erst bei deren Verwendung. Dieser Ansatz einer vorverlagerten Gefahrenabwehr wurde im Rahmen der umfassenden Novellierung des Chemikaliengesetzes im Jahr 1990 noch verstärkt, indem die Zweckbestimmung des Gesetzes explizit um den Aspekt der Risikovorsorge erweitert wurde. Zweck des Gesetzes ist es danach, den Menschen und die Umwelt vor schädlichen Einwirkungen durch gefährliche Stoffe und Zubereitungen zu schützen, insbesondere sie erkennbar zu machen, sie abzuwenden und ihrem Entstehen vorzubeugen. Die Zielrichtung des Gesetzes deckt somit auch die Abwehr von Grundwassergefährdungen ab, die von Baustoffen und -produkten ausgehen können (KÜMMERER/BUNKE 1992, Kap. F, S. 6). Andererseits beinhaltet das Chemikaliengesetz eine Reihe von Einschränkungen, die seine Tauglichkeit als Instrument eines vorsorgenden Grundwasserschutzes im Baubereich zweifelhaft erscheinen lassen.

Chemikaliengesetz

Anstelle eines Zulassungsverfahrens, wie es das übrige Umweltrecht und die speziellen Gefahrstoffgesetze (z.B. Pflanzenschutzmittelgesetz, Arzneimittelgesetz) vorsehen, begnügt sich das Chemikaliengesetz mit einem **Anmeldeverfahren** als dem im Prinzip mildesten Mittel zur Kontrolle umweltrelevanter Tätigkeiten (KLOEPFER 1989, S. 748). Die Anmeldepflicht soll sicherstellen, daß der Produ-

zent (als Verursacher) vor Inverkehrbringen eines neuen Stoffes die Datenbasis zur Beurteilung des stoffspezifischen Gefährdungspotentials entwickelt (Eigenverantwortlichkeit des Herstellers). An diesem Prinzip der "Produktionsfreiheit mit staatlichem Eingriffsvorbehalt" wurde bei der Novelle des ChemG von 1990 festgehalten. Die Forderung nach Einführung eines generellen Zulassungsverfahrens für Chemikalien, die vor allem von den Umweltschutzorganisationen erhoben wurde, konnte sich nicht durchsetzen und wäre wohl auch mit dem EG-Recht nicht in Einklang zu bringen gewesen (REDEKER 1991).

Das Chemikaliengesetz unterscheidet zwischen "Stoffen", "Zubereitungen" und "Erzeugnissen" (§ 3 ChemG). Mit der Einteilung in diese Begriffskategorien sind zum Teil stark divergierende Rechtsfolgen verbunden. Das schon erwähnte Anmeldeverfahren gilt nur für Stoffe als solche oder als Bestandteil einer Zubereitung (§ 4 ChemG). Nicht angemeldet werden muß ein Stoff, der lediglich als Bestandteil eines Erzeugnisses in den Verkehr gebracht wird. Auch das Inverkehrbringen von Zubereitungen als solche ist nicht anmeldepflichtig. Schließlich beschränkt sich das Anmeldeverfahren auf **neue** Stoffe. "Altstoffe", d.h. solche, die vor dem 18.9.1981 in Verkehr gebracht wurden, unterliegen nicht der Anzeigepflicht. Eine im Vorfeld der Novelle häufig geforderte umfassende Regelung der Altstoffproblematik auf nationaler Ebene wurde durch das EG-Recht blockiert. Mit der zwingend vorgeschriebenen Übernahme des europäischen Altstoffinventars (EINECS) wurde zudem die Zahl der legalisierten Altstoffe von vorher 35 000 auf ca. 100 000 erhöht. Damit wurden 65 000 zusätzliche, nicht geprüfte Stoffe für den Markt freigegeben, von denen zum größten Teil nicht bekannt ist, welche Wirkungen sie auf Mensch und Umwelt haben (REDEKER 1991). Schon aus dieser stichwortartigen Beschreibung läßt sich ablesen, daß das Anmeldeverfahren des ChemG für eine präventive Produktkontrolle im Bausektor praktisch ohne Bedeutung ist. Bei Baustoffen wird es in den seltensten Fällen um "Stoffe" im Sinne des Gesetzes gehen, und wenn, dann vermutlich um "Altstoffe". Sehr viel öfter dürfte es sich jedoch um Zubereitungen (z.B. Lösungsmittel, Farben, Kleber) oder noch häufiger um Erzeugnisse (Mauersteine, Dämmplatten, Fertigteile) handeln, die grundsätzlich nicht der Anzeigepflicht unterliegen.

In ihrem Anwendungsbereich weitergefaßt sind die **Mitteilungspflichten** gemäß §§ 16 ff. ChemG, die zudem im Rahmen der Novelle von 1990 stark ausgebaut wurden. Sie erfassen neben bereits angemeldeten Stoffen auch von der Anmeldepflicht ausgenommene Stoffe, neue Stoffe, die nicht oder nur außerhalb der EG in Verkehr gebracht werden, alte Stoffe sowie Zubereitungen. Einschränkend ist al-

lerdings zu sagen, daß es sich sowohl bezüglich der Altstoffe als auch bezüglich der Zubereitungen nicht um unmittelbare gesetzliche Pflichten handelt, sondern lediglich um **Verordnungsermächtigungen**. Eine Mitteilungspflicht für Erzeugnisse besteht nach wie vor nicht.

Gefahrstoffverordnung/ Chemikalien-Verbotsverordnung

Von großer Bedeutung auch für den Bausektor sind dagegen die **Verbots- und Beschränkungsermächtigungen** des § 17 ChemG, von denen mit Erlass der Gefahrstoffverordnung und der verschiedenen speziellen Verbotsverordnungen Gebrauch gemacht wurde. Auf der Grundlage des § 17 ChemG können das Inverkehrbringen und die Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe, bestimmter gefährlicher Zubereitungen sowie solcher Erzeugnisse, die diese Stoffe oder Zubereitungen freisetzen können oder enthalten, verboten oder beschränkt werden.

Die auf dieser Basis erlassenen Regelungen befinden sich zur Zeit in einem Prozeß der Umstrukturierung. Die Bundesregierung hat eine "Verordnung über die Neuregelung und Ergänzung der Verbote und Beschränkungen des Herstellens, Inverkehrbringens und Verwendens gefährlicher Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnisse nach § 17 des Chemikaliengesetzes" beschlossen und dem Bundesrat zur Zustimmung zugeleitet (BR-Drucksache 201/93). Gleichzeitig wurde eine entsprechende Neufassung der Gefahrstoffverordnung beschlossen und ebenfalls dem Bundesrat zugeleitet (BR-Drucksache 200/93). Ziel dieser Aktivitäten ist einerseits, die Vereinheitlichung und Erweiterung der bisherigen Verbots- und Beschränkungsregelungen, andererseits die Umsetzung zahlreicher EG-Richtlinien (insgesamt handelt es sich um 30 Richtlinien) in nationales Recht. Von Interesse sind im vorliegenden Zusammenhang vor allem folgende Aspekte:

Die Verbote des **Inverkehrbringens** gefährlicher Stoffe und Zubereitungen werden in eine neue "Chemikalien-Verbotsverordnung" übernommen. Diese soll die bisher in § 9 der Gefahrstoffverordnung enthaltenen Regelungen über Asbest, Formaldehyd, Dioxine, Furane und andere gefährliche Stoffe und Zubereitungen sowie die Bestimmungen der PCB-, PCT-, VC-Verbotsverordnung, der Pentachlorphenolverbotsverordnung, der 1. Chloraliphatenverordnung und der Teerölverordnung im wesentlichen ohne inhaltliche Änderung ablösen. Mit Ausnahme der FCKW-Halon-Verbotsverordnung vom 6. Mai 1991, die wegen ihrer unterschiedlichen Struktur, der zahlreichen Übergangsbestimmungen und der abgestuften Inkrafttretensregelungen nicht übernommen werden konnte, sind damit

künftig alle stoffbezogenen Inverkehrbringensverbote in einem einheitlichen Regelwerk zusammengefaßt (vgl. Begründung der Bundesregierung, BR-Drucksache 201/93, S. 53).

Die Verbote des **Herstellens und Verwendens** gefährlicher Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnisse werden künftig in der Gefahrstoffverordnung gebündelt. Hierzu werden die bisher in den genannten Einzelverordnungen enthaltenen Umgangsverbote in einen neuen Anhang IV der Gefahrstoffverordnung übernommen. Die immer schon in der Gefahrstoffverordnung enthaltenen Vorschriften über die **Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung** von gefährlichen Stoffen, Zubereitungen und Erzeugnissen werden, den einschlägigen EG-Richtlinien entsprechend, geändert und ergänzt. Für die Einstufung eines Stoffes oder einer Zubereitung als gefährlich sind die in § 3a ChemG genannten **Gefährlichkeitsmerkmale** maßgeblich, die bisher durch die "Gefährlichkeitsmerkmaleverordnung" vom 17. Juli 1990 näher bestimmt wurden. Diese Verordnung wird in die Gefahrstoffverordnung übernommen und materiell an die 7. Änderungsrichtlinie 67/548 EWG (92/32/EWG) angepaßt (vgl. Begründung der Bundesregierung, BR-Drucksache 200/93, S. 105).

In Zusammenhang mit der Überarbeitung der Gefährlichkeitsmerkmale im Rahmen der Novellierung der Gefahrstoffverordnung erfolgt auch die noch ausstehende Konkretisierung des für den Grundwasserschutz wichtigen Gefährlichkeitsmerkmals "umweltgefährdend". Gemäß § 4 GefStoffV (n.F.) sind Stoffe als umweltgefährlich einzustufen, "wenn sie selbst oder ihre Umwandlungsprodukte geeignet sind, die Beschaffenheit des Naturhaushalts, von Wasser, Boden oder Luft, Klima, Tieren, Pflanzen oder Mikroorganismen derart zu verändern, daß dadurch sofort oder später Gefahren für die Umwelt herbeigeführt werden können". Im Hinblick auf den Schutz aquatischer Ökosysteme sind in erster Linie das Kriterium der Giftigkeit für Wasserorganismen und das Kriterium der Möglichkeit längerfristig schädlicher Wirkungen in Gewässern zu berücksichtigen (Anhang I Nr. 1.5.2.1 Gefahrstoffverordnung n.F.). Nach diesen Kriterien als umweltgefährlich eingestufte Stoffe sind mit dem Gefahrensymbol "N" sowie den jeweils zutreffenden "Hinweisen auf besondere Gefahren" (R-Sätze) und "Sicherheitsratschlägen" (S-Sätze) zu versehen.

So begrüßenswert die Ergänzung der bisherigen, sehr viel spezifischeren Gefahrenmerkmale, die auf den Gesundheits-, Explosions- und Brandschutz zielen, auch ist, so problematisch erscheint doch die Bündelung aller unterschiedlichen Umweltgefährdungen in einer einzigen Kategorie. Das neu eingeführte Gefahren-

symbol sollte daher, so der Vorschlag von FALKE, um spezifische R- und S-Sätze ergänzt werden, wenn es hauptsächlich um die Gefährdung eines bestimmten Umweltmediums wie etwa des Wassers oder der Luft geht. Diese spezifischeren Hinweise müßten auch, sollen sie gezielt handlungsleitend wirken, berücksichtigen, ob die Gefährdung sofort oder erst später etwa im Abfallstadium eintritt (FALKE, Zentrum für Europäische Rechtspolitik, Bremen, schriftl. Stellungnahme zum TAB-Workshop, S. 7). Insgesamt, darin stimmten die Teilnehmer des TAB-Workshops überein, erscheint es dringend erforderlich, eigenständige Kriterien zur Beurteilung der Grundwassergefährlichkeit von Stoffen zu entwickeln. Die bisher im Deutschen Recht üblichen Wassergefährdungsklassen werden, so die Kritik der Workshopteilnehmer, dieser Funktion nicht gerecht, da sie keine detaillierten Aussagen über die möglichen Schadwirkungen von Stoffen im Boden- und Grundwasser bzw. in der ungesättigten Zone des Aquifers zulassen. Es wurde angeregt, entsprechende Kriterien durch den Ausschuß für Grundwassergüte bei der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser entwickeln zu lassen.

Eine logische Konsequenz aus der Einführung des neuen Gefährlichkeitsmerkmals "umweltgefährlich" ist, daß die **Sicherheitsdatenblätter**, die bisher ausschließlich auf den Arbeits- bzw. Gesundheitsschutz ausgerichtet waren, nunmehr auch Angaben zur Ökologie enthalten müssen. Wer als Hersteller oder Importeur gefährliche Stoffe oder Zubereitungen in Verkehr bringt, hat künftig eine Bewertung ihrer möglichen Auswirkungen, ihres Verhaltens und ihres Verbleibs in der Umwelt vorzulegen. Zu beschreiben sind die wichtigsten Eigenschaften in Abhängigkeit von der Beschaffenheit und den wahrscheinlichen Verwendungsarten:

- Mobilität,
- Persistenz und Abbaubarkeit,
- Bioakkumulationspotential,
- aquatische Toxizität und weitere Daten über die
- Ökotoxizität, z.B. das Verhalten in Abwasserbehandlungsanlagen (Anhang I Nr. 5.2.12 GefStoffV n.F.).

Bezüglich der Restmengen oder Abfälle aus der absehbaren Verwendung eines Stoffes oder einer Zubereitung sind schließlich Hinweise für ihre sichere Handhabung und geeignete Entsorgungsverfahren zu geben (Anhang I Nr. 5.2.13 GefStoffV n.F.).

Im Zusammenhang mit der Produkthaftung bzw. der Umwelthaftung kann den Sicherheitsdatenblättern eine erhebliche Bedeutung zukommen. Hersteller und Importeure von Stoffen, Zubereitungen und Erzeugnissen müssen nämlich, wollen sie in einem möglichen Schadensfall der Haftung entgehen, die potentiellen Anwender darauf hinweisen, welche Maßnahmen erforderlich sind, um ihnen bekannte Gefährdungen von Mensch und Umwelt zu vermeiden. Dies gilt jedenfalls für solche Risiken, deren Eintreten durch entsprechende Verhaltensmaßregeln verhindert werden kann (FALKE, schriftliche Stellungnahme zum TAB-Workshop, S. 4 f.).

Insgesamt ist zu vermuten, daß sich die Informationssituation im Hinblick auf das Umweltgefährdungspotential von Baustoffen durch die Novellierung der Gefahrstoffverordnung erheblich verbessern dürfte. Dies gilt natürlich nur insoweit, als Baumaterialien Gefahrstoffe im Sinne der Verordnung darstellen, enthalten oder freisetzen können.

Biozidrichtlinie

Der Rat der Europäischen Gemeinschaft hat sich bereits 1989 für eine Gemeinschaftsstrategie im Hinblick auf das Inverkehrbringen und die Verwendung von Biozid-Produkten ausgesprochen. Ein entsprechender Richtlinienentwurf ist inzwischen von der Kommission der Europäischen Gemeinschaft erarbeitet worden: "Vorschlag für eine Richtlinie des Rates über das Inverkehrbringen von Biozid-Produkten" vom 27. Juli 1993.

Eine Vereinheitlichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften in diesem Bereich wird als notwendig angesehen, da Biozid-Produkte derzeit in der Gemeinschaft ganz unterschiedlichen Regelungen unterliegen, was zu Handelshemmnissen und Wettbewerbsverzerrungen führen und dadurch die Errichtung und das Funktionieren eines gemeinsamen Binnenmarktes behindern könnte (vgl. Begründung der EG-Kommission zum Richtlinienentwurf, S. 2). Der Anwendungsbereich der Richtlinie betrifft alle nicht landwirtschaftlich genutzten Schädlingsbekämpfungsmittel (Biozid-Produkte), wozu so unterschiedliche Produktgruppen wie Holzschutzmittel, Rodentizide, Insektizide, Antifouling-Anstrichmittel, Biozide für den Wasserbereich, Schutzmittel für Kunstwerke, Begasungsmittel und Desinfektionsmittel gehören, die auf sehr verschiedene Weise zu einer Belastung des Menschen und der Umwelt führen können. Zweck der Richtlinie ist es deshalb, einerseits die Regelungen zum Inverkehrbringen von Biozid-Produkten in-

nerhalb der Gemeinschaft zu harmonisieren und andererseits Mensch und Umwelt vor Gefahren zu schützen, die die Herstellung und Verwendung solcher Produkte mit sich bringen.

Diese Richtlinie ergänzt die Richtlinie über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln (91/414/EWG) und geht von einem vergleichbaren Lösungsansatz aus. Er basiert auf einem System von Zulassungsverfahren für Biozid-Produkte auf der Ebene der Mitgliedstaaten und Erstellung einer gemeinsamen "Positiv-Liste" derjenigen Wirkstoffe, die in Biozid-Produkten eingesetzt werden dürfen. Über die Aufnahme eines Wirkstoffs in die Positiv-Liste soll, nach dem Vorschlag der Kommission, in einem zentralen Verfahren auf Gemeinschaftsebene entschieden werden. Im einzelstaatlichen Zulassungsverfahren ist dann auf der Basis des vom Hersteller eingereichten Antrags zu prüfen, ob das betreffende Biozid-Produkt hinreichend wirksam ist, nur zugelassene Wirkstoffe enthält und das Risiko bei seiner Entwicklung, Anwendung und Entsorgung insgesamt akzeptabel ist. Wird der Antrag angenommen, ist das Produkt in diesem Mitgliedstaat zugelassen, wobei die Zulassung in der Regel von den übrigen Mitgliedstaaten anzuerkennen ist.

In der Bundesrepublik Deutschland gibt es bisher keine umfassende Regelung für die Zulassung von Biozid-Produkten, wie in Kapitel 2.2 am Beispiel der Holzschutzmittel erläutert wurde: Lediglich Holzschutzmittel, die im konstruktiven Bereich eingesetzt werden, bedürfen einer amtlichen Zulassung durch das Institut für Bautechnik (IfBt), für andere kann auf freiwilliger Basis ein Gütezeichen (RAL-Gütezeichen) beantragt werden. Die Mehrheit wird jedoch nach wie vor ohne Prüfung ihrer Umweltauswirkungen auf den Markt gebracht. Die Schaffung einer EG-weiten Regelung für biozide Wirkstoffe und Produkte, die den Erfordernissen eines vorausschauenden Gesundheits- und Umweltschutzes Rechnung trägt, ist deshalb prinzipiell zu begrüßen (vgl. auch schriftliche Stellungnahmen des BUND und des BGW zum Vorschlag einer EG-Biozid-Richtlinie vom 27.7.1993). Auf der anderen Seite wird der Handlungsspielraum des nationalen Gesetzgebers aufgrund des immer engmaschiger werdenden Netzes EG-rechtlicher Vorgaben zunehmend eingeschränkt. Mit einer Verabschiedung der Biozid-Richtlinie ist nicht vor Ende 1995 zu rechnen, d.h. die Umsetzung in nationales Recht dürfte kaum vor 1996/97 abgeschlossen sein. Bis dahin sind jedoch eigenständige nationale Regelungen in diesem Bereich kaum noch durchsetzbar.

4.1.2 Wasserrecht

Bei baulichen Maßnahmen sind, wie bei allen anderen Tätigkeiten, die Einfluß auf ein Gewässer haben können, die Anforderungen des § 1a WHG zu beachten. Danach sind Gewässer, wozu auch das Grundwasser zählt, als Bestandteil des Naturhaushalts so zu bewirtschaften, daß sie dem Wohl der Allgemeinheit dienen und daß jede vermeidbare Beeinträchtigung unterbleibt. § 1a Abs. 2 WHG verpflichtet "jedermann", bei Maßnahmen, mit denen Einwirkungen auf ein Gewässer verbunden sein können, "die nach den Umständen erforderliche Sorgfalt anzuwenden, um eine Verunreinigung des Wassers oder eine sonstige nachteilige Veränderung seiner Eigenschaften zu verhüten und um eine mit Rücksicht auf den Wasserhaushalt gebotene sparsame Verwendung des Wassers zu erzielen". Diese **allgemeine Sorgfaltspflicht**, die Ausdruck des Vorsorgeprinzips ist, beinhaltet auch den Auftrag, alle wesentlichen Grundwasserbelastungen durch Bauen und Baustoffe zu vermeiden. Ohne eine entsprechende Konkretisierung dieser Grundpflichten dürfte jedoch ihre Wirksamkeit für einen systematischen vorsorgenden Grundwasserschutz im Baubereich gering bleiben (KLOEPFER/DELBRÜCK 1993, S. 7).

Abgesehen von der in § 1a WHG postulierten wasserrechtlichen Sorgfaltspflicht können im Zusammenhang mit baulichen Maßnahmen auch einzelne konkrete **Benutzungstatbestände** relevant werden. Als "Benutzungen" im Sinne des Gesetzes, die einer behördlichen Erlaubnis oder Bewilligung bedürfen, gelten sowohl direkte zielgerichtete Maßnahmen, wie etwa die Entnahme von Grundwasser oder die Einleitung von Stoffen, sog. "echte" Benutzungen, als auch sonstige Einwirkungen, sog. "unechte Benutzungen".

Echte Grundwasserbenutzungen gemäß § 3 Abs. 1 WHG setzen ein planvolles gewässerbezogenes Verhalten voraus, das darauf ausgerichtet ist, sich des Grundwassers für bestimmte Zwecke zu bedienen. Der Tatbestand der echten Grundwasserbenutzung wird daher bei der Durchführung von Baumaßnahmen nur in wenigen Fällen gegeben sein.

Dagegen betreffen die § 3 Abs. 2 genannten **unechten** Benutzungen auch den Prozeß des Bauens selbst. Der explizit aufgeführte Tatbestand des Aufstauens, Absenkens und Umleitens von Grundwasser (§ 3 Abs. 2 Nr. 1 WHG) dürfte insbesondere bei Tiefbaumaßnahmen häufig erfüllt sein. So kann z.B. eine Absenkung des Grundwasserspiegels zur Trockenlegung von Baugruben erforderlich sein oder

der Einbau von wasserdruckhaltenden Wänden und Sohlabdichtungen eine Umleitung von Grundwasserströmen zur Folge haben.

Daneben ist vor allem während der Bauphase der Auffangtatbestand des § 3 Abs. 2 Nr. 2 zu beachten, der als umfassender Gefährdungstatbestand formuliert ist. Danach gelten als Benutzungen grundsätzlich auch alle jene Maßnahmen, die geeignet sind, dauernd oder in einem nicht nur unerheblichen Ausmaß schädliche Veränderungen der physikalischen, chemischen oder biologischen Beschaffenheit des Grundwassers herbeizuführen. Diesen Tatbestand, der im Unterschied zu den "echten" Benutzungen nicht die Absicht einer Grundwasserbenutzung voraussetzt, dürften auch Grundwasserinfiltrationen infolge des unsachgemäßen Umgangs mit wassergefährdenden Stoffen auf der Baustelle erfüllen, z.B. der Eintrag von Treibstoffen und Schmiermitteln bei Betrieb und Wartung von Geräten. Gerade bei baulichen Vorgängen ist die Gefahr von Grundwasserkontaminationen besonders groß, weil in der Regel der schützende Oberboden entfernt wurde, so daß Stoffe ungehindert in den Untergrund und von da ins Grundwasser gelangen können. Es kommt hier, wie gesagt, nicht darauf an, ob ein Eingriff die Nutzung des Grundwassers selbst zum Ziel hat oder lediglich eine lästige Begleiterscheinung einer anderen Zwecken dienenden Maßnahme ist (KLOEPFER 1989, S. 611). Erforderlich bleibt jedoch, daß eine Handlung zweckgerichtet ist. Das bloß zufällige Hineingelangen von Schadstoffen in den Untergrund infolge eines Unfalls gilt nach allgemeiner Auffassung nicht als Normverstoß.

Weitergehende Beschränkungen zum Schutz des Grundwassers als Ressource der Trinkwasserversorgung sind in Wasserschutzgebieten gemäß § 19 möglich. Angesichts der Umweltbelastungen, die eine Bebauung mit sich bringt, kann die Errichtung von baulichen Anlagen in den einzelnen Zonen einer Genehmigungspflicht unterworfen oder auch gänzlich verboten werden (HUSTER 1992).

Auch für den Bausektor einschlägig ist schließlich der Besorgnisgrundsatz des § 34 Abs. 2 WHG. Danach dürfen Stoffe nur so gelagert oder abgelagert werden, daß eine schädliche Verunreinigung des Grundwassers oder eine sonstige nachteilige Veränderung seiner Eigenschaften nicht zu besorgen ist. Mit der Lagerung von Baustoffen, Bauschutt, Baurestmassen und Baustellenabfällen kann ein erhebliches Risiko von Grundwasserkontaminationen verbunden sein, vor allem wenn schadstoffhaltige Materialien auf dafür nicht geeigneten Flächen, etwa auf ungeschützten Baustellen, gelagert werden.

Der allgemeine Besorgnisgrundsatz wird im Hinblick auf den Umgang mit wassergefährdenden Stoffen präzisiert durch die Vorschriften der §§ 19 a-l WHG. Anlagen zum Lagern, Abfüllen, Herstellen und Behandeln wassergefährdender Stoffe müssen gemäß § 19 g WHG so beschaffen sein und so eingebaut, aufgestellt, unterhalten und betrieben werden, daß eine Grundwasserbeeinträchtigung praktisch ausgeschlossen ist. Dies gilt auch für Anlagen zur Verwendung wassergefährdender Stoffe, allerdings nur soweit es sich um Anlagen im Bereich der gewerblichen Wirtschaft oder im Bereich von öffentlichen Einrichtungen handelt. Wassergefährdende Stoffe sind nach § 19 g Abs. 5 WHG alle festen, flüssigen und gasförmigen Stoffe, die geeignet sind, nachhaltig die physikalische, chemische oder biologische Beschaffenheit des Wassers nachteilig zu verändern. Die nähere Bestimmung, welche Stoffe wassergefährdend sind, und die Zuordnung dieser Stoffe zu vier verschiedenen Wassergefährdungsklassen (WGK) erfolgt in der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift wassergefährdender Stoffe vom 9.3.1990. Die Einstufung der Stoffe in die Wassergefährdungsklassen von 0 (im allgemeinen nicht wassergefährdend) bis 3 (stark wassergefährdend) wird durch die "Kommission zur Bewertung wassergefährdender Stoffe" beim BMU vorgenommen.

Eine Reihe von Bau- und Bauhilfsstoffen sind danach als wassergefährdend einzustufen oder enthalten zumindest wassergefährdende Bestandteile wie etwa Formaldehyd (WGK 2), Ethylenoxid (WGK 2), Ethylacetat (WGK 1) etc. Dennoch sind die §§ 19 g ff WHG für einen systematischen, vorsorgenden Grundwasserschutz im Baubereich von eher untergeordneter Bedeutung. Sie beziehen sich nämlich nicht auf Grundwassergefährdungen, die durch Baumaterialien bzw. die darin enthaltenen Stoffe verursacht werden. Vielmehr geht es um Gefahren, die dadurch hervorgerufen werden, daß in Bauwerken eingebaute Anlagen oder Anlageanteile den entsprechenden Anforderungen nicht genügen und somit wassergefährdende Stoffe, **die selbst keine Baustoffe sind**, in das Grundwasser gelangen. In Bauwerken können zwar Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen, wie etwa Heizöltanks, eingebaut sein, die einer entsprechenden Eignungsfeststellung durch die zuständige Behörde bzw. einer Bauartzulassung bedürfen. Bauwerke selbst stellen jedoch keine Anlagen im Sinne des § 19 g WHG dar, so daß das Grundwassergefährdungspotential durch wassergefährdende Bestandteile in den Baumaterialien selbst unberücksichtigt bleibt (KLOEPFER/DELBÜCK 1993, S. 8 f.).

4.1.3 Immissionsschutzrecht

Das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) hat sich inzwischen, obwohl es als medienbezogenes Umweltgesetz ursprünglich primär auf die Luftreinhaltung zielte, mehr und mehr zu einem allgemeinen (Industrie-) Anlagenzulassungsgesetz entwickelt. Seit der 3. Novelle von 1990 wird auch das Wasser explizit als Schutzgut des Gesetzes genannt.

Die anlagenbezogenen Vorschriften des BImSchG und der darauf gestützten Rechtsverordnungen sind jedoch im wesentlichen nur für die **Produktion von Baustoffen** von Bedeutung. Zwar erfüllen Bauwerke als "ortsfeste Einrichtungen" grundsätzlich den weitgefaßten immissionsschutzrechtlichen Anlagenbegriff (§ 3 Abs. 5 Nr. 1 BImSchG). Ebenso dürften Baustellen als "Grundstücke, auf denen Stoffe gelagert oder abgelagert oder Arbeiten durchgeführt werden, die Emissionen verursachen können" zu betrachten sein und damit der Definition des § 3 Abs. 5 Nr. 3 BImSchG entsprechen. Spezielle grundwasserbezogene Anforderungen sind jedoch bisher auf dieser Grundlage nicht erlassen worden (KLOEPFER/DELBRÜCK 1993, S. 15).

Dagegen ist der Prozeß der Baustoffherstellung durch das umweltrechtliche Regelwerk relativ gut erfaßt, so daß sich hier keine gravierenden rechtlichen Defizite feststellen lassen (KLOEPFER/DELBRÜCK 1993, S. 40). Der überwiegende Teil der Baustoffe wird in Anlagen produziert, die der Genehmigungspflicht des Bundes-Immissionsschutzgesetzes unterliegen. Im Anhang zur 4. BImSchV (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen) werden im Abschnitt 2 "Steine und Erden, Glas, Keramik, Baustoffe" insgesamt 15 Anlagentypen aufgeführt, die einer Genehmigung im förmlichen oder vereinfachten Verfahren bedürfen. Dazu gehören u.a. Zementwerke, Glasfabriken, Anlagen zur Herstellung von Betonfertigteilen und Ziegeln, Anlagen zur Gewinnung oder Verarbeitung von Asbest. Genehmigungspflichtig sind daneben eine Reihe weiterer Anlagekategorien, deren Produktpalette auch oder sogar ausschließlich Baustoffe umfaßt, etwa Anlagen zur Herstellung von Baustahl (Nr. 3.3), Kunstharzen (Nr. 4.1.k), synthetischem Kautschuk (4.1.m), Holzfaserplatten, Holzspanplatten oder Holzfaserplatten (Nr. 6.3), bahnenförmigen Materialien aus Kunststoffen (Nr. 5.6) sowie Anlagen zum Tränken oder Überziehen von Stoffen oder Gegenständen mit Teer, Teeröl oder heißem Bitumen (Nr. 5.4).

Im Genehmigungsverfahren sind nicht nur die Belange des Immissionsschutzes im engeren Sinne, sondern über § 6 BImSchG auch die Belange des Gewässer-

schutzes zu berücksichtigen. Erfüllt das Herstellungsverfahren den Tatbestand einer Gewässerbenutzung oder einen anderen unter wasserrechtlichem Erlaubnisvorbehalt stehenden Tatbestand, verbleibt die Entscheidung insoweit bei der Wasserbehörde, so daß die Interessen des Grundwasserschutzes voll gewahrt werden können. Die technischen Anforderungen an den Herstellungsprozeß ergeben sich aus den jeweiligen Verwaltungsvorschriften zur Ausfüllung des BImSchG und des WHG, insbesondere der TA-Luft und den Verwaltungsvorschriften nach § 7a WHG.

Baustoffspezifische Umweltprobleme treten hier im Grunde nicht auf, denn die Produktionsverfahren bei der Herstellung von Bauprodukten unterscheiden sich nicht von den Produktionsverfahren bei der Herstellung anderer Produkte. Das Produkt selbst und seine Umweltverträglichkeit ist aber nicht Gegenstand der behördlichen Prüfung, es geht allein um die mit dem Herstellungsprozeß direkt oder indirekt verbundenen Risiken für Mensch und Umwelt. Eine Schadstoffverschleppung in die Produkte kann daher im Rahmen des immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahrens kaum verhindert werden (KÜMMERER et al. 1992, Teil F, S. 11).

4.1.4 Abfallrecht

Das Abfallgesetz des Bundes (AbfG) enthält in erster Linie Anforderungen an Abfallentsorgungsanlagen, wobei insbesondere bei den Deponien der Grundwasserschutz eine zentrale Rolle spielt. Die Anforderungen beziehen sich jedoch erst auf den Zeitpunkt der Entsorgung und richten sich an den jeweiligen Abfallbesitzer bzw. an die entsorgungspflichtigen Körperschaften.

Eine Ausnahme bildet insofern § 14 AbfG, der sich, als einzige auf Vermeidung und Verwertung ausgerichtete Norm des Abfallgesetzes, an Produzenten und Konsumenten wendet. Über eine rechtliche Regelung der Verwertungs- und Entsorgungswege relevanter Produkte sowie über die Festlegung von Verwertungsquoten soll versucht werden, indirekt auch Einfluß auf die Entscheidungen über die Produktgestaltung und -entwicklung zu gewinnen. Der entscheidende Nachteil dieser Vorschrift ist, daß sie vom Ende des Produktlebenszyklus, d.h. vom Abfallstatus der Produkte ausgeht, und damit einen langen und beschwerlichen Wirkungsweg hat, dessen Erfolg zudem ungewiß ist (SCHENKEL/REICHE 1993, S. 187). Kennzeichnend für das bestehende Abfallrecht ist also, daß die staatlichen

Eingriffe an dem fertigen Produkt ansetzen, nicht bei den stofflichen Voraussetzungen, aus denen das Produkt entsteht (ebd. S. 188).

Diese überkommene Konzeption wird jedoch durch die neuere Rechtsentwicklung zunehmend in Frage gestellt. Das im Entwurf vorliegende sog. "**Kreislaufwirtschaftsgesetz**" strebt eine umfassende und ganzheitliche Ordnung der Abfallwirtschaft als Bestandteil einer ökologischen Stoffwirtschaft an. Neben dem allgemeinen Grundsatz, mehrfach verwendbare, langlebige und rückstandsarme Erzeugnisse zu entwickeln und in den Verkehr zu bringen, enthält es auch konkrete Verordnungsermächtigungen, die u.U. erheblichen Einfluß auf die Produktgestaltung haben können (SRU 1993). Im Rahmen der öffentlichen Anhörung des Bundstagsausschusses für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit am 27./28. September 1993 ist an dem vorliegenden Entwurf allerdings erhebliche Kritik von seiten der geladenen Sachverständigen geübt worden. Ob und in welcher Form das Gesetz verabschiedet werden und inwieweit es ihm gelingen wird, den Unternehmen die Verantwortung für die Verwertungs- und Entsorgungseigenschaften der von ihnen hergestellten Produkte aufzuerlegen, bleibt abzuwarten.

Zunehmend verschärft wurden in den letzten Jahren die Anforderungen an die Sortierung und Verwertung von Abfällen und Reststoffen. Die neue **TA-Siedlungsabfall** vom 14. Mai 1993 enthält ausführliche Bestimmungen zur Getrennthaltung und Getrenntsammlung von Abfällen, die auch den Bausektor betreffen. Bauabfälle - nach der Definition in Kapitel 2.2 der TA-Siedlungsabfall sind darunter Bauschutt, Baustellenabfälle, Bodenaushub und Straßenaufbruch zu verstehen - sollen an der Anfallstelle getrennt erfaßt und einer Verwertung zugeführt werden. Im einzelnen werden in Kapitel 5.2.6 der Verwaltungsvorschrift folgende Anforderungen gestellt:

*Bodenaushub (314 11)**

Nicht kontaminiertes, natürlich gewachsenes oder bereits verwendetes Erd- oder Felsmaterial.

Bodenaushub soll z.B. im Landschaftsbau, zur Rekultivierung, zur Trassierung von Verkehrswegen oder in der Land- und Forstwirtschaft eingesetzt werden. Zur Erleichterung der Wiedernutzung kann eine Aufbereitung des Bodenaushubs durch Trennung in verschiedene Fraktionen (Feinfraktionen,

* Die Zahlen entsprechen dem Abfallschlüssel des Abfallartenkatalogs der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA).

Sand, Kies) erforderlich sein. Die Verwertung von Bodenaushub kann durch die Schaffung von **Bodenbörsen** unterstützt werden.

Straßenaufbruch (314 10)

Mineralische Stoffe, die hydraulisch, mit Bitumen oder Teer gebunden oder ungebunden im Straßenbau verwendet wurden.

Straßenaufbruch soll nach entsprechender Aufbereitung erneut im Straßenbau eingesetzt werden.

Bauschutt (314 09)

Mineralische Stoffe aus Bautätigkeiten, auch mit geringfügigen Fremddanteilen.

Bauschutt soll einer Bauschutttaufbereitung zugeführt und aufgearbeitet werden, z.B. für den Einsatz im Straßen- und Wegebau oder als Zuschlagstoff.

Baustellenabfälle (912 06)

Nichtmineralische Stoffe aus Bautätigkeiten, auch mit geringfügigen Fremddanteilen.

Die TA-Siedlungsabfall gibt für diese Abfallkategorie keine speziellen Empfehlungen über mögliche Wiedereinsatzbereiche. Eine Verwertung dürfte sich hier wesentlich schwieriger gestalten als bei den zuvor genannten Abfallarten, da Baustellenabfälle in der Regel sehr heterogen zusammengesetzt sind und neben Bauschutt, Verpackungsabfällen (oft mit Restinhalten), Sperrmüllanteilen auch Sonderabfälle wie Lösungsmittel, Farben, Lacke, Klebstoffe etc. enthalten. Von großer Bedeutung ist in diesem Zusammenhang die in Kapitel 5.2.6 der TA-Siedlungsabfall getroffene Regelung, daß **schadstoffbelastete Bauabfälle** getrennt zu erfassen und einer weitergehenden Entsorgung zuzuführen sind. Die bisher weit verbreitete Praxis, solche Abfälle als "hausmüllähnlichen Gewerbeabfall" durch die öffentliche Müllabfuhr entsorgen zu lassen, dürfte deshalb nach Inkrafttreten der TA-Siedlungsabfall am 1. Juni 1993 nicht länger möglich sein (s. auch oben Kap. 3.1).

Mit der verstärkten Forderung nach Wiederverwendung von Reststoffen und Abfällen, stellt sich auch das Problem der Schadstoffbelastung von **Sekundärmaterialien**. Aus abfallwirtschaftlicher Sicht ist die stoffliche Verwertung von indu-

striellen und gewerblichen Rückständen wie Hochofenschlacken, Flugaschen, REA-Gips, Bauschutt, Straßenaufbruch etc., die im Bausektor bereits eine lange Tradition hat, zweifellos zu begrüßen. Sie kann dazu beitragen, die natürlichen Ressourcen zu schonen, Abfälle zu vermeiden und somit knappen Deponieraum zu entlasten. Aus der Sicht des Grundwasserschutzes ist eine solche Substitution von Primärstoffen jedoch nur dann zu rechtfertigen, wenn sichergestellt ist, daß von den eingesetzten Sekundärrohstoffen keine negativen Auswirkungen ausgehen (s. auch Kap. 5.4).

4.1.5 Fazit

Die nähere Betrachtung des geltenden Umweltrechts unter dem Aspekt eines vorsorgenden Boden- und Grundwasserschutzes ergibt zusammengefaßt folgendes Bild:

Das **Wasserhaushaltsgesetz** enthält konkrete technische Anforderungen zum Schutz des Grundwassers nur für solche Bereiche, in denen typischerweise eine erhöhte Wahrscheinlichkeit von Grundwasserbelastungen besteht. Anforderungen an die Verwendung von Bauprodukten und an die Erstellung und Nutzung von Bauwerken lassen sich dagegen bisher nur aus den allgemein gehaltenen Grundsätzen und Vorschriften ableiten. Ob es praktikabel ist, jedes Bauvorhaben als Gewässerbenutzung im Sinne des WHG der Präventivkontrolle durch die Wasserbehörden zu unterstellen und dabei jeweils erneut auch das mit den Baumaterialien verbundene stoffliche Grundwassergefährdungspotential zu überprüfen, ist fraglich. Angesichts des relativ gleichförmigen und in großem Umfang erfolgenden Einsatzes von Bauprodukten erscheint ein stoff- bzw. -produktbezogener Ansatz effektiver (KÜMMERER et al. 1992, Kap. F, S. 9). Produktzulassungsregelungen enthalten bisher allerdings lediglich die Bestimmungen über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen. Sie knüpfen jedoch an der Verwendung der betreffenden Anlagen an und lassen das Grundwassergefährdungspotential durch wassergefährdende Bestandteile in Baustoffen unberücksichtigt.

Die anlagenbezogenen Vorschriften des **Bundes-Immissionsschutzgesetzes**, die explizit auch das Schutzgut Wasser umfassen, betreffen nur die Produktion von Baustoffen. Es geht allein um die mit dem Herstellungsprozeß direkt oder indirekt verbundenen Risiken für Mensch und Umwelt, während das Produkt selbst und seine Umweltverträglichkeit nicht Gegenstand der behördlichen Prüfung

sind. Eine Schadstoffverschleppung in die Produkte kann daher im Rahmen des immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahrens kaum verhindert werden.

Das geltende **Abfallrecht** zeichnet sich dadurch aus, daß es vom Ende des Produktlebenszyklus, d.h. von dem Abfallstatus der Produkte ausgeht, und nicht von den stofflichen Voraussetzungen, aus denen Produkte entstehen. Es reagiert somit auf erkannte, bereits entstandene Probleme, weist aber keine präventive Orientierung auf. Inwieweit es der neueren Rechtsentwicklung im Bereich des Abfallrechts, insbesondere dem von der Bundesregierung geplanten Kreislaufwirtschaftsgesetz gelingt, "die abfallwirtschaftliche Perspektive vom Ende an den Anfang des Produktlebenszyklus zu verschieben", wie es der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen in seinem Sondergutachten Abfallwirtschaft (SRU 1990) fordert, bleibt abzuwarten.

Den besten Ansatzpunkt für die Strategie eines vorsorgenden Boden- und Grundwasserschutzes würde im Prinzip das **Chemikaliengesetz** bieten, das auf eine medienübergreifende Präventivkontrolle hin konzipiert ist, die bereits beim Herstellen, Einführen und Inverkehrbringen von Stoffen ansetzt, nicht erst bei ihrer Verwendung. Durch die Beschränkung der staatlichen Kontrollmöglichkeiten auf ein reines Anmeldeverfahren, das zudem hauptsächlich für neue Stoffe gilt, konnte das Chemikaliengesetz jedoch seine beabsichtigte Wirkung bisher nicht entfalten.

Von großer Bedeutung auch für den Bausektor dürften dagegen die Novellierung der **Gefahrstoffverordnung** sowie die geplante Verabschiedung einer **EG-Richtlinie über das Inverkehrbringen von Biozid-Produkten** sein. Auf der anderen Seite ist festzuhalten, daß der verbleibende Handlungsspielraum des nationalen Gesetzgebers aufgrund des immer engmaschiger werdenden Netzes EG-rechtlicher Vorgaben zunehmend eingeschränkt wird. Vor allem im Bereich der Inverkehrbringensverbote, aber auch - obwohl in geringerem Maße - im Bereich der Verwendungsverbote werden künftig alle nationalen Maßnahmen wegen der möglichen Auswirkungen auf Importprodukte einer besonderen Rechtfertigung vor dem EG-Recht bedürfen (KLOEPFER/DELBRÜCK 1993, S. 15).

4.2 Baurecht

Die Anforderungen an Bauwerke und die Zulassung von Baustoffen wurde bisher in erster Linie durch das Bauordnungsrecht der Länder geregelt. Mit der Verabschiedung der **EG-Bauproduktenrichtlinie** und ihrer Umsetzung durch das deutsche **Bauproduktengesetz (BauPG)** ist das Recht der Zulassung und Verwendung von Baustoffen grundlegend umgestaltet worden. Dieser Prozeß der Neuordnung ist noch keineswegs abgeschlossen. Sowohl auf EG-Ebene als auch auf der Ebene des Landesbaurechts sind weitere Arbeiten zur Umsetzung und Konkretisierung der Bauproduktenrichtlinie erforderlich. Die wesentlichen Strukturen des europäischen Bauproduktenrechts sind jedoch festgelegt, auch wenn das neue System in vielen Bereichen erst nach und nach wirksam werden wird (KLOEPFER/DELBRÜCK 193, S. 16).

Nach dem bisherigen Bauordnungsrecht der Länder lag der Schwerpunkt der Baustoffprüfung auf bautechnischen Parametern (Standfestigkeit, Belastbarkeit, Feuerbeständigkeit), während Aspekte des Umweltschutzes keine oder nur eine sehr untergeordnete Rolle spielten. Dagegen enthält das neue harmonisierte EG-Bauproduktenrecht auch Anforderungen zum Umweltschutz und speziell zum Schutz des Grundwassers. Der Spielraum des nationalen Gesetzgebers für darüber hinausreichende Regelungen wird jedoch künftig durch die weitgehende Verlagerung der Baustoffprüfung und -normung auf die supranationale Ebene sehr begrenzt sein.

4.2.1 EG-Bauproduktenrichtlinie

Die EG-Bauproduktenrichtlinie vom 21. Dezember 1988 basiert auf dem im Juni 1985 vom Europäischen Rat gebilligten Weißbuch über die Vollendung des Binnenmarktes. Ziel der Richtlinie ist die Beseitigung technischer Handelshemmnisse beim freien Warenverkehr mit Bauprodukten innerhalb der Mitgliedstaaten der Europäischen Gemeinschaft. Entsprechend der sogenannten "Neuen Konzeption" auf dem Gebiet der technischen Harmonisierung und der Normung werden die wesentlichen Anforderungen an Produkte in der Richtlinie selbst nur sehr allgemein formuliert, während die detaillierte technische Ausfüllung der Anforderungen im Wege der Normung durch private (europäische) Organisationen erfolgt (MOLKENBUHR 1991). Dazu gehören in erster Linie das Europäische Komitee für Normung (CEN) und das Europäische Komitee für elektrische Normung (CENELEC). Trotz dieser allen Harmonisierungsrichtlinien des neuen Typs ge-

meinsamen Konzeption zeichnet sich die Bauproduktenrichtlinie durch eine Reihe von Besonderheiten aus.

Hervorzuheben ist zunächst der außerordentlich weitgefaßte Anwendungsbereich der Richtlinie. Sie gilt für alle Bauprodukte, "die hergestellt werden, um dauerhaft in Bauwerke des Hoch- oder Tiefbaus eingebaut zu werden" (Art. 1 BauPRL). Nach der Erklärung von Rat und Kommission der Europäischen Gemeinschaft gehören zu den Bauprodukten auch: "Anlagen und Einrichtungen und ihre Teile für Heizung, Klima, Lüftung, sanitäre Zwecke, elektrische Versorgung, Lagerung umweltgefährdender Stoffe, aber auch vorgefertigte Bauwerke, die als solche auf den Markt kommen, wie z.B. Fertighäuser, Fertigaragen und Silos" (Protokollerklärung zu Art. 1 Abs. 2 BauPRL). Was die Breite ihres Geltungsbereichs anbelangt, ist die Bauproduktenrichtlinie damit vergleichbar der "Maschinenrichtlinie", während neuere Harmonisierungsrichtlinien einen wesentlich schmaleren Ausschnitt von Produkten betreffen, wie z.B. die Richtlinie über Gasverbrauchseinrichtungen (RUNKEL 1992, S. 199).

Im Vergleich zu anderen Richtlinien nach der neuen Konzeption werden die materiellen Anforderungen an die Produkte nur sehr grob skizziert, was angesichts der Anwendungsbreite der Bauproduktenrichtlinie verständlich ist. Im Anhang I der Richtlinie werden sechs wesentliche Anforderungen genannt:

- Mechanische Festigkeit und Standsicherheit,
- Brandschutz,
- Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz,
- Nutzungssicherheit,
- Schallschutz,
- Energieeinsparung und Wärmeschutz.

Für den Grundwasserschutz bedeutsam sind die Anforderungen aus dem Bereich Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz, zu denen die Richtlinie ausführt:

"Das Bauwerk muß derart entworfen und ausgeführt sein, daß die Hygiene und die Gesundheit der Bewohner und der Anwohner insbesondere durch folgende Einwirkungen nicht gefährdet werden:

Freisetzung giftiger Gase,
Vorhandensein gefährlicher Teilchen oder Gase in der Luft,
Emission gefährlicher Strahlen,

Wasser- oder Bodenverunreinigung oder -vergiftung,
unsachgemäße Beseitigung von Abwasser, Rauch und festem oder flüssigem
Abfall,
Feuchtigkeitsansammlung in Bauteilen und auf der Oberfläche von Bautei-
len in Innenräumen.”

Der Schutz vor Wasser- und Bodenverunreinigungen oder -vergiftungen ist somit, zumindest soweit sie die Gesundheit der Anwohner und Bewohner gefährden, eine Anforderung, die künftig beim Inverkehrbringen und der Verwendung von Bauprodukten EG-weit zu berücksichtigen ist.

Die Anforderungen der Richtlinie beziehen sich primär auf die Bauwerke selbst. Aus den Anforderungen an Bauwerke sind die Anforderungen an die einzelnen Bauprodukte, in Abhängigkeit von ihrer jeweiligen Funktion im Bauwerk, abzuleiten. Daraus und aus der Definition des Begriffs "Bauprodukt" (s. o.) folgt, daß Baustoffe, die nur während der Erstellung von Bauwerken verwendet werden, aber selbst nicht dauerhaft eingebaut werden (sog. Bauhilfsstoffe), außerhalb des Anwendungsbereichs der Richtlinie liegen (KLOEPFER/DELBRÜCK 1993, S. 20).

Um die wesentlichen Anforderungen an Bauprodukte zu konkretisieren, sieht die Richtlinie, abweichend von anderen Richtlinien nach der neuen Konzeption, ein zweistufiges Verfahren vor. Die erste Stufe besteht in der Präzisierung der in der Richtlinie genannten globalen Anforderungen durch sogenannte **Grundlagendokumente**. Die Grundlagendokumente sollen die bauwerksbezogenen Anforderungen, für jeden der sechs Anforderungsbereiche getrennt, in allgemeiner Form festlegen. Auf der Basis der Grundlagendokumente werden dann in der zweiten Stufe die "technischen Spezifikationen" für das einzelne Bauprodukt bzw. eine Produktgruppe erarbeitet. Die Grundlagendokumente werden gemäß Art. 12 BauPRL von technischen Ausschüssen erstellt, an denen die Mitgliedstaaten mitwirken. Die technischen Ausschüsse haben ihre Arbeit inzwischen im wesentlichen beendet; die endgültige Verabschiedung der Grundlagendokumente steht jedoch noch aus.

Die technische Spezifikation, also die detaillierte Beschreibung der Anforderungen, denen ein Bauprodukt genügen muß, erfolgt in der Regel durch eine **harmonisierte europäische Norm**. Für die Erstellung dieser Normen ist in erster Linie die europäische Normungsorganisation CEN zuständig, in der die nationalen Nor-

mungsgremien der EG-Staaten mitwirken, für die Bundesrepublik Deutschland das Deutsche Institut für Normung (DIN).

Das zweite wichtige Harmonisierungsinstrument der Bauproduktenrichtlinie ist die **europäische technische Zulassung**. Sie kommt zur Anwendung, wenn noch keine harmonisierten Normen vorliegen bzw. nicht in einem angemessenen Zeitraum mit ihrer Erstellung zu rechnen ist, oder wenn Produkte wesentlich von einer anerkannten Norm abweichen (KLOEPFER/DELBRÜCK 1993, S. 23; BLOSS 1992, S. 803). Zuständig für die Erteilung einer europäischen technischen Zulassung sind die von den Mitgliedstaaten zu diesem Zweck ernannten Zulassungsstellen; für die Bundesrepublik Deutschland wird dies das Deutsche Institut für Bautechnik, Berlin sein. Europäische technische Zulassungen, die von einer Zulassungsstelle in einem Mitgliedstaat erteilt wurden, haben auch in anderen Mitgliedstaaten der Gemeinschaft Gültigkeit. Über die Erteilung solcher Zulassungen soll auf der Grundlage von **Leitlinien** entschieden werden, für deren Ausarbeitung die EOTA (European Organisation for Technical Approvals) verantwortlich ist, ein Gremium, in dem sich die von den einzelnen Mitgliedstaaten benannten Zulassungsstellen zusammengeschlossen haben.

Um eine Norm oder eine Zulassungsleitlinie zu erarbeiten, bedürfen CEN und EOTA eines **speziellen Mandats**, das die Kommission der Europäischen Gemeinschaft auf der Basis der Grundlagendokumente erteilt. An der Formulierung der Mandate sind die Mitgliedstaaten über den sogenannten Ständigen Ausschuß für das Bauwesen maßgeblich beteiligt.

Sofern weder eine harmonisierte Norm noch eine Leitlinie für die europäische technische Zulassung vorliegen, kennt die Bauproduktenrichtlinie, allerdings in sehr eingeschränktem Maße, auch das Instrument der **Direktzertifizierung**. In diesem Fall werden Brauchbarkeit und Konformität eines Produkts allein anhand der materiellen Anforderungen der Richtlinie selbst geprüft und gegebenenfalls bescheinigt. Voraussetzung dafür ist jedoch zum einen, daß die Kommission der Europäischen Gemeinschaft generell der Erteilung von Zulassungen für diesen Produktbereich zugestimmt hat, zum anderen, daß das Einvernehmen aller von den Mitgliedstaaten bestimmten Zulassungsstellen herbeigeführt wird (RUNKEL 1992, S. 200).

Im Unterschied zu anderen Harmonisierungsrichtlinien des neuen Ansatzes eröffnet die Bauproduktenrichtlinie den Mitgliedstaaten explizit die Möglichkeit, auch weiterhin materiell unterschiedliche Anforderungen an Bauprodukte zu stellen.

Die Notwendigkeit einer Differenzierung kann sich einmal aus den verschiedenen Verwendungsmöglichkeiten eines Bauprodukts in Bauwerken unterschiedlicher Zweckbestimmung ergeben. Sie kann aber auch das Resultat unterschiedlicher nationaler Schutzniveaus sein, die sich, den unterschiedlichen geographischen, klimatischen und lebensgewohnheitlichen Bedingungen der Mitgliedstaaten entsprechend, entwickelt haben. Die erforderliche Differenzierung der Anforderungen soll über das Instrument der **Klassifizierung** erreicht werden. Für jede der sechs wesentlichen Anforderungsbereiche können Klassen oder Leistungsstufen gebildet werden, die in den harmonisierten Normen oder Leitlinien zu verankern sind. Diese Besonderheit der Bauproduktenrichtlinie trägt dem Anliegen Rechnung, den ungehinderten Austausch von Bauprodukten in der Gemeinschaft zu gewährleisten, gleichzeitig aber das in den Mitgliedstaaten bestehende und begründete Schutzniveau nicht zu verringern (vgl. Erwägungsgründe zur Bauproduktenrichtlinie, ABl. EG Nr. L 40, S. 12).

Unter diesem Aspekt gewinnt die Mitwirkung der Mitgliedstaaten bei der Festlegung der Vorgaben für die Normungsarbeit große Bedeutung. Sie soll sicherstellen, daß Klassen und Leistungsstufen so definiert werden, wie es die Aufrechterhaltung der jeweiligen nationalen Schutzniveaus erfordert (RUNKEL 1992, S. 200). Innerhalb der Grenzen, die durch die Klassen und Leistungsstufen gezogen werden, hat der nationale Gesetzgeber dann das Recht, höhere Anforderungen zu stellen als andere Mitgliedstaaten. Darüber hinausgehende Sonderregelungen vorzuschreiben, die nicht von der Norm abgedeckt sind, ist ihm dagegen künftig verwehrt.

Produkte, die harmonisierten europäischen Normen entsprechen oder über eine europäische technische Zulassung verfügen, können, nachdem sie das sogenannte **Konformitätsbescheinigungsverfahren** durchlaufen haben, mit dem CE-Zeichen gekennzeichnet werden. Bei dem CE-Zeichen wird zugleich die Schutzniveaulasse angegeben, der das Produkt genügt. Weder das Inverkehrbringen noch die Verwendung solcher Produkte dürfen, etwa durch zusätzliche Prüferfordernisse, behindert werden. Dies gilt allerdings nur, soweit die Anforderungen der Richtlinie reichen (SCHIFFER/DELBRÜCK 1991, S. 22).

4.2.2 Bauproduktengesetz

Aufgrund der verfassungsrechtlichen Kompetenzenverteilung zwischen Bund und Ländern - die Gesetzgebungskompetenz für das Bauordnungsrecht liegt bei den Ländern, für das Recht der Wirtschaft beim Bund, die Vollzugskompetenz haben im Prinzip die Länder - warf die Umsetzung der Bauproduktenrichtlinie besondere Probleme auf. Bund und Länder einigten sich schließlich auf folgende Umsetzungskonzeption: Das Bauproduktengesetz, beruhend auf der Kompetenz des Bundes für das Recht der Wirtschaft gemäß Artikel 74 Nr. 11 GG, setzt die Richtlinie für den Bereich des freien Warenverkehrs und des Inverkehrbringens von Bauprodukten um. Die Umsetzung der Richtlinie im Hinblick auf die Verwendung von Bauprodukten bleibt im wesentlichen Sache der Länder auf der Grundlage des Bauordnungsrechts und einer insoweit angepaßten Musterbauordnung. Der Vollzug des Bauproduktengesetzes obliegt ebenfalls den Ländern entsprechend Artikel 83 GG. Allerdings wird dem **Deutschen Institut für Bautechnik (DIBT)**, Berlin - das vormalige Institut für Bautechnik (IfBT) - auf der Basis eines Bund-Länder-Abkommens die Funktion der **nationalen Zulassungsstelle** für die Erteilung von Europäischen Technischen Zulassungen übertragen. In diesem Zusammenhang wurde festgelegt, daß das Institut, wenn es in den europäischen Gremien (in erster Linie dem EOTA) agiert und dabei u.U. bindende Vorgaben für das deutsche Recht trifft, im Auftrag und nach Weisung des Bundes handelt (RUNKEL 1992, S. 203 f.).

Bei dem am 15. August 1992 in Kraft getretenen Bauproduktengesetz handelt es sich letztlich um eine bloße Übernahme der europarechtlichen Vorschriften in das nationale Recht. Das Gesetz stellt, ebenso wie die Richtlinie selbst, im wesentlichen ein **Verfahrensgesetz** dar, da die inhaltliche Ausgestaltung der Anforderungen erst in den "technischen Spezifikationen" erfolgen wird (KLOEPFER/DELBRÜCK 1993, S. 27).

Der Anwendungsbereich des Gesetzes wurde in Übereinstimmung mit Art. 1 der Bauproduktenrichtlinie unter expliziter Einbeziehung der oben erwähnten Protokollerklärung sowie in enger Anlehnung an die Begriffsbestimmungen der Landesbauordnungen definiert (vgl. Begründung zum Gesetzentwurf der Bundesregierung, BT-Drucksache 12/1462, S. 19). Bauprodukte sind demnach "Baustoffe, Bauteile und Anlagen, die hergestellt werden, um dauerhaft in bauliche Anlagen des Hoch- oder Tiefbaus eingebaut zu werden" (§ 2 Abs. 1 Nr. 1 BauPG). Der Begriff des "Hoch- und Tiefbaus" ist dabei in einem umfassenden Sinne zu verstehen, der auch alle Bereiche des Grundbaus, des Wasserwegebbaus, des baulichen Berg-

baus und des Brunnenbaus sowie Versiegelungen, Injektionen und andere Methoden der statischen Baugrundverbesserung mit einschließt (vgl. Beschlußempfehlung und Bericht des Ausschusses für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau vom 22. Mai 1992, S. 19). Zu den Bauprodukten zählen ferner "aus Baustoffen und Bauteilen vorgefertigte Anlagen, die hergestellt werden, um mit dem Erdboden verbunden zu werden" wie Fertighäuser, Fertigaragen und Silos" (§ 2 Abs. 1 Nr. 2 BauPG). Diese Aufzählung ist jedoch, wie der Ausschuß für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau hervorhebt, nur beispielhaft und nicht abschließend zu verstehen. Darunter fallen ebenso Kanalrohre, Tunnelsegmente, Geotextilien und -folien. Der Begriff des "Herstellens" umfaßt nach Auffassung des Ausschusses auch das Wiederverwenden, Wiederverwerten und Mischen von Baustoffen (ebd. S. 19). Wie die Bauproduktenrichtlinie ist auch das Bauproduktengesetz nicht auf Bauhilfsstoffe anwendbar, da sie zwar während des Bauprozesses verwendet, aber nicht dauerhaft in das Bauwerk selbst eingebaut werden.

Wichtig im Hinblick auf den Grundwasserschutz ist § 4 Abs. 5 BauPG, wonach Rechtsvorschriften, die das Inverkehrbringen von Bauprodukten u.a. aus Gründen des Umweltschutzes weitergehend einschränken oder verbieten, unberührt bleiben. Dies betrifft etwa Fälle, in denen umweltrechtliche Vorschriften unter Aspekten, die nicht die wesentlichen Anforderungen der Richtlinie betreffen, das Inverkehrbringen von Bauprodukten beschränken, oder Fälle, in denen EG-rechtliche Vorschriften unter Umweltschutzaspekten das Inverkehrbringen bestimmter Stoffe verbieten, ohne daß dies bereits einen Niederschlag in den technischen Spezifikationen nach der Bauproduktenrichtlinie gefunden hat (KLOEPFER/DELBRÜCK 1993, S. 28).

4.2.3 Die Musterbauordnung 1992

Das Bauproduktengesetz wird seine Rechtswirkung auf Bauprodukte erst nach und nach entfalten, nämlich in dem Umfang, in dem harmonisierte Normen erstellt und Leitlinien für die europäische technische Zulassung erarbeitet werden. Bauprodukte, für die es noch keine harmonisierten europäischen Normen gibt, sind weiterhin nach den Bestimmungen der Landesbauordnungen zu beurteilen. Erst mit der Bekanntgabe der Normen, der Leitlinien und der Liste der untergeordneten Produkte werden die ansonsten geltenden nationalen Vorschriften des Bauordnungsrechts allmählich verdrängt werden (vgl. Begründung zum Gesetzentwurf der Bundesregierung, BT-Drucksache 12/1462, S. 17). Es wird also über einen längeren Zeitraum ein Nebeneinander von europäischen Systemen nach

dem Bauproduktengesetz und nationalem System nach den Landesbauordnungen geben (RUNKEL 1992, S. 201).

Die Länderbauministerkonferenz (ARGEBAU) hat dies zum Anlaß genommen, auch die nicht an die europäischen Vorgaben anzupassenden Bestimmungen der Musterbauordnung der Struktur und Begrifflichkeit der Bauproduktenrichtlinie anzugleichen. Die neue Musterbauordnung vom 24./25. Mai 1992 wurde gleichzeitig mit dem Bauproduktengesetz erarbeitet.

Gemäß § 20 MBO 92 ist grundsätzlich zwischen den auf der Basis der Bauproduktenrichtlinie in Verkehr gebrachten Bauprodukten und den übrigen Bauprodukten zu unterscheiden. Für Bauprodukte nach dem EG-Bauproduktenrecht legen die obersten Bauaufsichtsbehörden fest, welche der in den europäischen technischen Spezifikationen vorgesehenen Klassen das Produkt erfüllen muß. Für die übrigen Produkte bleibt es bei der Freigabe aufgrund der Übereinstimmung mit "den anerkannten Regeln der Baukunst" (§ 20 Abs. 1 Nr. 1 MBO 92), aufgrund einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung (§ 21 MBO 92), eines allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnisses (§ 21 a MBO 92) oder einer Zustimmung im Einzelfall (§ 22 MBO 92). Die Vorschriften über die Verwendbarkeit von Bauprodukten werden durch das - dem Konformitätsbescheinigungsverfahren der Bauproduktenrichtlinie angenäherte - Übereinstimmungsnachweisverfahren ergänzt, dessen erfolgreicher Abschluß durch die Vergabe des Ü-Zeichens dokumentiert wird (KLOEPFER/DELBRÜCK 1993, S. 31 f.). So werden künftig Produkte, die sich nach dem Bauproduktengesetz beurteilen, das CE-Zeichen tragen, während Produkte, die sich nach den Landesbauordnungen beurteilen, ein Ü-Zeichen tragen.

4.2.4 Fazit

Schon vor Verabschiedung des Bauproduktengesetzes war die **Verwendung** von Baustoffen landesrechtlich umfassend geregelt. Dabei lag der Schwerpunkt der Baustoffprüfung auf bautechnischen Parametern, während Aspekte des Umweltschutzes keine oder eine nur untergeordnete Rolle spielten. Das **Inverkehrbringen** von Bauprodukten war durch das bisherige Baurecht nicht normiert.

Das neue harmonisierte EG-Bauproduktenrecht regelt dagegen Verwendung und Inverkehrbringen von Bauprodukten und stellt ausdrücklich auch Anforderungen zum Umwelt- und speziell zum Grundwasserschutz auf. Im Hinblick auf das In-

verkehrbringen von Bauprodukten werden die Anforderungen EG-weit vereinheitlicht. Bezüglich der Verwendung von Bauprodukten haben die Mitgliedstaaten jedoch die Möglichkeit, zwischen verschiedenen **Anforderungsklassen** zu wählen. Innerhalb der Grenzen, die durch die gewählte Anforderungsklasse gezogen werden, hat der nationale Gesetzgeber deshalb das Recht, höhere Anforderungen zu stellen als andere Mitgliedstaaten. Darüber hinausgehende Sonderregelungen, die nicht von der Norm abgedeckt werden, sind ihm dagegen künftig verwehrt.

Sowohl nach dem bisherigen Landesbaurecht als auch nach dem neuen EG-Bauproduktenrecht werden die technischen Detailanforderungen an Bauprodukte in Normen festgelegt, die von **privaten Normungsorganisationen** erarbeitet werden.

5. Regelungsdefizite und Handlungsmöglichkeiten

Um festzustellen, welche Defizite das geltende Recht aus der Sicht eines vorsorgenden Boden- und Grundwasserschutzes im Bausektor aufweist, ist zunächst zu klären, welche konkreten Zielvorstellungen sich aus dem **Vorsorgeprinzip** im hier vorliegenden Zusammenhang ableiten lassen. Ganz allgemein besagt das Vorsorgeprinzip, daß Umweltgefahren und -schäden soweit wie möglich vermieden und gar nicht erst zum Entstehen kommen sollen (KLOEPFER et al. 1991, S. 138). Während die ebenfalls auf Prävention angelegte **Gefahrenabwehr** eine hinreichende Wahrscheinlichkeit für das Eintreten eines konkreten Schadens voraussetzt, sollen vorsorgende Maßnahmen schon eingreifen, wenn sich die Möglichkeit einer Schädigung noch nicht zu einer Gefahrenlage verdichtet hat. Daraus folgt, Aktivitäten zum Schutz der Umwelt sollen nicht erst am Ort der Gefahrenentstehung einsetzen, sondern in ein früheres Stadium der Ursachenkette, die letztlich zum Eintritt von Schäden führt, vorverlagert werden.

Für den Boden- und Grundwasserschutz im Bausektor bedeutet dies, daß Maßnahmen zur Vermeidung schädlicher Umwelteinwirkungen spätestens bei der Erstellung von Bauwerken oder aber schon beim Herstellen und Inverkehrbringen von Baustoffen einsetzen müssen. Keineswegs wäre es mit dem Vorsorgeprinzip vereinbar, erst im Nachhinein durch Auflagen, die das fertige Gebäude betreffen oder gar durch Reinigung der betroffenen Böden und Grundwasservorkommen auf drohende oder bereits eingetretene Schäden zu reagieren. Insbesondere bei negativen Einwirkungen, die vom Fundament oder von den tragenden Teilen eines Bauwerks ausgehen, wird eine nachträgliche Reparatur ohnehin oft kaum möglich oder extrem aufwendig sein.

In Anbetracht der noch sehr lückenhaften Kenntnisse über das Grundwassergefährdungspotential von Baustoffen und Bauprozessen (s. dazu oben Kap. 2 und 3) muß in vielen Fällen von der **Möglichkeit** schädlicher Wirkungen ausgegangen werden, auch wenn sich noch keine Gefahrenlage abzeichnet. Dabei ist zu berücksichtigen, daß es sich im Bausektor um Schadstoffeinträge aus einer Vielzahl kleiner, gleichartiger, weit verteilter Quellen handelt, die allein zwar noch keine Gefahr darstellen, in der Summe aller Einträge aber zu erheblichen Schäden führen können.

Dort, wo der Kenntnisstand noch unzureichend ist, Gefahren für Boden und Grundwasser aber nicht auszuschließen sind, fordert das Vorsorgeprinzip Schritte zur Verbesserung des Kenntnisstandes. Dies macht neben der Durchführung von

Forschungsvorhaben die Verankerung von **Informationsweitergabepflichten** notwendig, für den Fall, daß Kenntnisse über die Umweltbelastung durch Baustoffe zwar bei Privaten vorhanden, dem Staat aber nicht ohne weiteres zugänglich sind. Verfügen auch die Hersteller bzw. Verteiler nicht über die notwendigen Informationen, kann die Einführung von **Informationsermittlungs- und Prüfpflichten** erforderlich werden.

Auf der anderen Seite sind Vorsorgemaßnahmen nicht grenzenlos zulässig, wenn sie in die Rechte Privater eingreifen. Es dürfen keine Vermeidungsanstrengungen verlangt werden, die mit dem **Verhältnismäßigkeitsprinzip** unvereinbar sind. Vielmehr müssen die geforderten Vorsorgemaßnahmen nach Art und Umfang dem Risikopotential der Umwelteinwirkungen, die sie verhindern sollen, entsprechen. Auch die Auswahl des Adressaten unterliegt Beschränkungen: Nur soweit dem Adressaten die Schaffung oder Erhöhung der - wenn auch u.U. nur geringen- Schadenswahrscheinlichkeit zugerechnet werden kann, ist es zulässig, ihn aus Vorsorgegründen in Anspruch zu nehmen. Dabei ist allerdings der modernen Auffassung von einer **umfassenden Produktverantwortung** Rechnung zu tragen (zu den hier nur kurz umrissenen Aspekten des Vorsorgeprinzips ausführlich s. KLOEPFER/DELBRÜCK 1993, S. 33 ff.).

Soweit Regelungen nicht an dem Bauwerk selbst als (baulicher) Anlage, sondern an den Umweltauswirkungen von Baustoffen ansetzen, sind sie dem Bereich des **produktbezogenen Umweltschutzes** zuzurechnen. Dieser strebt an, die mit einem Produkt zusammenhängenden Umweltbelastungen umfassend über alle Phasen seines Lebenszyklus hinweg, von der Herstellung, über den Vertrieb, den Gebrauch, bis zur Wiederverwendung, Verwertung und Entsorgung zu berücksichtigen. Wie die Analyse des geltenden Rechts in Kapitel 4 gezeigt hat, erfassen die bestehenden gesetzlichen Regelungen jedoch meist nur bestimmte Abschnitte aus dem Lebenszyklus eines Produkts, betreffen also jeweils nur den Herstellungs-, Inverkehrbringungs-, Verwendungs-, oder Entsorgungsprozeß. Die weitere Darstellung von Regelungsdefiziten und Handlungsmöglichkeiten gliedert sich daher ebenfalls nach den verschiedenen Lebensphasen.

5.1 Herstellung von Baustoffen

Herstellungsregelungen sind im allgemeinen nicht produktbezogen angelegt, sondern setzen an bestimmten **Produktionsverfahren** an. Zur Abwehr möglicher Umweltgefahren, die von der Herstellung eines Baustoffs ausgehen, steht im Bundes-Immissionsschutzgesetz und im Wasserhaushaltsgesetz ein umfangreiches Instrumentarium zur Verfügung, so daß sich in diesem Bereich keine gravierenden rechtlichen Defizite feststellen lassen (s. oben Kap. 4.1.3). Es gibt im Grunde auch keine baustoffspezifischen Umweltprobleme, da sich die Produktionsverfahren bei der Herstellung von Baustoffen nicht prinzipiell von den Produktionsverfahren bei der Herstellung anderer Produkte unterscheiden.

Wie oben schon erwähnt, geht es im immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahren ausschließlich um die Abwehr von Gefahren, die direkt oder indirekt aus dem Herstellungsprozeß resultieren, während das Produkt selbst nicht Gegenstand der behördlichen Prüfung ist. Eine Schadstoffverschleppung in die Produkte kann daher bisher kaum verhindert werden. Eine Verknüpfung zwischen Herstellung und Inverkehrbringen in der Weise, daß schon bei der Herstellung von Baustoffen bestimmte Anforderungen erfüllt werden müssen, um zu verhindern, daß es bei der Verwendung der Produkte zu Umweltbelastungen kommt, wäre zwar theoretisch denkbar. Das gesamte Konformitätssicherungssystem der Bauproduktenrichtlinie beruht auf diesem Ansatz. Gerade weil die Bauproduktenrichtlinie hier aber umfangreiche und wohl auch abschließende Regelungen getroffen hat, ist der Spielraum für den Ausbau solcher Anforderungen in anderen nationalen Gesetzen sehr gering (KLOEPFER/DELBRÜCK, S. 40).

5.2 Inverkehrbringen von Baustoffen

Im Bauproduktenrecht und im Gefahrstoffrecht werden zwei Systeme von Inverkehrbringensregelungen geschaffen, von denen das der Bauproduktenrichtlinie umfassender ist, aber dennoch bestimmte Aspekte nicht abdeckt, während das des Gefahrstoffrechts nicht auf eine flächendeckende Kontrolle des Inverkehrbringens zielt, sondern unter weitgehender Ausklammerung von Erzeugnissen den Schwerpunkt auf Informationsermittlungs- und -weitergabepflichten legt.

Inverkehrbringensregelungen können verschiedene Formen annehmen: Neben dem völligen Verbot des Inverkehrbringens als schärfste Maßnahme stehen eine

Reihe anderer Instrumente zur Verfügung, wie das Verbot mit Erlaubnisvorbehalt, Anmelde-, Nachweis-, Prüf- und Kennzeichnungspflichten.

Bei jeder nationalen Regelung des Inverkehrbringens von Bauprodukten ist jedoch zu berücksichtigen, daß das EG-Recht hier enge Grenzen setzt. Bauproduktenrecht und Gefahrstoffrecht setzen in weitem Umfang EG-rechtliche Vorgaben um, so daß der Handlungsspielraum des nationalen Gesetzgebers in beiden Fällen sehr beschränkt ist (s. oben Kap. 4.1.1 und 4.2). Auch eine neue Regelung mit dem Ziel, den vorsorgenden Boden- und Grundwasserschutz im Bausektor zu verbessern, die etwa im Wasserhaushaltsgesetz oder im Bodenschutzgesetz angesiedelt wäre, müßte diese Restriktion beachten und könnte deshalb keine neuen Anforderungen und Verfahren zum Inverkehrbringen von Bauprodukten schaffen, die von der Bauproduktenrichtlinie abweichen. Sollen die Begrenzungen des geltenden EG-Rechts überwunden werden, wäre, so KLOEPFER, auch an eine Verankerung entsprechender Regelungen in einer novellierten **EG-Grundwasserrichtlinie** zu denken (KLOEPFER/DELBRÜCK 1993, S. 61).

5.2.1 Gefahrstoffrecht

Das Chemikalienrecht kennt keine allgemeine Pflicht für eine staatliche Produktzulassung. Es bietet lediglich die Möglichkeit, auf die im Rahmen der Anmeldung erhaltenen Informationen mit vorläufigen Beschränkungen durch Verwaltungsakt der Anmeldestelle oder mit endgültigen Beschränkungen durch Rechtsverordnung zu reagieren. Man kann daher von einer **"Produktionsfreiheit unter staatlichem Eingriffsvorbehalt"** sprechen (KLOEPFER 1989, S. 748). Eine weitergehende Beschränkung des Inverkehrbringens von Baustoffen durch Einführung eines Zulassungsverfahrens analog zum Pflanzenschutzmittelrecht wäre deshalb zwar im Hinblick auf einzelne Stoffe oder Zubereitungen, nicht jedoch systematisch für alle Baustoffe mit dem EG-Recht in Einklang zu bringen (KLOEPFER/DELBRÜCK 1993, S. 58).

Die striktere Regelung im Pflanzenschutzrecht rechtfertigt sich damit, daß Pflanzenschutzmittel typischerweise mit einem hohen Risiko verbunden sind, da sie in der Umwelt freigesetzt werden müssen, um wirksam zu werden. Dagegen ging der Gesetzgeber im Chemikalienrecht davon aus, daß nicht jeder Stoff ein den Pflanzenschutzmitteln vergleichbares Risikopotential beinhaltet, so daß ein bloßes Anmeldeverfahren als ausreichend angesehen wurde, das den Hersteller verpflichtet, die notwendigen Informationen zur Beurteilung des stoffbezogenen Gefähr-

dungspotentials zur Verfügung zu stellen. Unabhängig von den Grenzen des EG-Rechts stellt sich deshalb die Frage, ob es mit dem Verhältnismäßigkeitsprinzip vereinbar wäre, unterschiedslos das Inverkehrbringen sämtlicher Bauprodukte einem Zulassungsverfahren ("Verbot mit Erlaubnisvorbehalt") zu unterwerfen, obwohl ein nicht unbedeutender Anteil dieser Produkte für den Boden- und Grundwasserschutz irrelevant ist. Hier wäre nach Auffassung von KLOEPFER aus verfassungsrechtlichen Gründen zumindest eine Abstufung erforderlich (ebd. S. 59). Im Hinblick auf den Gleichheitsgrundsatz wäre ferner zu prüfen, ob nicht Bauprodukte durch Einführung eines staatlichen Zulassungsverfahrens gegenüber anderen Produktgruppen, die möglicherweise die gleiche Boden- und Grundwasserrelevanz aufweisen, benachteiligt würden.

Die Konstruktion eines Anmeldeverfahrens anstelle eines Zulassungsverfahrens führt außerdem, so KLOEPFER, an sich nicht unbedingt zu Informationsdefiziten, wenn auch die Datenlage durch eine Senkung der Schwellen, die die Prüf- und Mitteilungspflichten auslösen, weiter verbessert werden könnte. Defizite, vor allem bezüglich der hier betrachteten Bauprodukte, entstehen vielmehr dadurch, daß nur Stoffe und Stoffe als Bestandteile von Zubereitungen angemeldet werden müssen, während Erzeugnisse lediglich in einigen Spezialvorschriften einbezogen werden. Eine weitere grundlegende Schwäche liegt in der Beschränkung der Anmeldepflicht auf neue Stoffe, während die gerade im vorliegenden Zusammenhang besonders relevanten Altstoffe ausgeklammert bleiben. Zwar wäre der Erlaß einer Rechtsverordnung über die Einführung von Mitteilungspflichten für alte Stoffe durchaus möglich gewesen, da das Chemikaliengesetz in § 16 c eine entsprechende Ermächtigung enthält. Von dieser wurde jedoch bisher kein Gebrauch gemacht, da die Altstoffkonzeption der Bundesregierung auf freiwillige Kooperation von Industrie, Wissenschaft und Behörden im Rahmen des "Beratergremiums für umweltrelevante Altstoffe"(BUA) angelegt war. Mit Verabschiedung der EG-Altstoffverordnung ist nunmehr der bislang bestehende Spielraum des nationalen Gesetzgebers weitgehend entfallen.

Dennoch bleiben, so KLOEPFER, Möglichkeiten, durch Ausdehnung der **Mitteilungspflichten** den Kenntnisstand über mögliche Umweltgefahren, die von einem Produkt ausgehen können, zu verbessern. Allerdings ergebe sich sowohl aus der Bauproduktenrichtlinie wie aus dem EG-Gefahrstoffrecht, daß es nicht zulässig wäre, das Inverkehrbringen von Bauprodukten von der Erfüllung solcher Mitteilungspflichten abhängig zu machen (KLOEPFER/DELBRÜCK 1993, S. 61).

Als notwendig wird vor allem die Aufhebung der Begrenzung von Mitteilungspflichten auf Stoffe und Zubereitungen angesehen (vgl. auch schriftliche Stellungnahmen zum TAB-Workshop von FALKE; BACKHEUER; BERTSCH; SONNEBORN). Allerdings erscheint eine bloße Ausdehnung der Mitteilungspflichten auf Erzeugnisse, so KLOEPFER, zu kurz gegriffen, da der Hersteller oder Importeur eines Baustoffs nur zum Teil Kenntnisse über die - auch von den eingesetzten Vorprodukten abhängigen- Umwelteigenschaften haben wird. Zudem sei fraglich, ob angesichts der Zahl der Baustoffe, die noch unüberschaubarer sei als die der Zubereitungen, da verschiedene Produkte mit unterschiedlicher Gestalt und unterschiedlichem Verwendungszweck gleiche oder ähnliche stoffliche Zusammensetzungen haben können, die Verarbeitung der Informationen überhaupt noch möglich wäre. Um eine Überlastung der Behörden zu vermeiden, schlägt er vor, von den Herstellern lediglich über die eingesetzten Vorprodukte Informationen zu verlangen, die dann letztlich mit den im Zuge des Anmeldeverfahrens erhaltenen stoffbezogenen Informationen zu verknüpfen wären. Da es insoweit ausreichen würde, den **Handelsnamen** der Vorprodukte anzugeben, könnte auch dem Interesse an der Wahrung von Betriebsgeheimnissen Rechnung getragen werden. Da nicht nur die staatlichen Behörden, sondern vor allem auch die Abnehmer von Vor- und Endprodukten über deren boden- und grundwassergefährdende Eigenschaften in Kenntnis gesetzt werden sollten, müßte zugleich die Informationsweitergabe verbessert werden. Dazu könnte laut KLOEPFER an dem bestehenden System der **Sicherheitsdatenblätter** angesetzt werden, die um entsprechende "Grundwasserdatensätze" zu ergänzen wären (in gleicher Richtung auch die schriftlichen Stellungnahmen zum TAB- Workshop von FALKE, GISBAU). Importeuren von Produkten und Vorprodukten müßten vergleichbare Pflichten auferlegt werden, da sonst nur ein Teil des gesamten Baustoffmarktes einbezogen werden könnte (KLOEPFER/DELBRÜCK 1993, S. 62).

Die dadurch ausgelöste "Informationsflut" wurde andererseits von den Teilnehmern des TAB-Workshops wiederum als problematisch angesehen: Mit der Interpretation der in den Sicherheitsdatenblättern gelieferten außerordentlich komplizierten und vielfältigen Daten wären die Anwender, vor allem kleinere Baufirmen oder Do-It-Yourself-Handwerker, vermutlich überfordert (SCHRÖTER; SONNEBORN; KÜMMERER, mündliche Stellungnahmen, Wortprotokoll zum TAB-Workshop, S. 38 ff.). Um sicherzustellen, daß die wichtigen Informationen bis zum Endverbraucher, aber auch bis zu den Bauaufsichts- und Wasserbehörden weitergegeben werden, wurde deshalb in erster Linie eine eindeutige **Kennzeichnung** der Produkte für notwendig gehalten. Die Kennzeichnungspflichten der Ge-

fahrstoffverordnung gelten bisher im wesentlichen nur für Stoffe und Zubereitungen, nicht für Erzeugnisse. Lediglich asbesthaltige Erzeugnisse sowie Erzeugnisse, die Formaldehyd freisetzen, müssen gekennzeichnet werden. Um äußerst kostenträchtige Altlasten zu vermeiden und einer weiteren Belastung des Grundwassers vorzubeugen, sollte daher eine generelle Kennzeichnungspflicht für Erzeugnisse erwogen werden, zumindest für solche, die bestimmte **schwer abbaubare oder anreicherungsfähige Umweltgifte** enthalten (FALKE, schriftl. Stellungnahme zum TAB-Workshop, S. 7). Allerdings stellt sich hier wieder die Frage, ob eine solche Regelung mit dem EG-Recht vereinbar wäre. Unproblematisch wäre nur eine freiwillige Vereinbarung mit deutschen Herstellern. Ansonsten müssten die Kennzeichnungsvorschriften des EG-Gefahrstoffrechts gezielt weiterentwickelt bzw. Kennzeichnungsanforderungen in die harmonisierten Normen nach der Bauproduktenrichtlinie aufgenommen werden (KLOEPFER/DELBRÜCK 1993, S. 63).

5.2.2 Bauproduktenrecht

Auch wenn die Handlungsmöglichkeiten des nationalen Gesetzgebers in diesem Bereich begrenzt sind, bleiben Spielräume dort, wo die Regelungen des EG-Rechts keinen abschließenden Charakter haben. Dies gilt vor allem für folgende Punkte:

- **Baustoffe, die vom Anwendungsbereich der Richtlinie nicht erfaßt werden.** Dazu gehören in erster Linie die sog. Bauhilfsstoffe, die zwar bei der Erstellung von Bauwerken verwendet, aber nicht dauerhaft eingebaut werden. Eine Grenze für weitergehende nationale Regelungen bilden hier die Art. 30-36 EWG-Vertrag, die für nationale Bestimmungen im nicht-harmonisierten Bereich zwingende Gründe des Umweltschutzes verlangen. Ferner müssten solche Regelungen gemäß der Richtlinie 83/189/EWG notifiziert werden. Mit der Notifizierung werden Stillhaltefristen in Gang gesetzt, die letztlich der EG-Kommission die Möglichkeit einräumen sollen, Vorschläge für eine entsprechende EG-weite Regelung vorzulegen (KLOEPFER/DELBRÜCK 1993, S. 44).
- **Baustoffe, für die noch keine technischen Spezifikationen vorliegen.** Da die Bauproduktenrichtlinie ihre Wirkung erst nach und nach mit der Schaffung der notwendigen Normen und Zulassungen entfalten kann, wäre es denkbar, für die noch nicht einbezogenen Produkte nationale Regelungen zu treffen. Diese Möglichkeit ist jedoch nach Auffassung von KLOEPFER

eher theoretischer Natur, da die Neueinführung eines solchen Regimes neben dem Bauproduktengesetz für einen Übergangszeitraum nicht sinnvoll erscheint.

- **Anforderungen zum Umweltschutz, die generell von der Richtlinie nicht erfaßt werden.** Eine Harmonisierungsrichtlinie kann nur insoweit eine Sperrwirkung für nationale Regelungen entfalten, als ihr Geltungsbereich geht. So betrifft die Bauproduktenrichtlinie nur einen begrenzten Teil der Umweltbelastungen, nämlich die Gefahren für **Bewohner und Anwohner**. Grundwasserbelastungen, deren negative Auswirkungen erst an anderen Stellen manifest werden oder andere Schutzgüter als die Gesundheit der Be- und Anwohner schädigen, werden somit von der Richtlinie im Prinzip nicht erfaßt. In Anbetracht des weitgefaßten Anwendungsbereichs der Richtlinie, der alle Gebiete des Hoch- und Tiefbaus einschließt, auch den Grundbau, den Wasserwegebau, den baulichen Bergbau, sowie Versiegelungen, Injektionen und andere Methoden der statischen Baugrundverbesserung, vermag man sich zudem die "Be- und Anwohner" vieler Bauwerke nur schwer vorzustellen. Inwieweit darin aber ein grundlegendes Defizit der Richtlinie liegt, das andererseits dem nationalen Gesetzgeber wiederum einen Spielraum für eigenständige Regelung eröffnet, wird man erst nach Erstellung der technischen Spezifikationen abschließend beurteilen können. Da diese notwendigerweise allgemein gehalten sein müssen, also nicht von den spezifischen Bedingungen am Wirkungsort ausgehen können, es aber nicht generell auszuschließen ist, daß auch Anwohner und Bewohner mit Boden oder Grundwasser in Berührung kommen, könnten in den noch zu erarbeitenden Normen auch umfassende Anforderungen zum Schutz von Boden- und Grundwasser festgelegt werden (vgl. KLOEPFER/DELBRÜCK 1993, S. 44, 47).

Soweit die geschilderten Spielräume nicht bestehen oder nicht ausreichen, sind Verbesserungen des vorsorgenden Boden- und Grundwasserschutzes im Bausektor nur im Rahmen einer **Weiterentwicklung des EG-Rechts** möglich. Daneben bleibt prinzipiell auch der Weg des nationalen Alleingangs aus Umweltschutzgründen nach Art. 100 IV EWG-Vertrag, da die Richtlinie primäres EG-Recht nicht außer Kraft setzen kann. Hinzuweisen ist schließlich auf die **Schutzklausel** des Art. 21 Bauproduktenrichtlinie, die es den Mitgliedstaaten gestattet, Produkte aus dem Markt zu nehmen, ihr Inverkehrbringen zu verbieten oder ihren freien Verkehr einzuschränken, wenn sie trotz bescheinigter Konformität nicht den we-

sentlichen Anforderungen genügen. In solchen Fällen hat der betreffende Mitgliedstaat unverzüglich die Kommission zu unterrichten. Mitgliedstaaten, die sensibler als andere auf Gefahrenlagen reagieren, können auf diese Weise Anstöße für die Überprüfung und gegebenenfalls Verschärfung der gemeinschaftlichen Standards geben (FALKE/JOERGES 1991). Die Schutzklausel kann man somit nicht als zusätzlichen Freiraum für den nationalen Gesetzgeber betrachten, da der Weg zu einem erhöhten Schutzniveau auch hier nur über eine Weiterentwicklung des EG-Rechts führt, nicht über eigenständige nationale Regelungen.

Normsetzungsverfahren

Die Bauproduktenrichtlinie arbeitet wie alle EG-Richtlinien der "Neuen Konzeption" mit der Technik des **Normenverweises**, d.h. die wesentlichen Anforderungen werden in der Richtlinie selbst nur in sehr allgemeiner Form fixiert, während die detaillierten technischen Anforderungen, denen ein Produkt genügen muß, durch **private Normungsorganisationen** erarbeitet werden. Im Regelungssystem der "Neuen Konzeption" erlangen die europäischen Normen damit eine rechtliche Bedeutung, die ihnen vorher nicht zukam (MARBURGER 1993). Man kann daher die Frage aufwerfen, ob der Gemeinschaftsgesetzgeber überhaupt berechtigt ist, mit bindender Wirkung für die Mitgliedstaaten die Konkretisierung der sicherheitstechnischen Anforderungen zum Schutz von Leben, Gesundheit, Umwelt und Sachgütern in so weitreichendem Maße nichtstaatlichen Gremien zu überlassen. Nach Auffassung von MARBURGER ist diese Frage zu bejahen, allerdings nur unter der Voraussetzung, daß das Normungsverfahren bestimmten rechtsstaatlichen Mindestgarantien hinsichtlich der Transparenz, der Repräsentativität und der Offenheit für alle Beteiligten genügt.

Die Erarbeitung deutscher Normen erfolgt durch das **Deutsche Institut für Normung e.V.** in Berlin (DIN). Das DIN ist als eingetragener Verein eine juristische Person des privaten Rechts. Das Verhältnis zwischen DIN und dem Staat wird durch Verträge geregelt. Für die Beziehung zum Bund gilt der Vertrag zwischen der Bundesrepublik Deutschland und dem DIN vom 5. Juli 1975, in dem sich das DIN verpflichtet, "bei seinen Normungsarbeiten das öffentliche Interesse zu berücksichtigen". Entsprechende Verträge, die im Bereich des Bauordnungsrechts besondere Bedeutung haben, wurden mit den Ländern geschlossen, etwa der Vertrag zwischen dem Land Nordrhein-Westfalen und dem DIN vom 22. Februar 1981 über die Erarbeitung von Normen für den Bereich der Bauaufsicht. Das DIN stellt mit seinen hauptamtlichen Mitarbeitern jedoch nur den organisatorischen

Rahmen zur Verfügung, während die eigentliche Normungsarbeit durch ehrenamtliche Mitarbeiter geleistet wird, die von den interessierten Kreisen in die verschiedenen Ausschüsse entsandt werden. Für die gesamte Normungstätigkeit gilt das **Konsensprinzip**, wonach Mehrheitsabstimmungen möglichst vermieden werden sollen. Eine ausgewogene Zusammensetzung der Normungsgremien ist in den Verfahrensregeln festgeschrieben; ob sie in der Praxis immer erfolgt, wird allerdings bezweifelt (vgl. etwa BATTIS 1991). Tendentiell, so BATTIS, sind private Interessen besser vertreten als öffentliche. Das öffentliche Interesse ist zwar vertraglich vorgegeben, personell aber überwiegend nicht vertreten und zudem meist wenig konkret definiert. Vor allem das Interesse der Umweltvorsorge wird sich nicht wie andere, private Interessen aus wirtschaftlichem Kalkül im Normungsprozeß artikulieren, sondern bedarf der Sachwalter, die Zeit und Geld in die Mitarbeit in den Normungsausschüssen investieren. Solche Sachwalter können etwa das Umweltbundesamt, wissenschaftliche Institute oder Umweltverbände sein (KLOEPFER/DELBRÜCK 1993, S. 52).

In jüngster Zeit wurden verschiedene Anstrengungen unternommen, die genannten Defizite abzubauen. So wurde am 22. Oktober 1992 zwischen dem Umweltministerium und dem DIN eine **"Vereinbarung über die Berücksichtigung von Umweltbelangen in der Normung"** abgeschlossen. Auf der Grundlage dieser Vereinbarung wurde ein neuer Normenausschuß "Grundlagen des Umweltschutzes" (NAGUS) geschaffen, dessen Arbeitsgebiet die Normung von fachgebietsübergreifenden Grundlagen des Umweltschutzes (Terminologie, Umweltmanagement, Ökobilanzen) auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene ist. Ferner wurde eine Koordinierungsstelle Umweltschutz eingerichtet, die die Aufgabe hat, die Normenausschüsse in Fragen des Umweltschutzes zu unterstützen. Die Zusammensetzung der verschiedenen Gremien soll den Besonderheiten des Arbeitsgebietes entsprechen und in angemessenem Verhältnis Vertreter der Umweltbehörden, der Industrie, der Umwelt- und Verbraucherverbände, der Gewerkschaften und der Wissenschaft beteiligen (Umwelt 1/1993, S. 7 ff.). Ob es dieser Vereinbarung gelingt, eine ausreichende Berücksichtigung von Umweltbelangen, insbesondere auch in den nicht speziell umweltorientierten Normungsausschüssen, sicherzustellen, bleibt allerdings abzuwarten.

Sehr viel größere Defizite als im nationalen Normungsverfahren werden auf dem Gebiet der europäischen Normung konstatiert. Die interessierten Kreise (Hersteller, Anwender, Verbraucher, Behörden, Wissenschaft) sind am Normungsverfahren von CEN/CENELEC nicht unmittelbar beteiligt. Sie haben lediglich die Mög-

lichkeit einer indirekten Mitwirkung über die nationalen Normungsorganisationen, nur diese sind direkt beteiligt. Das Prinzip der Gruppenrepräsentation, das für die nationale Normungstätigkeit prägend ist, wird auf europäischer Ebene ersetzt durch das Prinzip der nationalen Repräsentation, d.h. es können nicht mehr einzelne Interessen vertreten werden, sondern nur abgestimmte "nationale Haltungen", die bereits dem Zwang der Kompromißfindung unterlagen. Es ist, so MARBURGER, schwer vorstellbar, daß abweichende Auffassungen einzelner Gruppen, mögen sie auch noch so gewichtig sein, bei diesem Verfahren Gehör finden. Ferner fehlt auf europäischer Ebene die **Beteiligung der Öffentlichkeit** im Wege eines europaweiten Einspruchsverfahrens. Die Einspruchsmöglichkeiten bestehen wiederum nur auf nationaler Ebene und erst nach Veröffentlichung eines auf europäischer Ebene fertiggestellten Normentwurfs. Weitere Bedenken ergeben sich daraus, daß die von den europäischen Normungsorganisationen erarbeiteten technischen Spezifikationen keinerlei Kontrolle durch die EG-Behörden unterliegen. Die EG-Kommission erteilt ein Normungsmandat an CEN/CENELEC, prüft aber nicht, ob die verabschiedeten Normen den grundlegenden Anforderungen der Richtlinie auch tatsächlich entsprechen. Zusammenfassend kann man sagen, daß das europäische Normsetzungsverfahren unter mehreren Aspekten als dringend reformbedürftig angesehen wird (s. dazu ausführl. MARBURGER. 1993, S. 27 ff.).

Unter den gegebenen Voraussetzungen besteht also nur die Möglichkeit auf nationaler Ebene eine "deutsche Position" herauszuarbeiten, für die später im Rat und im Ständigen Ausschuß eine Mehrheit gefunden werden muß. Die Chancen dafür dürften aber, so KLOEPFER, dann um so größer sein, wenn Kriterien für den vorsorgenden Boden- und Grundwasserschutz schon im voraus aufgestellt und begründet würden und nicht für jedes Produkt neu entwickelt werden müßten. Insofern wäre seiner Auffassung nach ein **deutsches Regelwerk "Anforderungen des Boden- und Grundwasserschutzes an Bauprodukte"** sehr hilfreich.

5.3 Verwendung von Baustoffen

Potentielle Grundwasserbelastungen können sowohl während der Bauphase, z.B. durch Eingriffe in die natürlichen Grundwasserverhältnisse oder durch das Einbringen von Bau- und Bauhilfsstoffen in den Untergrund, auftreten als auch während der Nutzungsphase durch Auslaugung von Schadstoffen aus den verwendeten Baumaterialien (s. oben Kap. 3). Anknüpfungspunkte für Regelungen sind hier also sowohl die Eigenschaften der Produkte selbst (stoff/produktbezogene Re-

gelungen) als auch der Umgang mit ihnen (verhaltensbezogene Regelungen).

Produktbezogene Regelungen

Eine Belastung des Grundwassers während der Nutzungsphase durch Auslaugung von Schadstoffen kann nur verhindert werden, indem der Einsatz wassergefährdender Stoffe in Bauprodukten beschränkt wird. Bezüglich solcher produktbezogenen Anforderungen gelten die bereits beschriebenen Restriktionen des EG-Rechts. Jedoch unterscheidet sich die Rechtslage bei der Verwendung von Bauprodukten insofern von der beim Inverkehrbringen von Bauprodukten, als das Inverkehrbringen abschließend durch die Bauproduktenrichtlinie geregelt ist, während die Mitgliedstaaten im Hinblick auf die Verwendung von dem Instrument der Klassifizierung Gebrauch machen können und damit durchaus unterschiedliche nationale Schutzniveaus erreichbar sind (s.oben Kap. 4.2.1). Wenn es gelingt, die aus der Sicht des vorsorgenden Boden- und Grundwasserschutzes notwendigen strengen Anforderungen als eine Klasse in den europäischen Normen zu verankern, können Bauprodukte, die dem nicht genügen, auf nationaler Ebene ausgeschlossen werden (KLOEPFER/DELBRÜCK 1993, S. 67). Verwiesen sei hier auf die von deutscher Seite unternommenen Versuche, die Einrichtung von sog. "Nullklassen" durchzusetzen. Diese würden auch in europäischen Spezifikationen ein völliges Verbot bestimmter Substanzen oder Inhaltsstoffe ermöglichen, z.B. von Pentachlorphenol (PCP) in Holzschutzmitteln. Damit wäre zwar weder die Herstellung noch das Inverkehrbringen PCP-haltiger Holzschutzmittel untersagt, wohl aber ihre Verwendung auf dem Territorium solcher Mitgliedstaaten, die für dieses Bauprodukt die Nullklasse gewählt haben. (MISCH, mündliche Stellungnahme, Wortprotokoll zum TAB-Workshop, S. 90 f.).

Verhaltensbezogene Regelungen

Die Bauproduktenrichtlinie findet mit ihrem am freien Warenverkehr ausgerichteten System von Produktanforderungen keine Anwendung auf verhaltensbezogene Regelungen. Der Umgang mit Bau- und Bauhilfsstoffen auf der Baustelle unterliegt daher nach wie vor den Bestimmungen der Landesbauordnungen. Neben den allgemeinen Verhaltensanforderungen bei der Verwendung von Baustoffen, die zum Teil durch technische Normen konkretisiert werden, stehen die Vorschriften über die Zulassung von **Bauarten**, d.h. über das Zusammenfügen von Bauprodukten zu baulichen Anlagen (§ 23 MBO 92). Grundsätzlich lassen die Bauord-

nungen der Länder die Möglichkeit zu, die Baugenehmigung unter Auflagen und Bedingungen zu erteilen, die auch den Grundwasserschutz betreffen können. Außer in Wasserschutzgebieten, wo Baugenehmigungen in der Regel nur unter ausführlichen Schutzauflagen, wie z.B. der Verwendung biologisch abbaubarer Treib- und Schmierstoffe bei der Bauausführung, erteilt werden, wurde davon allerdings bisher wenig Gebrauch gemacht. Es existiert somit zwar im Bauordnungsrecht ein umfassend angelegtes System von Verhaltensregeln, bei dem aber, wie schon erwähnt, der vorsorgende Boden- und Grundwasserschutz eine untergeordnete Rolle spielt. Es wäre daher nach Auffassung von KLOEPFER durchaus sinnvoll und EG-rechtlich unbedenklich, den **Vorsorgegedanken** ausdrücklich in der Musterbauordnung zu verankern (KLOEPFER/DELBRÜCK 1993, S. 71, in gleicher Richtung auch STEFFEN 1993).

Neben dem Bauordnungsrecht enthält vor allem das Wasserrecht Ansätze für verhaltensbezogene Regelungen. Das System der Bewilligungs- und Erlaubnispflichtigkeit von Gewässerbenutzungen erfaßt mit den sog. "unechten" Benutzungen auch den Prozeß des Bauens, insbesondere durch den Tatbestand des Aufstauens, Absenkens und Umleitens von Grundwasser. Als Benutzungen gelten ferner alle Maßnahmen, die geeignet sind, die Beschaffenheit des Grundwassers negativ zu beeinflussen, wozu auch der unsachgemäße Umgang mit wassergefährdenden Stoffen auf Baustellen gehört (s. oben Kap. 4.1.2). Dennoch sind die bestehenden Regelungen nach Auffassung von KLOEPFER insofern defizitär, als es an **vollziehbaren Verhaltensregelungen** fehlt, die die Anforderungen an eine grundwasserverträgliche Verwendung von Baustoffen und Durchführung von Bauprozessen konkretisieren (KLOEPFER/DELBRÜCK 1993, S. 72).

Diese Einschätzung wurde durch die Teilnehmer des TAB-Workshops vollauf bestätigt. Nach ganz überwiegender Meinung sind Grundwasserschadensfälle während der Bauphase in erster Linie auf Kontrollprobleme zurückzuführen. Eine staatliche Bauaufsicht findet nach der Musterbauordnung und den entsprechend geänderten Landesbauordnungen bei den meisten Bauvorhaben nur noch in sehr begrenztem Umfang statt. Stichprobenartige Kontrollen reichen im allgemeinen nicht aus. Es handelt sich also nicht um ein Defizit der Normsetzung, sondern in erster Linie um ein **Vollzugsdefizit** (vgl. dazu auch SCHÄFER et al. 1992, S. 390 ff.; STEFFEN 1993). In Anbetracht der derzeitigen Finanzlage sind jedoch die Möglichkeiten zur Erhöhung der Kontrolldichte sehr beschränkt (BACKHEUER; BERTSCH, schriftl. Stellungnahmen zum TAB-Workshop). Um den Staat von den

Kontrollpflichten zu entlasten, wurde die Lösung des Problems überwiegend in einer verstärkten **Selbstkontrolle** durch die Bauausführenden gesehen.

Der Hauptverband der Deutschen Bauindustrie hat in diesem Zusammenhang die Einführung eines "**freiwilligen Umweltbeauftragten Bau**" angeregt, dessen Aufgabe darin bestehen soll, im Betrieb auf eine umweltverträgliche Baustelle hinzuwirken (WITTMANN, schriftl. Stellungnahme zum TAB-Workshop, S. 9). In Weiterentwicklung des im Baurecht angelegten Systems der Konformitätssicherung schlägt KLOEPFER eine "**Umweltqualitätssicherung für Bautätigkeiten**" vor, die auf die Eigen- und Fremdüberwachung durch Dritte zurückgreift (KLOEPFER/DELBRÜCK 1993, S. 73). In die gleiche Richtung zielt der Vorschlag einer Qualitätssicherung durch **Sachkundenachweis der Unternehmen** und Vergabe entsprechender Zertifikate. Das Konzept der Fachbetriebe nach § 19 I WHG könnte durchaus Ansatzpunkt für ähnliche Regelungen im Bereich des Bauwesens bieten (WITTMANN, mündliche Stellungnahme, Wortprotokoll zum TAB-Workshop, S. 21).

Das vorhandene rechtliche Instrumentarium bei der Verwendung von Baustoffen wurde von den Teilnehmern des Workshops im Prinzip als ausreichend angesehen. Die Einführung von zusätzlichen Prüf- und Nachweispflichten bezüglich der Grundwasserrelevanz der verwendeten Materialien im Baugenehmigungsverfahren wurde überwiegend abgelehnt. Zusätzliche Auflagen könnten zu einer weiteren Verzögerung von Bauvorhaben führen, während die Bemühungen heute gerade auf Beschleunigung und Vereinfachung der Verfahren gerichtet seien (vgl. etwa BACKHEUER; WITTMANN, schriftl. Stellungnahmen zum TAB-Workshop).

Informationsangebote

Übereinstimmend stellten die Teilnehmer des TAB-Workshops fest, daß die Forderung nach "ökologischem Bauen" bei den Nutzern zwar auf große Zustimmung stößt, ihre Umsetzung in die Praxis jedoch häufig an mangelnder Information über umweltfreundliche Baustoffe und Bauweisen scheitert. Eine Verbesserung der Informationsangebote wurde deshalb als ebenso bedeutsam eingeschätzt wie ordnungsrechtliche Instrumente. U.a. wurden folgende Vorschläge diskutiert:

- Das Umweltbundesamt sollte in Ergänzung seines Ratgebers zum öffentlichen Beschaffungswesen einen Ratgeber über umweltschonende Bauweisen und umweltverträgliche Baumaterialien herausgeben.

- Für Bauprodukte haben die RAL-Gütezeichen große Bedeutung. Die derzeit gültigen Kriterien für die Zeichenvergabe sollten einer Überprüfung unter Umweltgesichtspunkten unterzogen werden, wobei das Umweltbundesamt und nichtamtlicher ökologischer Sachverstand am Verfahren zu beteiligen wären.
- Von den bisher vergebenen 70 Umweltzeichen entfallen nur wenige auf den Bausektor. Es wäre deshalb zu prüfen, ob nicht für diesen volkswirtschaftlich und umweltpolitisch gleichermaßen wichtigen Sektor eine spezialisierte Jury gebildet werden sollte, die dann mit der aus dem allgemeinen Verfahren ausgegliederten Auszeichnung besonders umweltschonender Baumaterialien ein spezielles Publikum ansprechen könnte (zu den Vorschlägen im einzelnen vgl. FALKE; BACKHEUER; SCHENKE, schriftl. Stellungnahmen zum TAB-Workshop):

Förderung

Generell begrüßt wurde der Vorschlag, bei öffentlichen Bauvorhaben den Nachweis über die Verwendung umweltfreundlicher Bauprodukte zur Voraussetzung für die Auftragsvergabe zu machen, da der öffentlichen Hand hier eine Vorbildfunktion zukomme. Dem Grundsatz der sparsamen Haushaltsführung werde wegen der Einsparung späterer Entsorgungskosten und möglicherweise der Vermeidung späterer Altlasten auch dann Genüge getan, wenn das Ersatzprodukt zum Zeitpunkt der Erstellung des betreffenden öffentlichen Bauwerks Mehrkosten verursache (FALKE, schriftl. Stellungnahme zum TAB-Workshop).

Dementsprechend könnte die öffentliche Förderung im privaten Wohnungsbau an den Nachweis einer vorausgehenden ökologischen Bauberatung geknüpft werden. Im Hinblick auf private Bauträger wären auch **finanzielle Anreize** zur Durchsetzung von grundwasserverträglichen Bauweisen denkbar, etwa steuerliche Abschreibungsmöglichkeit analog zum Wärmeschutz. Die Zweckmäßigkeit neuer Steuervergünstigungen blieb allerdings umstritten. Einigkeit bestand nur insoweit, daß sich die Entsorgungskosten in irgendeiner Form in den Gestehungskosten niederschlagen müßten. Höheren Gestehungskosten bei der Verwendung umweltfreundlicher Baustoffe stehen in der Regel deutlich niedrigere Entsorgungskosten gegenüber (s. oben). Dieser Zusammenhang müßte auch in die Kostenkalkulation privater Bauherren Eingang finden. Eine zwingende Voraussetzung für jede Art der Förderung wäre schließlich, daß eindeutige Kriterien zur

Klassifizierung umweltverträglicher Baustoffe und Bauweisen festgelegt werden.

5.4 Entsorgung von Baustoffen

Grundwasserbelastungen bei der Entsorgung von Baustoffen können einerseits von Bauschuttdeponien ausgehen. Diese Probleme wären jedoch durch eine entsprechende Verschärfung des abfall- und immissionsschutzrechtlichen Instrumentariums innerhalb der bestehenden Strukturen unter Kontrolle zu bringen (KLOEPFER/DELBRÜCK 1993, S. 74). Auf der anderen Seite wären unter Vorsorgeaspekten gerade Maßnahmen notwendig, die auf eine **Vermeidung und Verwertung** von Abfällen aus dem Bausektor zielen, auch um eine Entlastung der begrenzten Entsorgungskapazitäten zu erreichen.

Bei der Diskussion von Vermeidungs- und Verwertungsstrategien im Bausektor sind wiederum die Besonderheiten dieses Wirtschaftszweiges zu berücksichtigen: Im Gegensatz zu den normalen Konsumgütern, aus denen sich der Hausmüll zusammensetzt, haben Bauprodukte eine außergewöhnliche lange Nutzungsdauer, so daß Maßnahmen, die schon beim Herstellen und Verwenden ansetzen, erst in ferner Zukunft eine Wirkung zeigen können. Weiterhin sind anders als beim Haus- und Gewerbemüll nicht nur die Hersteller, Vertreiber und Abnehmer betroffen, sondern in Gestalt von Architekten, Planern, bauausführenden Betrieben und Abrißunternehmen zusätzliche Akteure in die Produktverantwortung involviert. Auf der anderen Seite ist eine Überwachung im Bausektor im Prinzip leichter als in anderen Bereichen, weil Baustoffe ortsfest eingesetzt werden (KLOEPFER/DELBRÜCK 1993, S. 74).

Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen hat diesem Problem in seinem Sondergutachten Abfallwirtschaft einen eigenen Abschnitt gewidmet (SRU 1990, Tz. 883 ff.). Um das Abfallminderungspotential im Bausektor zu nutzen, schlägt er eine Reihe von Maßnahmen vor wie die Staffelung der Abnahmepreise für Bauabfälle nach ihrem Sortierungsgrad und ihrem Schadstoffgehalt, die Einführung eines Herkunftsnachweises für Bauschutt, die Einrichtung von Mutterbodenbörsen etc. Die Anregungen des Rates haben zum Teil in den ausführlichen Bestimmungen der neuen TA-Siedlungsabfall über die Getrennthaltung und Wiederverwendung von Bauabfällen einen rechtlichen Niederschlag gefunden (s. oben Kap. 4.1.4).

Voraussetzung für eine spätere Getrennthaltung und Wiederverwendung von Bauabfällen wäre allerdings ein **geordneter und recyclinggerechter Abbruch**. Eine solche gezielte Demontage ist heute wegen der damit verbundenen erheblich höheren Kosten (Zeit-, Maschinen- und Personalaufwand) eher die Ausnahme (SRU 1990, Tz. 890). Zu erwägen wäre deshalb eine Ergänzung der jeweiligen Landesbauordnungen um eine Regelung, nach der Abbrucharbeiten so durchzuführen sind, daß die anfallenden unterschiedlichen Materialien getrennt erfaßt und einer Verwertung bzw. einer geordneten Entsorgung gemäß den abfallrechtlichen Bestimmungen zugeführt werden können. Notwendig erscheint ferner eine Regelung, daß genehmigungsbedürftige Abbrucharbeiten nicht in Selbst- oder Nachbarschaftshilfe, sondern nur von dafür qualifizierten Unternehmen durchgeführt werden dürfen (vgl. dazu ausführlich ABEL-LORENZ 1993).

Alle diese Maßnahmen zielen schon, wenn auch nur in indirekter Form, auf eine **recyclinggerechte Formulierung** von Baustoffen. Noch weiter gehen würde die Festschreibung direkter Produkthanforderungen, die beim Herstellen und Inverkehrbringen von Bauprodukten einzuhalten wären. Nach der bisherigen Rechtslage spielt die Recyclingfähigkeit eines Bauprodukts bei der Beurteilung seiner Brauchbarkeit keine Rolle. Dies gilt sowohl für das bisherige Bauordnungsrecht der Länder als auch für das neue europäische Bauproduktenrecht. Dennoch müßten nationale Regelungen in diesem Bereich auf ihre Kompatibilität mit dem EG-Recht geprüft werden. Da die Bauproduktenrichtlinie jedoch den ganzen Komplex der Vermeidung, Verwertung und Wiederverwendung von Bauprodukten ausklammert, hätte der nationale Gesetzgeber hier im Prinzip einen relativ großen Handlungsspielraum. Wie oben schon erwähnt, müßten eigenständige Regelungen der EG-Kommission notifiziert und ihr Inkrafttreten ggf. bis zum Ablauf der Stillhaltefristen aufgeschoben werden. Will der Gesetzgeber nicht den Weg des nationalen Alleingangs beschreiten, bliebe nur die Möglichkeit, die Aufnahme solcher Anforderungen in die harmonisierten Normen und somit eine Weiterentwicklung des EG-Rechts zu versuchen (KLOEPFER/DELBRÜCK 1993, S. 76 f.).

Sekundärrohstoffe

Aus volkswirtschaftlicher wie abfallwirtschaftlicher Sicht ist die Wiederverwendung bzw. stoffliche Verwertung von Bauschutt, Straßenaufbruch und anderen Bauabfällen, die in diesem Sektor bereits eine lange Tradition hat, zweifellos zu begrüßen, da sie dazu beiträgt, die natürlichen Ressourcen zu schonen und knappen Deponieraum zu entlasten. Aus der Sicht des Grundwasserschutzes ist sie je-

doch nur dann vertretbar, wenn sichergestellt ist, daß von den eingesetzten Sekundärrohstoffen keine negativen Auswirkungen ausgehen (s. dazu oben Kap. 3.3).

Im Rahmen des europäischen Bauproduktenrechts wird nicht zwischen Primär- und Sekundärrohstoffen unterschieden. Die fertigen Produkte müssen daher den gleichen Anforderungen genügen, ohne Rücksicht auf die Art ihrer Ausgangsstoffe. Auf nationaler Ebene, d.h. in einigen Bundesländern, etwa in Baden-Württemberg, Hessen und Nordrhein-Westfalen, existieren zum Teil schon Regelungen für den Einsatz von Sekundärrohstoffen im Bauwesen. Die darin enthaltenen Grenzwerte weichen nicht nur erheblich voneinander ab, sondern gehen auch von ganz unterschiedlichen "Grenzwertphilosophien" aus. So werden z.B. schadstoff-, nutzungs- und standortbezogene Standards festgelegt. Dies kann in der Praxis zu beträchtlicher Verwirrung führen, weil überregional tätige Bauunternehmen, je nach Standort ihrer Baustellen, u.U. ganz unterschiedliche Vorschriften zu beachten haben. Von den Teilnehmern des TAB-Workshops wurde daher übereinstimmend eine **bundeseinheitliche Festlegung von Anforderungsprofilen für Sekundärmaterialien** gefordert. Um die Akzeptanz der Recyclingbaustoffe zu fördern, wurde die Einbeziehung von entsprechenden Qualitätsmerkmalen in die Regelwerke des Technischen Bauens (z.B. DIN-Normen) befürwortet. Ergänzend wurde die Einrichtung von Überwachungs- und Gütegemeinschaften nach dem Vorbild der schon bestehenden "Gütegemeinschaft Recycling Baustoffe" als sinnvoller Lösungsansatz betrachtet. Schließlich wurde Modell- und Musterbauvorhaben, wie sie zum Teil schon initiiert wurden, große Bedeutung zugemessen, um die Vorbehalte der Verbraucher gegen Sekundärmaterialien abzubauen.

Wie bei allen Baustoffen, aber wohl in noch größerem Maße, stellt sich bei **Sekundärbaustoffen** das Problem, daß der Hersteller die Inhaltsstoffe seiner Vorprodukte nicht kennt. Hier könnte jedoch aus der Ortsfestigkeit von Bauwerken Nutzen gezogen werden: Sind die bei der Erstellung eines Bauwerks verwendeten Materialien bekannt, wären, unter der Voraussetzung, daß die im Kapitel 5.1 vorgeschlagenen Maßnahmen zur Verbesserung der Informationslage realisiert würden, auch die in Bauabfällen enthaltenen Stoffe bekannt. Dies gilt allerdings nur mit einer Reihe von Einschränkungen. So können sich z.B. im Verlauf der Nutzungsdauer eines Gebäudes die Baumaterialien und ihre Schadstoffbelastung verändern. Fernen dürften sich auf diese Weise nur die Teile eines Bauwerks, die nicht beliebig ein- und ausgebaut werden können, erfassen lassen. Schließlich wäre eine solche Rückverfolgung der Inhaltsstoffe nur möglich, solange Abfälle aus

dem Bausektor bei der Baustoffherstellung verwertet werden und nicht industrielle Reststoffe aus anderen Bereichen (KLOEPFER/DELBRÜCK 1993, S. 78). Dennoch könnte hier ein Ansatzpunkt liegen, den Kenntnisstand über die Schadstoffbelastung von Bauschutt zu verbessern.

Vorgeschlagen wurde in diesem Zusammenhang, jedes Bauwerk bei seiner Erstellung mit einem "Baustoffpaß" analog zum schon bestehenden "Energiepaß" zu versehen, der Angaben über die verwendeten Bauprodukte und ihre stoffliche Zusammensetzung enthält, ggf. auch den Hersteller vermerkt (BACKHEUER, schriftl. Stellungnahme zum TAB-Workshop). Dieser Baustoffpaß würde sowohl dem Abrißunternehmer wie dem Hersteller von Sekundärbaustoffen die erforderlichen Hinweise auf die angemessene Behandlung, Verwertung und Wiederverwendung des angefallenen Bauschutts geben. Als Alternative wäre auch eine sichtbare, dauerhafte und aussagekräftige **Kennzeichnung der Baumaterialien** selbst denkbar (SCHENKE, schriftl. Stellungnahme zum TAB-Workshop). Die Problematik beider Vorschläge resultiert aus der Langlebigkeit der Produkte (die durchschnittliche Lebensdauer eines Gebäudes liegt zwischen 50 und 100 Jahren), die einen Verlust der Informationen befürchten läßt, ehe der Zeitpunkt der Entsorgung gekommen ist.

Um diese Nachteile zu vermeiden, wäre es auch möglich, neue Instrumente mit indirekter Lenkungswirkung einzuführen, die den Pfandgedanken aufgreifen, aber im Hinblick auf die Besonderheiten des Bausektors modifizieren. Angeregt wurde in diesem Zusammenhang, Bauwerke mit einer "Schadstoffhypothek" zu belasten, die im Grundbuch einzutragen wäre, damit von Eigentümer zu Eigentümer weitergegeben würde und schließlich zur Deckung Entsorgungskosten verwendet werden könnte. Dadurch würde schon für den Bauherrn ein Anreiz für die Verwendung schadstoffarmer und wiederverwertbarer Baustoffe geschaffen. Die Schwierigkeit dieses Vorschlags liegt, wie KLOEPFER zu Recht feststellt, in der Umsetzung der Schadstofffracht in eine bestimmte Geldsumme. Dabei ist u.a. zu berücksichtigen, daß der Abriß erst Jahrzehnte nach dem Bau erfolgen wird und eine Abschätzung der dann entstehenden Entsorgungskosten auch nicht annähernd möglich sein dürfte. Denkbar wäre also nur eine sehr pauschalierende, am Schadstoffgehalt und nicht an den hypothetischen Entsorgungskosten, ansetzende Festlegung (KLOEPFER/DELBRÜCK 1993, S. 79).

5.5 Fazit

Der Lebensweg eines Bauprodukts wird von einer Vielzahl von Rechtsvorschriften begleitet, die unter dem Aspekt des vorsorgenden Boden- und Grundwasserschutzes zum Teil Defizite aufweisen, andererseits aber auch, wie dargestellt, zahlreiche Ansätze für Verbesserungsmöglichkeiten bieten. Kennzeichnend für alle bisher diskutierten Handlungsoptionen ist jedoch, daß sie jeweils nur bestimmte Phasen aus dem Lebenszyklus eines Bauprodukts betreffen, worin die Gefahr liegt, daß Umweltbelastungen nicht vermindert, sondern lediglich in eine andere Phase verlagert werden. Notwendig wäre deshalb eine integrative, **alle Lebensphasen umfassende Bewertung der Umweltverträglichkeit von Baustoffen**, die allerdings nicht nur den Schutz von Boden und Grundwasser, sondern ebenso den Schutz anderer Medien einbeziehen müßte (KLOEPFER/DELBRÜCK 1993, S. 80; in gleicher Richtung auch KÜMMERER/BUNKE 1992, Kap. A, S. 14). Eine solche umfassende Bewertung würde die Wahl zwischen verschiedenen Produktalternativen erleichtern und wäre daher für den Hersteller von Baustoffen wie für den Bauherrn im öffentlichen und privaten Bereich gleichermaßen von größtem Nutzen.

Als Instrument zur Durchführung einer umfassenden Beurteilung der Umweltverträglichkeit von Baustoffen bietet sich die Erstellung von **Produkt-Ökobilanzen** an, die auch von den Teilnehmern des TAB-Workshops im Prinzip befürwortet wurde. Andererseits zeigt die aktuelle Diskussion, daß die methodischen Probleme auf diesem Gebiet nicht leicht zu überwinden sind. Schwierigkeiten entstehen vor allem durch das Fehlen von Kenntnissen über Ursache- und Wirkungsbeziehungen und den Mangel an objektiven Bewertungsmaßstäben. Unlösbar erscheint auch nach wie vor das Problem der Gesamtbilanzierung aller Umweltauswirkungen in der abschließenden Bewertungsphase. Sofern eine objektive Bewertung aus prinzipiellen Gründen scheitert, bleibt nur die Offenlegung der eingesetzten subjektiven Maßstäbe und die Festsetzung von Verfahrensregelungen zur Herstellung eines Konsenses (UBA 1992, S. 54 ff.). Das Umweltbundesamt hat dazu den Weg über die Normung unter Einbeziehung aller relevanten Kreise (Industrie, Umwelt- und Verbraucherverbände, Umweltbehörden, Umweltwissenschaften) vorgeschlagen. Hier sei noch einmal auf die oben schon erwähnte Vereinbarung zwischen dem Umweltministerium und dem DIN verwiesen, die explizit festlegt, daß der neue Normenausschuß "Grundlagen des Umweltschutzes" auch auf dem Gebiet der Ökobilanzen tätig werden soll. Der Weg über die Normung hat, so KLOEPFER, u.a. den Vorzug, daß der Staat korrigierend ein-

greifen kann, wenn sich herausstellt, daß die grundlegenden Anforderungen an die Offenheit, Repräsentativität und Transparenz des Verfahrens nicht erfüllt sind (KLOEPFER/DELBRÜCK 1993, S. 82 f.).

Sollte es gelingen, die Probleme bei der Entwicklung einer Standardmethode für die Erstellung von Produkt-Ökobilanzen zu überwinden, wäre nach der Auffassung von KLOEPFER auch eine Verrechtlichung dieses Instrumentariums denkbar, und zwar durch Einführung einer gesetzlichen Pflicht zur Erstellung von Ökobilanzen vor Herstellung oder Inverkehrbringen eines Produkts sowie durch Festlegung von Mindestanforderungen an die einzuhaltenden Verfahrensregeln. Auch in diesem produktrelevanten Bereich wäre es jedoch seiner Meinung sinnvoll, eine EG-rechtliche Lösung anzustreben (ebd. S. 85).

Literaturverzeichnis

Abel-Lorenz, E.:

Die Bauabfallproblematik: Beispiel für die Notwendigkeit gesetzesübergreifender Lösungen. Zeitschrift für Umweltrecht 1993/2, S. 54-60.

Battis, U.:

Technische Normen im Baurecht - Staatliches Handeln zur Wahrnehmung öffentlicher Interessen. In: Schuchardt, W. (Hrsg.), Technische Normen und Bauen. Berlin, Köln 1991, S. 33-42.

Bilitewski, B., Marek, K., Hardtle, G.:

Abfallwirtschaft - eine Einführung. Berlin-Heidelberg-New York 1990.

Bloss, W.:

Umsetzung der EG-Bauproduktenrichtlinie durch das Bauproduktengesetz. BBauBl 1992, S. 802-805.

DECHEMA:

Mikrobiologische Materialzerstörung und Materialschutz. DECHEMA - Arbeitsausschuß "Mikrobiologische Materialzerstörung und Materialschutz". DECHEMA-Studien zur Forschung und Entwicklung, Frankfurt, 1989.

Dritte Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz (TA-Siedlungsabfall): Technische Anleitung zur Verwertung, Behandlung und sonstigen Entsorgung von Siedlungsabfällen vom 14. Mai 1993.

Dube, R./Sonneborn, M.:

Lacke und Farben - Zusammensetzung und Verwendung im Heimwerkerbereich. Max von Pettenkofer-Institut des Bundesgesundheitsamtes Berlin, MvP-Hefte 3/1986.

Entschließung des Rates vom 7. Mai 1985 über eine neue Konzeption auf dem Gebiet der technischen Harmonisierung und der Normung (ABl. EG Nr. C 136 S.1).

Entwurf eines Gesetzes zur Vermeidung von Rückständen, Verwertung von Sekundärrohstoffen und zur Entsorgung von Abfällen (Rückstands- und Abfallwirtschaftsgesetz - RAWG) vom 16. April 1993. BR-Drucksache 245/93.

Falke, J./Joerges, Ch.:

Auswirkungen der Bauproduktenrichtlinie auf die ökologischen Politikziele der Mitgliedstaaten. In: Schuchardt, W. (Hrsg.), Technische Normen und Bauen. Berlin, Köln 1991, S. 137-145.

Friedl, Ch.:

Schutt und Schotter am Markt. VDI-Nachrichten 11 (1993), S. 25.

Huster, St.:

Baubeschränkungen in Wasserschutzgebieten: Zum Verhältnis von Bauplanungsrecht und Wasserrecht. Natur + Recht 1992, S. 56-62.

Institut Wohnen und Umwelt (IWU):

Bodenschutz im Hochbau. Forschungsbericht Förderkennzeichen BO 52 BF, Darmstadt 1992.

Kloepfer, M.:
Umweltrecht. München 1989.

Kloepfer, M./Delbrück, K.:
Rechtliche Möglichkeiten des vorsorgenden Grundwasserschutzes im Baubereich
- Bestandsaufnahme und Perspektiven. Rechtsgutachten im Auftrag des TAB
1993.

Kloepfer, M./Rehbinder, E./Schmidt-Aßmann, E./Kunig, P.:
Umweltgesetzbuch - Allgemeiner Teil. Berlin 1991.

Knipschild, F.:
Grundwasserschutz mit Kunststoffdichtungsbahnen. Kunststoffe im Bau (1984),
Heft 2, S. 84-88.

**Kümmerer, K./Bunke, D./Führ, M./Gebers, B./Gensch, C.O./Lehn, H. (ÖKO-
Institut Freiburg/Darmstadt):**
Grundwasserschutz und Wasserversorgung: Bauindustrie und Baugewerbe. Gut-
achten im Auftrag des TAB 1992.

Kutzner, C.:
Injektionen im Baugrund. Stuttgart 1991.

Marburger, P.:
Die rechtliche Bedeutung technischer Normen im Umwelt- und Technikrecht.
Unveröffentlichtes Manuskript, 1993.

Molkenbuhr, G.:
Die EG-Bauproduktenrichtlinie - Ein Beitrag zur Harmonisierung baurechtlicher
und technischer Normen -. DVBl. (1991), S. 745-751.

Müller-Kirchenbauer, H./Borchert, K.M./Friedrich W.:
Veränderungen der Grundwasserbeschaffenheit durch Silikatgelinjektionen,
Bautechnik (1985), Heft 4, S. 130-142.

Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (SRU):
Sondergutachten "Abfallwirtschaft". Stuttgart 1990.

Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen:
Stellungnahme zum Entwurf des Rückstands- und Abfallwirtschaftsgesetzes
(RAWG). Zeitschrift für angewandte Umweltforschung 1993/2, S. 172-183.

Redeker, R.:
Das Chemikaliengesetz und seine Novellierung. JA (1991), S. (1-84).

Richtlinie über ein Informationsverfahren auf dem Gebiet der Normen und tech-
nischen Vorschriften, ABl. EG Nr. L 109; S.8; geändert durch Richtlinie
88/182/EWG, ABl. EG Nr. L 81, S. 75.

Runkel, P.:
EG-Binnenmarkt für Bauprodukte - das Bauproduktengesetz -. ZfBR 1992/5, S.
199-205.

Schäfer, R./Abel-Lorenz, E./Steffen, A./Stöcker, U.:

Ökologisierung der Landesbauordnung Bremen. Gutachten im Auftrag des Senators für Umweltschutz und Stadtentwicklung sowie des Senators für das Bauwesen der Freien und Hansestadt Bremen, April 1992.

Schenkel, W./Reiche, J.:

Stoffpolitik und Umweltrecht - Zur Diskussion der 5. Novelle des Abfallgesetzes -. Zeitschrift für angewandte Umweltforschung 1993/2, S. 184-196.

Schiffer, H.W./Delbrück, K.:

Umweltaspekte der Harmonisierung des Europäischen Produktrechts - die Bauproduktenrichtlinie der EG und ihre Umsetzung. GewArch 1991/1, S. 17-22.

Steffen, A.:

Bausteine für eine "Ökologisierung" des Bauordnungsrechts. Zeitschrift für Umweltrecht 1993/2, S. 49- 54.

Umweltbundesamt:

Luftreinhalteung '88. Berlin 1988.

Umweltbundesamt (Hrsg.):

Ökobilanzen für Produkte. Bedeutung - Sachstand - Perspektiven, Berlin 1992.

Verband der chemischen Industrie e.V. (VCI):

Chemiewirtschaft in Zahlen. Frankfurt 1992.

Verordnung zur Novellierung der Gefahrstoffverordnung, zur Aufhebung der Gefährlichkeitsmerkmaleverordnung und Änderung der Ersten Verordnung zum Sprengstoffgesetz. BR-Drucksache 200/93 vom 25.3.93.

Verordnung über die Neuordnung und Ergänzung der Verbote und Beschränkungen des Herstellens, Inverkehrbringens und Verwendens gefährlicher Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnisse nach § 17 des Chemikaliengesetzes. BR-Drucksache 201/93 vom 25.3.93.

Weigler, H./Karl, S.:

Beton. Arten - Herstellung - Eigenschaften. Berlin, 1989.

Willeitner, H./Brückner, G.:

Einsatz von Holzschutzmitteln und damit behandelten Produkten in der Bundesrepublik Deutschland. Schlußbericht für das Forschungsvorhaben 10064033 "Schutzmittelmengen". Im Auftrag des Umweltbundesamtes, Berlin, Februar 1992.

ANHANG

Tab. 1: Zusammenstellung ausgewählter Betonzusatzmittel

Zusatzmittel	Stoffe und Stoffgemische
<p>Betonverflüssiger und Flußmittel</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ligninsulfonate • sulfonierte Naphthalin-Formaldehyd-Polykondensate • sulfonierte Melamin-Formaldehyd-Polykondensate • Gluconate • Acrylate • Polyglykoether • Triisopropanolamin • Hydroxycarbonsäure und deren Salze • Di- und Tributylphthalat
<p>Luftporenbildner</p>	<ul style="list-style-type: none"> • verseiftes Tallöl • Holzextrakte • Harzseifen • organische Tenside • Proteinhydrolysate • Polyglykoether
<p>Dichtungsmittel</p>	<p>hydrophobierende Dichtungsmittel, wie z.B.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Emulsionen von Paraffin, Wachsen, Harzen und bituminösen Stoffen • Silikone • Silane <p>porenverstopfende, -vermeidende und verengende Dichtungsmittel, wie z.B.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stearate • Silikate • Aminosäuren • Schmierseife • Alaun • Wassergläser • Bentonit • Traß
<p>Erstarrungsverzögerer</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Diphosphate des Natriums und Kaliums • Borate, z.B. Meta- und Tetraborate • Oxide, z.B. Zinkoxid • Oligosaccharide • Polysaccharide • Methylzellulose • Hydroxymethylzellulose • Ligninsulfonate • organische Säuren und deren Salze (z.B. Tartrale, Citrate, Salicylate)
<p>Erstarrungsbeschleuniger</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Wasserglas • Aluminate • Carbonate • Hydroxide • Harnstoffverbindungen