

# 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/R. Meyer/M. Socher

April 1991

## **Konzeption für das TA-Projekt**

### **„Grundwasserschutz und Wasserversorgung“**

**TAB - Arbeitsbericht 2/91**

# Gliederung

1. Zielsetzung des Gesamtprojektes
2. Detaillierte Beschreibung der Schwerpunkte der TA-Untersuchung
  - 2.1 Vorsorgestrategien zum Grundwasserschutz
    - 2.1.1 Verursacherbereiche
    - 2.1.2 Untersuchungsschwerpunkt Landwirtschaft
    - 2.1.3 Untersuchungsschwerpunkt Industrie und Gewerbe
  - 2.2 Sanierung von Grundwasservorkommen
    - 2.2.1 Sanierungsverfahren
    - 2.2.2 Rechtsfragen der Grundwassersanierung
  - 2.3 Wassermengenprobleme  
Fallbeispiel: Grundwasserabsenkung durch Tagebauaktivitäten
3. Literatur

## 1. Zielsetzung des Gesamtprojektes

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

Die Ausgangslage ist dadurch gekennzeichnet, daß aufgrund der klimatisch und hydrogeologisch günstigen Verhältnisse in der alten Bundesrepublik Deutschland bei der mengenmäßigen Wasserversorgung bisher - von regionalen Engpässen abgesehen - keine Schwierigkeiten gesehen werden (vgl. *BMU* 1990, S. 124 f.). Anders stellt sich die Situation bei der Qualität (Beschaffenheit) des Grundwassers dar. Die Belastung vor allem der oberflächennahen Grundwasserleiter mit Chlorkohlenwasserstoffen, organischen Halogenverbindungen, Schwermetallen, Nitrat und Pflanzenschutzmitteln, hat in vielen Gebieten bereits bedenkliche Ausmaße erreicht. In den neuen Bundesländern ergeben sich wegen der ungünstigeren hydrologischen Voraussetzungen auch Probleme beim Wasserdargebot, die durch erhebliche Verunreinigungen der für die Trinkwasserversorgung nutzbaren Wasserressourcen verschärft werden. Beeinträchtigungen des Grundwassers sind komplexe und langfristige Vorgänge, die oftmals nicht sofort erkennbar und nur schwer bis gar nicht reparierbar sind (*Amann* 1988). Daraus ergibt sich die besondere Problematik von Grundwasserverunreinigungen und die hohe Relevanz des vorsorgenden Grundwasserschutzes.

Die Technikfolgenabschätzung (TA) "Grundwasserschutz und Wasserversorgung" folgt einem problemorientierten Ansatz. Die Schwerpunkte sind dabei in der Reihenfolge ihrer Gewichtung:

- die Verhinderung zukünftiger Verunreinigungen (Vorsorgestrategien zum Grundwasserschutz),
- die Behebung schon eingetretener Grundwasserverunreinigungen (Konzepte zur Grundwassersanierung),
- der Umgang mit regionalen Mengenproblemen der Wasserwirtschaft (Grundwasserdefizitgebiete, insbesondere in den neuen Bundesländern).

Da Grundwasserverunreinigungen Langzeitschäden darstellen, sind Abschätzungen sowohl der langfristigen Entwicklung des Grundwasserzustandes als auch der Wirkung von Vorsorgemaßnahmen notwendig (**Frühwarnung**). Diese wer-

den zwangsläufig mit gewissen Unsicherheiten behaftet sein, da u.a. kein flächendeckendes und systematisches Monitoring der Grundwasserqualität erfolgt.

In der Technikfolgenabschätzung wird angestrebt, die Umsetzungsprobleme und (potentiellen) Auswirkungen von Maßnahmen des Grundwasserschutzes systematisch zu analysieren und einer Bewertung zugänglich zu machen. Die Folgewirkungen sind möglichst umfassend (ökonomische, raumordnungspolitische, soziale, gesundheitliche, ökologische Folgen) und in ihrem systemaren Zusammenhang zu untersuchen (**Vollständigkeit**). Besondere Aufmerksamkeit soll dabei den indirekten oder Folgen höherer Ordnung gelten (z.B. unerwünschte Eigenschaften der Substitute bei Verbot von wassergefährdenden Pflanzenschutzmitteln). Aus Zeit- und Kapazitätsgründen sind Prioritätensetzungen bei der Bearbeitung des Themenfeldes notwendig. Daher wird der TA-Prozeß mehrstufig aufgebaut.

Im Schwerpunktbereich "Vorsorgestrategien zum Grundwasserschutz" stehen aufgrund eines Votums des Ausschusses für Forschung, Technologie und Technikfolgenabschätzung und von ersten Relevanzabschätzungen die Entwicklung und Analyse von Vorsorgestrategien für die Verursacherbereiche "Landwirtschaft" (Düngemittel, Pflanzenschutzmittel u. a.) sowie "Industrie und Gewerbe" (Herstellung, Lagerung, Transport und Verwendung wassergefährdender Stoffe) im Vordergrund. Für weitere Verursacherbereiche sollen im Sinne eines "Bounding" durch Problemanalysen Relevanzabschätzungen durchgeführt werden.

Bei der Grundwassersanierung, dem zweiten Prioritätsbereich, sind im ersten Schritt die Sanierungsverfahren im Überblick zu behandeln, um dann im zweiten Schritt anhand eines Fallbeispiels eine vertiefende Untersuchung durchzuführen. Für den dritten Prioritätsbereich, die regionalen Mengenprobleme, ist eine entsprechende Vorgehensweise vorgesehen.

Politische Entscheidungen zum Grundwasserschutz sind mit gegensätzlichen Nutzungsinteressen (z.B. Landwirtschaft und Wasserwirtschaft) konfrontiert. Neben diesen offensichtlichen können sich auch weitere, zu identifizierende gesellschaftliche Konfliktfelder ergeben. Deshalb ist es erforderlich, Betroffene und Interessierte in den TA-Prozeß einzubeziehen (**Partizipationsorientierte TA**).

In Kenntnis der vielfältigen Akteure im Bereich Grundwasserschutz soll der TA-Prozeß auf die Gestaltungsmöglichkeiten des Deutschen Bundestages konzentriert werden (**Entscheidungsorientierung**). Anzuknüpfen ist dabei an die bisherige parlamentarische Behandlung des Themas. Ausgehend von den in der Dis-

kussion befindlichen Vorschlägen sollen die Vor- und Nachteile unterschiedlicher Handlungsoptionen dargestellt werden.

Die Zielsetzungen des TA-Projekts "Grundwasserschutz und Wasserversorgung" lassen sich demnach wie folgt kurz zusammenfassen:

- Analyse der von relevanten Verursacherbereichen ausgehenden Gefährdungspotentiale und die Identifikation entsprechenden Handlungsbedarfs;
- Beschreibung gesellschaftlicher Konfliktfelder unter Einbeziehung Betroffener.
- Entwicklung von Handlungsoptionen und die Analyse ihrer Realisierungsbedingungen und Folgewirkungen.

## 2. Detaillierte Beschreibung der Schwerpunkte der TA-Untersuchung

Im Mittelpunkt des Grundwasserschutzes hat, darüber herrscht Einigkeit, das Vorsorgeprinzip zu stehen. Die **Verhinderung künftiger Verunreinigungen** muß Vorrang vor Maßnahmen zur nachträglichen Beseitigung von Schäden haben ("Vorsorge statt Reparatur"). Die Entwicklung und Untersuchung von Vorsorgestrategien soll dementsprechend den Schwerpunkt dieser Technikfolgenabschätzung bilden (**Abschnitt 2.1**).

Bei der Einhaltung der verschärften Grenzwerte, die infolge der Novellierungen der Trinkwasserverordnung seit dem 1. Oktober 1989 bzw. 1. Januar 1991 in Kraft getreten sind, haben einzelne Wasserversorgungsunternehmen insbesondere bei ihrer Rohwasserqualität (also vor der Trinkwasseraufbereitung) Probleme (vgl. *Zullei-Seibert* 1990). Ursache sind zum einen großflächige Verunreinigungen, die in der Regel nur durch Vorsorgemaßnahmen langfristig behoben werden können, zum anderen punktförmige Emissionsquellen, insbesondere Altlasten, die der Sanierung bedürfen. Als Überbrückungsmaßnahmen werden z. B. die verstärkte Trinkwasseraufbereitung, das Verschneiden des Rohwassers mit weniger belasteten Wässern, die Grundwassergewinnung aus tieferen Schichten und die Fernwasserversorgung eingesetzt. Außerdem kommt es zur Schließung von Wasserwerken (unter Aufgabe der verunreinigten Grundwasservorkommen), was insbesondere aus Gründen der Zukunftssicherung einer Trinkwasserversorgung aus lokalen Ressourcen problematisch erscheint. Daher sind **Konzepte für eine dauerhafte Sanierung verunreinigter Grundwasservorkommen** zu entwickeln (**Abschnitt 2.2**).

Ein dritter Problemkreis sind **Mengenprobleme der Wasserwirtschaft**, die allerdings im allgemeinen als nicht so gravierend angesehen werden. Während seit etwa 1973 der Trinkwasserverbrauch stagniert, ist der industrielle Wasserverbrauch seit dieser Zeit rückläufig. Außerdem sind Maßnahmen zum rationellen Umgang mit Wasser ("intelligente Form des Wassersparens") bekannt und eingeleitet (vgl. *SRU* 1987, Tz. 1195, S. 337; *Bundesregierung* 1989a, S. 32 ff.). Die insgesamt zur Verfügung stehende Grundwassermenge wird als ausreichend betrachtet, um auch langfristig die Deckung des Wasserbedarfs sicherzustellen. Allerdings ist der Grundwasserhaushalt lokal bzw. regional beeinträchtigt durch verringerte Grundwasserneubildung (infolge zunehmender Versiegelung der Bodenoberfläche und veränderter Abflußverhältnisse durch Flurbereinigungs-, Entwässerungs- und Hochwasserschutzmaßnahmen) sowie verstärkte Grundwasserentnahmen (infolge von Bergbau und regionaler Konzentration der Wassergewinnung). Besondere Probleme bestehen in einem Teil der neuen Bundesländer, wo ungünstigere hydrogeologische Verhältnisse und extreme Grundwasserbelastungen zusammentreffen (**Abschnitt 2.3**).

### *2.1 Vorsorgestrategien zum Grundwasserschutz*

Im Sinne des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) sind "Gewässer...als Bestandteil des Naturhaushaltes so zu bewirtschaften, daß sie dem Wohl der Allgemeinheit...dienen und daß jede vermeidbare Beeinträchtigung unterbleibt." (§ 1 a (1)). Der Besorgnisgrundsatz (§ 34 WHG) gilt für alle Maßnahmen, die mit Wirkungen auf das Grundwasser verbunden sein können. Vorsorgender Grundwasserschutz ist daher mehr als Trinkwasserschutz, denn es handelt sich um die Erhaltung einer lebenswichtigen Ressource, die auch wesentliche Funktionen im Wasserkreislauf und in Ökosystemen erfüllt.

Bei der Entwicklung der Vorsorgestrategien kann von einem verursacherbezogenen oder von einem stoffbezogenen Ansatz ausgegangen werden (vgl. *Schleyer und Milde* 1989). Eine weitere Strukturierung ist nach punktuellen bis kleinflächigen und großflächigen Schadstoffquellen möglich.

Gegen den verursacherbezogenen Ansatz spricht, daß eine Schadstoffbelastung des Grundwassers in der Regel nicht einem einzigen Verursacher zuzurechnen ist, sondern aus verschiedenen Quellen stammt. So ist z. B. die zunehmende Belastung des Grundwassers mit Nitrat nicht ausschließlich auf die landwirtschaftliche Düngung zurückzuführen; weitere Einträge erfolgen über den Luftpfad aus den Bereichen Energie und Verkehr sowie aus Deponien, Altlasten und defekten Kanalisationen. Die Fokussierung von Vorsorgemaßnahmen auf einen Verursa-

cherbereich wird deshalb das spezifische Verunreinigungsproblem - 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, sodaß dieser Ansatz das Aufzeigen unterschiedlicher Handlungsoptionen und den Entwurf angepasster Lösungswege erleichtert. Außerdem können die Zusammenhänge bzw. Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Stoffen leichter berücksichtigt werden. Aus diesen Gründen soll hier trotz der genannten Nachteile der verursacherbezogene Ansatz gewählt werden.

Je nach Verursacherbereich steht ein breites Spektrum unterschiedlicher Instrumente zur Verfügung, mit deren Hilfe eine effektive Vorsorgepolitik gestaltet werden kann:

- forschungspolitische Maßnahmen
- ordnungsrechtliche Instrumente (Gebote, Verbote, Auflagen)
- sozialpädagogische Instrumente (Information, Beratung)
- finanzpolitische Instrumente (Steuern, Sonderabgaben, Subventionen)
- freiwillige Vereinbarungen, Absprachen
- internationale Zusammenarbeit.

Ziel des Projektes ist es, durch die sinnvolle Kombination und Bündelung von Handlungsoptionen aus diesem Instrumentenpool Vorsorgestrategien zum Grundwasserschutz, bezogen auf einzelne Verursacherbereiche, zu entwickeln.

### *2.1.1 Verursacherbereiche*

Grundwasserbelastungen gehen - wenn auch in unterschiedlichem Ausmaß - von folgenden Verursacherbereichen aus:

- *Landwirtschaft*  
Dünge- und pflanzenschutzmittelintensive Bodenbewirtschaftung; flächenunabhängige Tierhaltung und damit verbundene Gülleentsorgung; Klärschlammaufbringung (siehe im einzelnen Abschnitt 2.1.2).
- *Industrie und Gewerbe*  
Herstellung, Lagerung, Transport und Verwendung wassergefährdender Stoffe (siehe im einzelnen Abschnitt 2.1.3).
- *Altlasten*  
Nach der Bodenschutzkonzeption der Bundesregierung sind unter Altlasten generell alle kontaminierten Standorte zu verstehen, die auf verlassene oder stillgelegte Ablagerungsplätze mit kommunalen oder gewerblichen Abfällen, wilde Ablagerungen, Aufhaldungen und Verfüllungen mit umweltgefährden-

den Produktionsrückständen, auch in Verbindung mit Bergematerial und Bauschutt, ehemalige Industrie- und Gewerbestandorte, Umschlagplätze und unsachgemäße Lagerung wassergefährdender Stoffe, Transportunfälle, Truppenübungsplätze, abgelagerte Kampfstoffe und andere Ursachen zurückgehen können. Im engeren Sinne werden unter Altlasten hauptsächlich Altablagerungen (Deponiebereich) und kontaminierte Betriebsgelände (Industriebereich) verstanden (*Bundesregierung* 1989b, S. 2). Nach einer Abschätzung des BMU von 1990 ist von ca. 50.000 Verdachtsflächen in den alten Bundesländern und ca. 28.000 Verdachtsflächen in den neuen Bundesländern auszugehen. Da die ermittelten Verdachtsflächen ein erhebliches Grundwassergefährdungspotential in sich bergen, besteht akuter Handlungsbedarf.

Die Grundwassergefährdung durch Altlasten ist schon seit geraumer Zeit ein zentrales Thema der politischen Diskussion und Gegenstand zahlreicher wissenschaftlicher Untersuchungen. Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (SRU) hat sich in seinem Sondergutachten "Altlasten" ausführlich mit den Sanierungsmöglichkeiten, insbesondere auch mit der Frage der Kosten und der Finanzierungsmodelle befaßt (*SRU* 1990, Tz. 698 ff.). Einige Länder, z.B. Bayern, Hessen, Rheinland-Pfalz und Nordrhein-Westfalen, haben entsprechende Sanierungskonzepte eingeleitet (*Bundesregierung* 1989b, S. 23 f.).

Der Verursacherbereich "Altlasten" soll hier nicht unter dem Aspekt der Vorsorge, sondern im Kontext der Sanierung behandelt werden. Hintergrund für diese Zuordnung ist die Überlegung, daß eine effiziente Sanierung verunreinigter Grundwasservorkommen die Abdichtung der Emissionsquellen voraussetzt, um weitere Schadstoffaustritte zu verhindern. Altlastensanierung und Grundwassersanierung sind also sowohl in technischer wie in rechtlicher Hinsicht eng miteinander verknüpft (Abschnitt 2.2).

- *Luftverunreinigungen durch Energieerzeugung und andere Emissionsquellen*

Die wichtigsten wassergefährdenden Luftverunreinigungen stellen aus der Sicht des SRU Schwefeldioxid, Stickstoffoxide, Schwermetalle und naturfremde organische, insbesondere halogenorganische Verbindungen dar, die über den Luftpfad in den Boden und indirekt auch ins Grundwasser gelangen können (*SRU* 1987, Tz. 1117). Quantitative und qualitative Angaben zur Bedeutung luftgetragener Schadstoffe für die Verunreinigung des Grundwassers reichen zur Zeit noch nicht aus, um die Relevanz dieses Verursacherbereichs zu bestimmen, so daß die Durchführung einer Problemanalyse sinnvoll erscheint.

- *Verkehr*

Vom Verkehr können auf vielfältige Weise Beeinträchtigungen der Gewässergüte von Oberflächengewässern und Grundwasser ausgehen, deren Bedeutung bisher schwer abzuschätzen ist. Zu nennen sind hier die Emissionen luftgetragener Schadstoffe (Stickoxide, Kohlenwasserstoffe, Schwermetalle/Blei), Abläufe von Straßen, der Massentransport und -umschlag von wassergefährdenden Stoffen auf Straße und Schiene, insbesondere auch das System der Treibstoffversorgung, die Altölentsorgung, die verbreitete Anwendung von Pflan-

zenschutzmitteln im Gleiskörperbereich der Schienenwege, die unkontrollierte Abgabe von Fäkalien aus Personenzügen und schließlich die möglicherweise regionale Wasserhaushaltsprobleme auslösende Bodenversiegelung durch Verkehrswegebau. Es erscheint sinnvoll, die Relevanz dieser verschiedenen vom Verkehr ausgehenden potentiellen Beeinträchtigungen der Grundwassersituation zunächst in einer Problemanalyse zu klären.

- *Kanalisation*

Das öffentliche Kanalnetz hat in den alten Bundesländern eine Gesamtlänge von ca. 310.000 km. Dazu kommen nach vorläufigen Schätzungen etwa 600.000 km Grundstücksentwässerungsleitungen. Nach den neuesten Erhebungen sind rund 20 % der öffentlichen Kanalisation schadhaft (*Keding et. al. 1990*). Über die privaten Abwasserleitungen ist so gut wie nichts bekannt; ihr Zustand dürfte vermutlich schlechter sein. Ebenso ist davon auszugehen, daß der Erhaltungszustand des Kanalnetzes in den neuen Bundesländern katastrophal ist.

Wichtige grundwassergefährdende Inhaltsstoffe im Abwasser sind biologisch abbaubare Stoffe, Nitrate, Chloride, Schwermetalle, aromatische Verbindungen und chlorierte Kohlenwasserstoffe (*Stein et. al. 1987, S. 219 ff.*). Die Grundwassergefährdung ist abhängig von der Art der Abwasserbelastung. Besondere Probleme gehen in diesem Zusammenhang von Industrie- und Gewerbebetrieben aus, die ihre Abwässer ungeklärt in die öffentliche Kanalisation einleiten (sog. Indirekteinleiter).

Da im Verursacherbereich Kanalisation sowohl die Schadensverursachungsketten als auch die technischen Verfahren zur Schadensbehebung im Prinzip bekannt sind, geht es hauptsächlich um das Problem der Finanzierung, das in erster Linie von den Ländern und Kommunen zu lösen sein wird (vgl. *Lühr 1988*). Ein weiterer Untersuchungsbedarf im Rahmen des TA-Projektes wird deshalb nicht gesehen.

Im folgenden werden die Untersuchungsschwerpunkte "Landwirtschaft" und "Industrie und Gewerbe" näher beschrieben.

### *2.1.2 Untersuchungsschwerpunkt Landwirtschaft*

Interessenkonflikte zwischen Landwirtschaft und Wasserwirtschaft (Trinkwassergewinnung) haben in der Vergangenheit und werden auch in Zukunft eine wichtige Rolle in der Diskussion um den Grundwasserschutz spielen. Die Auseinandersetzung drehte sich bisher im wesentlichen um die Frage, ob für bestimmte, potentiell grundwasserbelastende landwirtschaftliche Produktionsformen eine wasserechtliche Erlaubnispflicht eingeführt werden sollte, andererseits um Aus-

gleichszahlungen für die aus wasserrechtlichen Auflagen entstehenden Einkommensverluste der Landwirte (*Schäfer* 1987, S. 3).

Die für die Grundwassergewinnung nutzbaren Einzugsgebiete liegen fast ausschließlich unter land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen. Folgende Stoffeinträge aus der Landwirtschaft können das Grundwasser belasten (*SRU* 1985, Tz. 895, S. 235):

- Stoffe mit toxischer Wirkung (Nitrat, Nitrit, Pflanzenschutzmittel, Schwermetalle),
- Stoffe mit störender Wirkung (z.B. Phosphate),
- Keime (Mikroorganismen).

Zunehmende Grundwasserbelastungen stehen in einem engen Zusammenhang mit den Veränderungen der landwirtschaftlichen Produktionsweise in den letzten Jahrzehnten. Wesentliche Entwicklungen sind in diesem Zusammenhang die Intensivierung der Bodenproduktion (steigende Erträge in der Pflanzenproduktion bei überproportionalem Anstieg von Dünger- und Pflanzenschutzmittel-Einsatz), die Umwandlung von Grünland in Ackerland, regionale Konzentrationstendenzen in der Tierproduktion mit dem lokal hohen Gülleanfall und dessen Entsorgung. Die Gefährdungspotentiale sind standortspezifisch verschieden, je nach der Verletzlichkeit des Grundwassers in Abhängigkeit von Klima, Boden und Hydrogeologie.

Die zentralen Problemstoffe sind Nitrat und Pflanzenschutzmittel (PSM) (siehe beispielsweise *Rohmann, Sontheimer* 1985 und *Milde, Müller-Wegener* 1989). Der Einsatz von Klärschlämmen in der Landwirtschaft hat vor allem in der Vergangenheit zum Eintrag von Schwermetallen und chlororganischen Verbindungen in Boden und Grundwasser geführt. Durch die Klärschlammverordnung ist diese Gefahr jedoch stark verringert worden (*Leschber et. al.* 1990). Schließlich können potentielle Gefährdungen von Mikroorganismen (Bakterien, Viren) in Wirtschaftsdüngern ausgehen.

Die TA-Konzeption für den Verursacherbereich Landwirtschaft ist wie folgt aufgebaut:

- Zunächst soll das von der Landwirtschaft unter den gegenwärtigen ökonomischen und rechtlichen Rahmenbedingungen ausgehende Grundwassergefährdungspotential abgeschätzt werden (qualitativ/quantitativ).

- Im nächsten Schritt sind die in Diskussion befindlichen Handlungsoptionen zu beschreiben.
- Darauf aufbauend werden die sich in der Diskussion befindlichen Handlungsoptionen zu Gesamt-Vorsorgestrategien gebündelt (iterative Vorgehensweise). Als Strukturierungsprinzipien der Vorsorgestrategien zeichnen sich ab:
  - gleichwertiger, flächendeckender Grundwasserschutz versus Segregation mit abgestuften Schutzniveau,
  - marktorientierte Steuerungsinstrumente (z. B. Stickstoffsteuer) versus ordnungspolitische (z. B. Ausdehnung der Wasserschutzgebiete, Verbot von wassergefährdenden PSM),
  - Verursacherprinzip versus Gemeinlastprinzip versus Nutznießerprinzip.
- Die Analyse der Auswirkungen der Strategien auf die Grundwasserqualität, der Realisierungs- und Umsetzungsprobleme sowie der ökonomischen, raumordnungspolitischen, sozialen, gesundheitlichen und ökologischen Strategiefolgen ist der nächste Untersuchungskomplex.
- Abschließend sind die Ergebnisse zusammenzuführen, ausgerichtet auf den parlamentarischen Beratungsbedarf, und offene Fragen zu benennen.

### *2.1.3 Untersuchungsschwerpunkt Industrie und Gewerbe*

In Industrie und Gewerbe werden permanent Substanzen erzeugt, gelagert, transportiert, angewendet, verwendet, vermarktet und beseitigt, die umwelt(grundwasser-)gefährdenden Charakter haben. Dies gilt praktisch uneingeschränkt für alle Bereiche wirtschaftlicher Aktivitäten, wobei bestimmte Industrie- und Gewerbebezüge besonders vielfältig mit solchen Stoffen umgehen (z.B. die chemische Industrie). Interessengegensätze zwischen den Belangen des Umwelt- (Grundwasser-)schutzes und den Belangen der Produzenten und Anwender solcher Stoffe sind Kernpunkt umwelt- und chemiepolitischer Diskussionen.

Die Handhabung solcher Stoffe wird durch eine Reihe von Gesetzen geregelt, u.a. das Chemikaliengesetz (ChemG), das Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) sowie das Wasserhaushaltsgesetz (WHG). Im Wasserhaushaltsgesetz werden Stoffe als wassergefährdend definiert, die geeignet sind, Gewässer zu verunreinigen oder sonst in ihren Eigenschaften nachteilig zu verändern. § 19g WHG legt fest, wie Anlagen, in denen mit wassergefährdenden Stoffen umgegangen wird, beschaffen sein, aufgestellt, eingebaut und betrieben werden müssen, damit keine Gewässergefährdung entstehen kann.

Durch entsprechende Verwaltungsvorschriften werden die Substanzen entsprechend ihrer Gefährlichkeit in Wassergefährdungsklassen eingeteilt (*Bundesminister des Innern*, 1990). Diese Einteilung (sie erfolgt nach toxikologischen und physikalisch-chemischen Gesichtspunkten) erfaßt momentan ca. 700 Substanzen, Stoff-Familien und Stoffgruppen, von denen eine schwache bis starke Wassergefährdung ausgehen kann (Katalog der wassergefährdenden Stoffe). Durch ergänzende Listen werden Stoff-Familien und Stoffgruppen mit besonderem Grundwassergefährdungspotential extra aufgeführt. Für noch nicht in den Katalog aufgenommene Substanzen gilt, daß sie vorsorglich als wassergefährdend anzusehen sind, bis über ihre Klassifizierung entschieden ist.

In Anbetracht der Tatsache, daß es ca. 6 Millionen chemische Substanzen gibt, von denen momentan ca. 3,5 Millionen beschrieben sind, kann man feststellen, daß es hier noch intensiver Arbeit bedarf, um diesen Katalog zu erweitern. Die Betrachtung eines Stoffes sollte dabei a priori nicht davon ausgehen, ob er in großen Mengen hergestellt wird, sondern davon, wie groß sein Gefährdungspotential ist.

Die bereits beschriebenen wassergefährdenden Stoffe werden fast ausschließlich von der chemischen Industrie produziert (ausgenommen Rohöle) und lassen sich allgemein in vier Gruppen einteilen: Anorganische und organische Grundchemikalien, Industriechemikalien, Feinchemikalien und Spezialprodukte. Die Palette dieser Stoffe umfaßt ca. 10000 industrielle Produkte, von denen jedoch nur einige Tausend in großen Mengen produziert werden.

Während die chemischen Massenprodukte hinsichtlich ihrer (grund-) wassergefährdenden Eigenschaften weitestgehend klassifiziert sind, besteht bei den Spezialprodukten und Feinchemikalien Nachholbedarf. Besonders das Gebiet der Spezialprodukte, zu denen Arzneimittel, Pflanzenschutzmittel, Wasch- und Reinigungsmittel, Weichmacher u.ä. gehören, bedarf einer eingehenden Analyse. Da diese Substanzen in der Regel innovativen Charakter haben, sind deren umwelt(wasser-)gefährdenden Eigenschaften nicht immer bekannt.

Sogenannte neue Stoffe werden nach den §§ 4-9 des Chemikaliengesetzes einer abgestuften Prüfung unterzogen. Die Verwendung solcher Stoffe in verschiedenen Bereichen kann zu Umwelt- und Grundwassergefährdungen führen, deren Dimensionen vorsorglich abzuschätzen sind. Hierzu bedarf es frühzeitiger Zulassungs- und Genehmigungsverfahren sowie anderer gesetzgeberischer Maßnahmen in Ergänzung der bereits bestehenden Regelungen aus dem Chemikaliengesetz. Da der innovative Bereich der Spezialprodukte besonders charakteri-

stisch für die chemische Industrie der Bundesrepublik Deutschland ist, besteht hier auch der größte Handlungsbedarf.

Aus der Sicht des vorsorgenden Grundwasserschutzes lassen sich zwei Ziele ableiten:

- Optimierung der technischen Sicherheit von Anlagen, in denen mit wassergefährdenden Stoffen umgegangen wird. Dies vor allen Dingen unter dem Aspekt der Havarien und einer geschlossenen Kreislaufführung. Letzteres sollte immer dann durchgesetzt werden, wenn wassergefährdende Stoffe nur Reaktionsmedium, aber nicht Endprodukt sind.
- Einschränkung der Herstellung und Verwendung besonders wassergefährdender Stoffe und die Suche und Entwicklung geeigneter Substitute.

Ausgehend von diesen Überlegungen wird die TA-Konzeption in diesem Bereich folgende Schwerpunkte beinhalten:

- Analyse der Grundwasserbelastung durch bereits klassifizierte Stoffe und darauf basierend Einschränkung der weiteren Untersuchung auf besonders relevante Stoffe und Stoffgruppen.
- Entwicklung von Vorsorgestrategien unter dem Aspekt der Produktions-, Transport- und Lagerungssicherheit, der Stoffsubstitution und/oder der Verwendungseinschränkung.
- Die Strategiefolgenanalyse sollte vor allen Dingen untersuchen, welche Folgen sich aus der Produktsubstitution bzw. Einschränkung der Verwendung von wassergefährdenden Stoffen sowie aus einem Umgang mit erhöhtem Sicherheitsniveau für den Hersteller wie für den Anwenderbereich ergeben.

## 2.2. *Sanierung von Grundwasservorkommen*

Die anthropogene Belastung des Grundwassers ist nicht nur ein Zustand, sondern ebenso ein Prozeß, dessen langfristiger Verlauf sich auch mit fortschrittlichen Methoden der Modellierung und Simulation nur unvollständig beschreiben läßt.

Der gegenwärtige Stand der Grundwasserbelastung ist das Resultat eines größtenteils unkontrollierten und unkontrollierbaren Eintrags von Stoffen in den Untergrund über einen historisch relativ kurzen Zeitraum hinweg. Im Umweltbericht 1990 der Bundesregierung wird festgestellt, daß die hohe Industriedichte und in besonderem Maße die Intensivierung der Landwirtschaft in den letzten Jahrzehnten zu einer tiefgreifenden nachteiligen Veränderung der Grundwasserbeschaffenheit geführt hat (vgl. *BMU* 1990, S. 125). Die über verschiedene Belastungsquellen und -pfade entstandene Grundwasserbelastung weist regionale

erfassung. Die Dekontamination der gesättigten und ungesättigten Grundwasserzone erfolgt vor allen Dingen mit folgenden Methoden: Abpumpen (hydraulisch), Belüften und Absaugen (pneumatisch), Extraktion, Strippen, Oxidation, Reduktion und Fällung (physikalisch-chemisch), Ausräumen des kontaminierten Bodens (mechanisch), stimulierter naturnaher Abbau und Einsatz spezialisierter Mikroorganismen (biologisch).

Die Entscheidung, ob ein "On-site"-, "Off-site"- oder "In-situ"-Verfahren durchgeführt wird, hängt von der Verschmutzungscharakteristik und dem Sanierungsziel ab. In-situ-Verfahren können sowohl physikalisch-chemischer als auch biologischer Art sein. Die zur Dekontamination führenden Prozesse laufen im Aquifer ab, zu entsorgende Abfälle sollten dabei nicht entstehen. On-site-Verfahren werden am Ort der eigentlichen Kontamination durchgeführt; die Behandlung des kontaminierten Grundwassers erfolgt oberirdisch. In der Regel entstehen Abfälle. Off-site-Verfahren finden meistens nur für die kontaminierte Bodenmatrix Anwendung und beinhalten die ganze Vielfalt der mehr oder weniger erprobten bzw. sich noch in der Entwicklung befindenden Methoden der Bodensanierung (siehe *SRU "Altlasten" 1989, Tz. 495 ff.*).

International hat sich gezeigt, daß das Abpumpen des kontaminierten Wassers und dessen oberirdische Behandlung (on-site) der bevorzugte Weg der Grundwassersanierung ist, besonders dann, wenn es sich um flüchtige organische Verbindungen handelt. In Abhängigkeit vom Standort können sich bei solchen Verfahren jedoch lange Sanierungszeiten verbunden mit hohen Betriebskosten ergeben. Oftmals führen Methodenkombinationen zum gewünschten Sanierungsziel. Biologische Verfahren finden trotz ihres Potentials für die In-situ-Grundwassersanierung momentan relativ wenig Anwendung, sind hingegen für die On-site-/Off-site-Bodendekontamination offensichtlich besser nutzbar (siehe *Filip, 1988*).

### 2.2.2 *Rechtsfragen der Grundwassersanierung*

Das geltende Recht enthält keine speziell auf die Grundwassersanierung zugeschnittenen Regelungen.

Aus wasserrechtlicher Sicht kann vor allem die In-situ-Behandlung kontaminierter Böden und/oder Grundwasservorkommen Probleme aufwerfen (*Staupe 1988*). Soweit die Gefahr besteht, daß zur Bodendekontamination injizierte Stoffe wie Chemikalien, Bakterien oder Mikroorganismen in das Grundwasser gelangen, bedarf deren Einbringung einer wasserrechtlichen Erlaubnis, ebenso die direkte

Einbringung solcher Stoffe in das Grundwasser. Entsprechendes gilt für hydraulische Maßnahmen, die das Grundwasser nachteilig verändern können. Bei der Frage der Genehmigungsfähigkeit solcher Maßnahmen gelangt der Besorgnisgrundsatz des § 34 WHG zur Anwendung, der nach der neueren Rechtsprechung des Bundesverwaltungsgerichtes ein außerordentlich strenger Maßstab ist. Er gebietet, jeder auch noch so wenig naheliegenden Wahrscheinlichkeit der Verunreinigung des Grundwassers oder einer sonstigen nachteiligen Veränderung seiner Eigenschaften vorzubeugen. Ein Schadenseintritt muß nach aller menschlichen Erfahrung praktisch ausgeschlossen sein (*BVerwG* 1981). Kann eine solche Prognose nicht gestellt werden, ist die Maßnahme gemäß § 6 WHG zu versagen.

Das Abpumpen kontaminierten Grundwassers zwecks Aufbereitung in oberirdischen Reinigungsanlagen bedarf ebenfalls einer wasserrechtlichen Erlaubnis. Die rechtlichen Anforderungen an die Wiedereinleitung des gereinigten Wassers richten sich danach, ob es in den Untergrund (§§ 3, 6, 34, WHG), in Oberflächengewässer (§ 3, 7 a WHG) oder in eine öffentliche Kläranlage eingespeist wird. Aus immissionsschutz- und abfallrechtlicher Sicht können schließlich Genehmigungshindernisse bei der Beseitigung der anfallenden Rückstände (Ablagerung/Verbrennung kontaminierter Schlämme) auftreten (*Buch*, 1990).

Rechtliche Probleme wirft auch die Frage auf, wer zur Durchführung von Sanierungsmaßnahmen herangezogen werden kann, also die Frage nach der Haftung. Zivilrechtliche Ansprüche im Sinne einer Gefährdungshaftung entstehen dann, wenn jemand in ein Gewässer Stoffe einbringt, einleitet oder auf ein Gewässer derart einwirkt, daß die physikalische, chemische oder biologische Beschaffenheit des Wassers verändert wird. Er ist in einem solchen Fall zum Ersatz des daraus einem anderen entstehenden Schadens verpflichtet (§ 22 Abs. 1 WHG). Diese Vorschrift wird ergänzt durch die sog. Anlagenhaftung gemäß § 22 Abs. 2 WHG. Der Inhaber der Anlage haftet für den entstandenen Schaden, und zwar unabhängig von der Frage des Verschuldens, d. h. auch dann, wenn die Kontamination nicht durch ein zweckbestimmtes Einbringen oder Einleiten von Stoffen verursacht wurde (*Papier* 1989).

Sehr viel komplizierter ist die Frage der individualrechtlichen Haftung, wenn die Grundwassergefährdung nicht durch einen aktuellen Schadensfall, sondern durch sog. Altlasten hervorgerufen wird. Die Möglichkeiten des geltenden Rechts zur Bewältigung der Altlastenproblematik werden insgesamt als relativ unzulänglich eingeschätzt.

Das Umweltrecht (Abfall-, Wasser-, Chemikalien- und Immissionsschutzrecht) bietet keine hinreichende Ermächtigungsgrundlage, auf die sich eine Verpflichtung zur Sanierung von Altlasten stützen ließe, vor allem dann, wenn die Schadstoffanreicherung bereits vor dem Inkrafttreten dieser Gesetze abgeschlossen war (*Diederichsen* 1988). Dieser Umstand hat dem Polizei- und Ordnungsrecht zu einer "unverhofften Renaissance" verholfen. Die Ende des 19. Jahrhunderts entwickelten Instrumente des Polizeirechts (Verhaltensstörer- und Zustandsstörerhaftung) haben sich jedoch als nur begrenzt tauglich erwiesen (*Breuer* 1987). Grundwassersanierungen werden deshalb heute eher auf der Basis freiwilliger Kooperation als im Wege polizeirechtlicher Anordnungen vorgenommen.

Das geltende Recht enthält keinerlei Ziel-, Richt- oder Grenzwerte für Grundwassersanierungen. Die Frage, bis zu welchem Reinheitsgrad kontaminiertes Grundwasser behandelt werden soll, bevor die Sanierung als abgeschlossen gelten kann, bzw. welche Restkonzentration tolerierbar ist, läßt sich von daher aus rechtlicher Sicht nicht beantworten.

In Ermangelung rechtlich fixierter Standards wird in der Praxis meist pragmatisch vorgegangen, d. h. die Definition des Sanierungsziels orientiert sich zum einen an der Sanierungsbedürftigkeit des betreffenden Grundwasservorkommens, zum anderen an der Sanierungsfähigkeit. Die *Sanierungsbedürftigkeit* hängt davon ab, ob das Grundwasser zur Trinkwasserversorgung genutzt werden soll oder ob es sich um eine flächenhafte Renaturierung im Interesse der Aufrechterhaltung der ökologischen und hydrologischen Funktionen handelt. Die *Sanierungsfähigkeit* richtet sich danach, welche Verfahren nach dem Stand der Technik möglich und im Hinblick auf den Sanierungspflichtigen wirtschaftlich vertretbar sind. Da die Grundwassersanierung in den kommenden Jahren zunehmend an Bedeutung gewinnen wird, ist der Gesetzgeber dazu aufgefordert, entsprechende Ziele und Leitlinien festzulegen.

Im Rahmen des TA-Projektes wäre zu klären, welche technischen und rechtlichen Instrumente vorhanden sind bzw. benötigt werden, um Grundwasserkontaminationen umweltgerecht sanieren zu können. Zu fordern wäre einerseits, daß die Sanierungsverfahren mit den Sanierungszielen kompatibel sind, und andererseits, daß ihre sozialen, ökonomischen und ökologischen Folgen abschätzbar sind und abgeschätzt werden, bevor über die Wahl der Verfahren entschieden wird. Anhand eines Fallbeispiels soll gezeigt werden, welche alternativen Konzepte bei der Sanierung großflächig kontaminierter Räume möglich sind und welche Konsequenzen und Risiken sie in sich bergen.

### 2.3. Wassermengenprobleme

#### *Fallbeispiel: Grundwasserabsenkung durch Tagebauaktivitäten*

Seit jeher ist der Bergbau mit dem Problem des "störenden" unterirdischen Wassers konfrontiert. Dies gilt für den unterirdischen wie oberirdischen Bergbau in gleicher Weise. Für die Bundesrepublik Deutschland sind dies vor allen Dingen: Braunkohlentagebau, Steinkohlenbergbau, Kalibergbau und der Abbau nichtmetallischer Rohstoffe.

Die Probleme, die durch die Hebung von Grundwasser infolge bergbaulicher Aktivitäten entstehen, sind komplexer Natur und haben lokalen und regionalen Charakter. Grundwasserabsenkung ist während der Erschließung, des Betriebs und nach der Stilllegung von Gruben notwendig. Somit entsteht in den betroffenen Gebieten ein wasserwirtschaftliches Regime, welches einer langfristigen Bewirtschaftungskonzeption bedarf, da auch die Tagebaufolgelandschaften einen wesentlichen Eingriff in den Grundwasserhaushalt darstellen. Die folgende Darstellung soll auf die Tagebauproblematik beschränkt werden, ohne dabei zu negieren, daß analoge Probleme für die Untertagebergbau existieren (siehe *Strzodka et. al.* 1979).

In der Bundesrepublik existieren drei große Braunkohlentagebaugebiete, das rheinische, das mitteldeutsche und das lausitzer Revier. Die mit dem Betrieb von Braunkohlentagebauen einhergehende Grundwasserbeeinflussung hat in der Vergangenheit zu einer defizitären Mengenbilanz in den betroffenen Gebieten geführt. Dies wird auch in Zukunft so sein.

Die geförderten Wasservolumina haben eine Größenordnung erreicht, die einer eigentlichen Wassergewinnung als Rohstoff gleichzusetzen ist. So fördern z. B. die Braunkohlenkonzerne der Lausitz und des mitteldeutschen Raumes jährlich mehr Grundwasser, als die zur Bedarfsdeckung von Trink- und Brauchwasser für die ehemalige DDR durch die Wasserwirtschaft zu produzierende Wassermenge beträgt.

Der Braunkohlenbergbau beeinflußt durch die Grundwasserhebung über seine technischen Abbauteufen (Kohleliegendes) hinaus die in "Stockwerken" gelagerten, darunterliegenden Grundwasserschichten, da für die bodenmechanische Standsicherheit der Tagebaugeräte und -anlagen auch Entwässerungs- und Wasserentspannungsmaßnahmen in den Grundwasserleitern unter dem Kohleliegenden notwendig sind.

Der Braunkohlenbergbau beeinflusst die natürlichen Grundwasservorräte, indem er das im Lagerstättenbereich vorhandene Wasser bis zu der notwendigen Arbeitstiefe abpumpt, den entstehenden Entwässerungstrichter im Gebirge begrenzt, die während des Bergbaubetriebes zufließenden Grund- und Oberflächenwässer abfängt und durch das Bergbauggebiet ziehende Gewässer verlegt.

Bei großer Tagebaudichte und Überlagerung der einzelnen Absenkungstrichter ist die Gefahr großflächiger Gebietstrockenlegungen nicht auszuschließen. Im Laufe des Braunkohleabbaus wird die morphologische Gliederung oft aufgrund des fehlenden Grundwassers willkürlich verändert, z.B. durch Schaffung von Einschnitten, Verlandung von Seen, Verfüllung von Gräben etc. Erst mit dem Grundwasserwiederanstieg werden diese Fehler sichtbar und sind ohne gravierende Eingriffe in die Infrastruktur meist nicht zu beheben.

Der Bergbau versucht, das Grundwasserdefizit durch Einleitung der Bergbauwässer in die natürliche Vorflut (Flüsse, Bäche, Seen) auszugleichen und über den Abbauzeitraum langfristig ein gewisses Gleichgewicht zwischen dem Absenkungstrichter, dessen Begrenzung und der Vorfluteinspeisung herzustellen. Hierbei ergeben sich infolge geohydrologischer und mineralogischer Gegebenheiten des Gebirges quantitative Verunreinigungen der gehobenen Wässer, die ihrerseits Einfluß auf die Wasserqualität der gesamten Vorflut haben.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die geförderten (gehobenen) Wassermengen in Mio m<sup>3</sup>

Jahr	Rheinisches BK- Revier	Lausitzer BK-Revier	Mitteldt. BK- Revier
1975	1.158,8	906,7	347,1
1980	-	1.097,2	437,3
1985	-	1.208,1	436,3
1988	695,6	1.161,9	479,1
1989	770,0	1.200,0	500,0

Der Grundwasseranstieg nach dem Abbau sowie das durch die Auskohlung entstandene Erdmassendefizit führen zwangsläufig zur regionalen hydrologischen Beeinflussung der Bergbaufolgelandschaft mit Restlöchern und Kippengeländen

und ihren bodenmechanischen und hydrologischen Begleiterscheinungen wie Rutschungen, Setzungsfließen, Restwasserfluten, Vernässungen u. a..

Die Grundwasserneubildung , d. h. der Anteil des Niederschlages, der die Grundwasser Oberfläche erreicht , ist damit ein ebenfalls durch die mineralogischen Vorkommen in seiner Qualität gemindert Wasser und vermischt sich mit dem durch Ausgleichsvorgänge nach dem Bergbau wiederaufsteigenden Grundwasser.

Das Auftreten saurer Grubenwässer führt vor allem beim Wiederanstieg des Grundwassers im Gebirge und in den Restlöchern zum Austritt eisenhaltiger, biologisch toter Wässer, die neben einer jahrzehnte dauernden Neutralisierung sehr schwer wieder biologisch eingestellt werden können (vgl. *Wilke et. al.*, 1991).

Die Grundwasserabsenkungsmaßnahmen werden rechtlich durch das Wasserhaushaltsgesetz, das Bundesnaturschutzgesetz sowie das Bundesberggesetz geregelt. Hinzukommen die jeweiligen Landeswassergesetze, Landesplanungsgesetze, Landesnaturschutzgesetze und Landesentwicklungsprogramme. In diesem Zusammenhang wäre zu prüfen, ob das bestehende rechtliche Instrumentarium zur Lösung der wasserwirtschaftlichen Probleme des Tagebaus und zur Gewährleistung eines effizienten Grundwasserschutzes in Wasserdefizitgebieten ausreichend ist. Weiterhin ist abzuschätzen, in welchem Ausmaß die Reduzierung des Braunkohlenbergbaus sich auf die hydrologische Gesamtsituation in den betroffenen Regionen auswirkt.

Unter Zuhilfenahme großräumiger hydrogeologischer Modelle, die sowohl den Zustand vor dem Abbau als auch die zu erwartenden Wasserstände nach dem Abbau erfassen, sind Aussagen zu verträglichen wasserwirtschaftlichen Nutzung der Bergbaufolgelandschaft zu treffen. Die vom Bergbau zur Sicherung der Förderung notwendige Grundwasserhebung muß durch geeignete Maßnahmen dafür sorgen, daß die Entwässerungskennlinie eng an die Kennlinie des Bergbaus herangeführt wird. Einer großräumigen Entwässerungsplanung kommt hier besondere Bedeutung zu.

Die mit dem Grundwasserwiederanstieg im Zusammenhang stehenden Prozesse der Mineralisierung des Grundwassers sind weiter zu untersuchen und technische Lösungsstrategien zu entwickeln.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß die Probleme der bergbaulichen Beeinflussung des natürlichen Grundwasserregimes im Prinzip zwar bekannt sind, die Komplexität der Prozesse jedoch weiterer Forschung bedarf, um aus einer Global-

betrachtung den für die einzelnen Regionen notwendigen Handlungsbedarf abzuleiten.

Die TA-Konzeption für den Untersuchungsbereich "Grundwasserabsenkung durch Tagebauaktivitäten" sollte neben der Problemidentifizierung besonders die Folgen einer reduzierten Braunkohleförderung auf die hydrologische Situation in den betroffenen Regionen beinhalten. Dabei sollen die ökologischen, rechtlichen, ökonomischen und sozialen Konsequenzen und Handlungsoptionen anhand eines Fallbeispiels in den neuen Bundesländern analysiert und ein Vergleich in bezug auf bestimmte Aspekte mit der Situation im rheinischen Braunkohlenrevier durchgeführt werden.

### 3. Literatur

*Amann, W.:*

Gefährdung und Schutz des Grundwassers. In: Kohler, A. und H. Rahmann (Hrsg.): Gefährdung und Schutz von Gewässern, Tagung über Umweltforschung an der Universität Hohenheim. Hohenheimer Arbeiten, Ulmer, Stuttgart-Hohenheim 1988, S. 49-77.

*Breuer, R.:*

Rechtsprobleme der Altlasten. NVwZ 1987/9, S. 751-761.

*Buch, Th.:*

Zulassungsverfahren bei der Altlastensanierung (on-site) aus immissionschutz- und abfallrechtlicher Sicht. UPR 1990/3, S. 92-94.

*Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit:*

Umweltbericht 1990. Bundesanzeiger, Köln 1990.

*Bundesregierung:*

Antwort auf die große Anfrage der Fraktion SPD "Schutz des Lebensmittels Trinkwasser" vom 14.9.1989. BT-Drucksache 11/5179, 1989a.

*Bundesregierung:*

Antwort auf die große Anfrage der Fraktion SPD "Altlasten" vom 1.3.1989. BT-Drucksache 11/4104, 1989b.

*BVerwG:*

ZfW 1981, S. 87 ff.

*Diederichsen, U.:*

Verantwortlichkeit für Altlasten - Industrie als Störer? Betriebsberater 1988/14, S. 917-923.

*Filip, Z. (Hrsg.):*

Biotechnologische In-situ-Sanierung kontaminierter Standorte. Wabolu Schriftenreihe 80, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1988.

*Keding, M., S. van Riesen, B. Esch:*

Der Zustand der öffentlichen Kanalisation in der Bundesrepublik Deutschland. Korrespondenz Abwasser 10/1990 (37. Jhrg.), S. 1148-1153.

*Leschber, R., R. Mergler-Völkl, U. Zimmermann:*

Organische Halogenverbindungen im Klärschlamm - Bedeutung für die landwirtschaftliche Schlammverwertung. Gewässerschutz - Wasser - Abwasser 112, S. 551-579, Aachen 1990.

*Lühr, H.-P.:*

Boden-/Grundwasser-Forum Berlin 1988: Sanierung undichter Kanalisationen. E. Schmidt Verlag, Berlin 1988.

*Milde, G. und U. Müller-Wegener:*

Pflanzenschutzmittel und Grundwasser. G. Fischer Verlag, Stuttgart/New York 1989.

*Papier, H.-J.:*

Aktuelle haftungsrechtliche Probleme des Gewässerschutzes. DVBL 1989, S. 554.

*Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (SRU):*

Umweltgutachten 1987. BT-Drucksache 11/1568, 1987.

*Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (SRU):*

Sondergutachten "Altlasten". BT-Drucksache 11/6191, 1990.

*Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (SRU):*

Sondergutachten "Umweltprobleme der Landwirtschaft". BT-Drucksache 10/3613, 1985.

*Rohmann, U. und H. Sontheimer:*

Nitrat im Grundwasser. DVGW-Forschungsstelle, Karlsruhe 1985.

*Schäfer, W.:*

Landwirtschaftliche Interessen und Gewässerschutz. IIUG rep 87-13, WZB, Berlin 1987.

*Schleyer, R. und G. Milde:*

Tendenzen im Grundwasserschutz. Bundesgesundheitsblatt 12/1989, S. 521-526.

*Staupe, I.:*

Rechtliche Aspekte der Altlastensanierung. DVBL 1988, S. 606-612.

*Stein, D., H.-P. Lühr, W. Niederehe, R. Willert, W. Petrich:*

Undichte Kanäle als Ursache von Grundwasserverunreinigungen. UBA-Forschungsbericht 10202609, Berlin 1987.

*Strzodka, K. u. a.:*

"Die Hydrotechnik im Bergbau und Bauwesen". DVfG Leipzig 1979.

*Travis, C. C. und Doty, C. B.:*

Environmental Science and Technology (1990) 24, S. 1464 ff.

*Bundesminister des Innern:*

"Allgemeine Verwaltungsvorschrift vom 09.03.1990 über die nähere Bestimmung wassergefährdender Stoffe und ihre Einstufung entsprechend ihrer Gefährlichkeit (VwVws)" in Gemeinsames Ministerialblatt, Nr. Ge (1990), S. 114 ff.

*Wilke, L., Eckart, A., Kaubisch, M.:*

"Abriß in den im Zusammenhang mit dem Braunkohlenbergbau auftretenden Grundwasserproblemen in den Hauptförderzentren in der Bundesrepublik Deutschland", Zuarbeit im Auftrag des TAB, Berlin 1991.

*Zullei-Seibert, N.:*

Vorkommen und Nachweisbarkeit von Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmittel-Wirkstoffen in Roh- und Trinkwässern der Bundesrepublik Deutschland. Dortmunder Beiträge zur Wasserforschung Nr. 39, Institut für Wasserforschung, Dortmund 1990.