

# 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

**R. Meyer**  
**J. Jörissen**  
**M. Socher**

**Juni 1993**

**TA-Projekt**

**„Grundwasserschutz und Wasserversorgung“**

**Teilbericht**

**„Problemanalyse zum Grundwasserschutz  
im Verkehrssektor“**

**TAB-Arbeitsbericht Nr. 17 - Teilbericht III**

## 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.

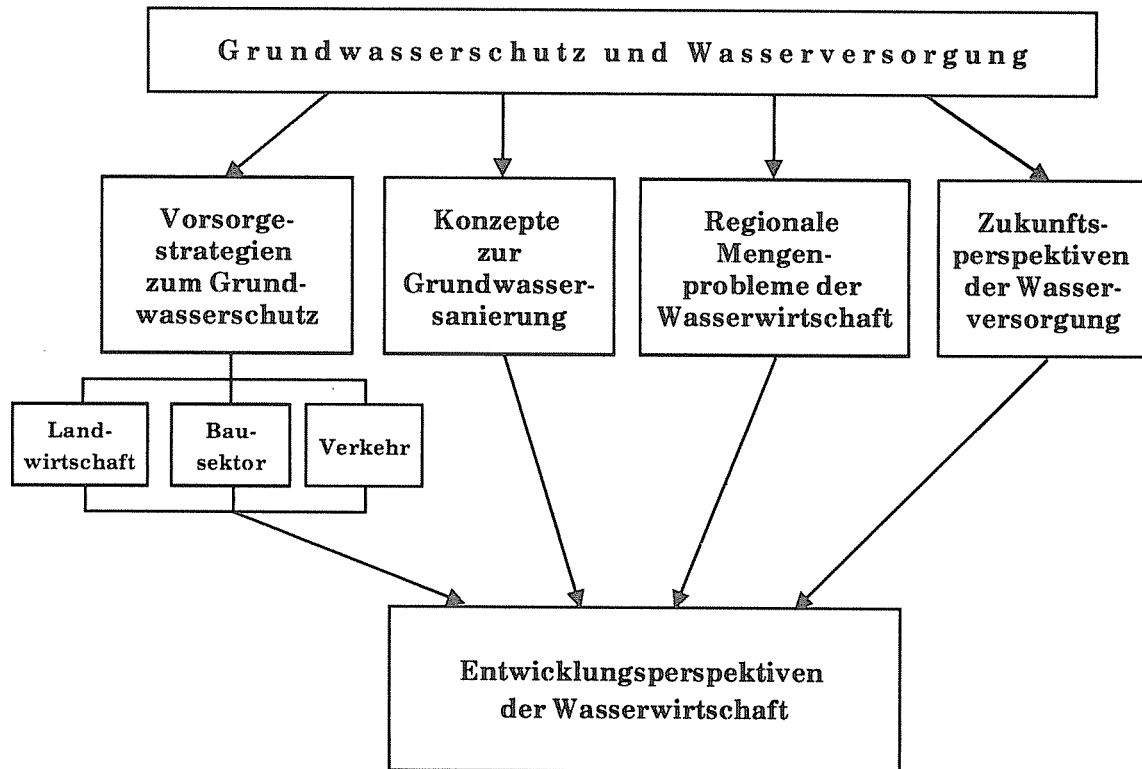
Die Qualität des Grundwassers - vor allem der oberflächennahen Grundwasserleiter - ist in der Bundesrepublik Deutschland mittlerweile in besorgniserregendem Ausmaß gefährdet. Zur Belastung des Grundwassers tragen insbesondere Industrie, Landwirtschaft und Verkehr bei. Grundwassergefährdungen gehen außerdem 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)
- Grundwasseranierung (Teilbericht IV)
- Grundwasserdefizitgebiete durch Braunkohlentagebau in den neuen Ländern (Teilbericht V)
- Zukunftsperspektiven der Wasserversorgung (Teilbericht VI)

R. Meyer  
J. Jörissen  
M. Socher

Juni 1993

TA-Projekt

”Grundwasserschutz und Wasserversorgung”

Teilbericht III

”Problemanalyse zum Grundwasser-  
schutz im Verkehrssektor”

# Teilbericht III

## ”Problemanalyse zum Grundwasserschutz im Verkehrssektor”

Inhalt	Seite
Zusammenfassung .....	1
1. Einführung .....	4
2. Verkehrsentwicklung .....	7
3. Belastungspfade .....	15
4. Grundwassergefährdungspotentiale .....	21
4.1. Verkehrswegebau .....	21
4.2. Antrieb der Verkehrsmittel .....	22
4.3. Nutzung und Unterhaltung von Verkehrsmitteln und Verkehrswegen .....	23
4.4. Unfälle .....	27
5. Handlungsfelder .....	34
5.1. Direkte Handlungsfelder - Verkehrsvermeidung, Verkehrsminderung und Verkehrsverlagerung .....	34
5.2. Direkte Handlungsfelder .....	39
5.2.1. Grundwasserschutz beim Verkehrswegebau .....	39
5.2.2. Grundwasserschonendere Verkehrswegeunterhaltung .....	41
5.2.3. Verringerung direkt grundwasserrelevanter Emissionen der Fahrzeuge .....	43
5.2.4. Grundwasserrelevante Risikominderung von Transportunfällen	43
6. Literatur .....	45

## Zusammenfassung

Der Ausschuß für Forschung, Technologie und Technikfolgenabschätzung des Deutschen Bundestages hat das TAB beauftragt, eine Technikfolgen-Abschätzung zum Problembereich "Grundwasserschutz und Wasserversorgung" durchzuführen. Im TA-Prozeß wurden die Schwerpunkte Vorsorgestrategien zum Grundwasserschutz, Grundwassersanierung, Grundwasserdefizitgebiete und Zukunftsperspektiven der Wasserversorgung untersucht. Notwendigkeiten und Möglichkeiten eines vorsorgenden Grundwasserschutzes wurden für die Verursacherbereiche Landwirtschaft, Bausektor und Verkehr analysiert.

Problemlagen und Kenntnisstände stellen sich in den Verursacherbereichen sehr unterschiedlich dar. Daraus resultiert, daß bei den Untersuchungen zum vorsorgenden Grundwasserschutz unterschiedliche Vorgehensweisen gewählt wurden. Für den Verkehrssektor wurden im Sinne einer **Problemanalyse** nur Grundwassergefährdungspotentiale abgeschätzt, und die in Betracht kommenden Handlungsfelder werden aufgezeigt; es wurden aber keine Vorsorgestrategien entwickelt und analysiert.

Von der **zukünftigen Verkehrsentwicklung** in Deutschland wird in Trendabschätzungen auch weiterhin eine starke Zunahme von Personen- und Güterverkehr erwartet. Ursächlich hierfür sind eine nach wie vor bestehende Koppelung von Wirtschaftsentwicklung und Verkehr, die Entwicklung von Siedlungsstrukturen und Produktionskonzepten sowie individuelle Bedürfnisse. Verkehrsinfarkt sowie Sozial- und Umweltverträglichkeit sind die drei zentralen Problembereiche, auf die diese Verkehrsentwicklung trifft. Die potentiellen Grundwassergefährdungen aus dem Verkehrssektor sind entscheidend von der zukünftigen Verkehrsentwicklung und ihrer Steuerung abhängig.

Von Verkehrsanlagen und vom Verkehr ausgehend können zahlreiche Stoffe über verschiedene **Belastungspfade** potentiell zu Beeinträchtigungen des Grundwassers führen. Wichtige Stoffquellen sind die Abgase der Motoren, die Tropfverluste und Abnutzungen der Fahrzeuge, der Abrieb der Fahrbahnen, die Baumaterialien der Verkehrswege sowie die Unterhaltungsmaßnahmen. Die vom Verkehr emittierten Stoffe können über den Luftpfad, über den Eintrag in die verkehrswegenahe Oberflächen und Böden sowie über den Austrag über Abflüsse und Oberflächengewässer bis ins Grundwasser gelangen. Ausgangsbelastung, Transportvorgänge und vielfältige Stoffumsetzungen entscheiden, inwieweit ein Grundwassergefährdungspotential entsteht.

Die Grundwassergefährdungspotentiale sind dadurch gekennzeichnet, daß von allen Verkehrsbereichen der *Straßenverkehr* über den Luftpfad und über die verkehrswegenahen Flächen die Böden und damit potentiell das Grundwasser flächenmäßig am stärksten belastet. Ursachen hierfür sind sein hoher Anteil an der Verkehrs- bzw. Transportleistung, seine Emittentenstruktur sowie die umfangreiche Ausdehnung des Straßennetzes. Der Straßenverkehr ist an der Gesamtemission von wichtigen Luftschadstoffen maßgeblich beteiligt und trägt zur Versauerung von Böden und Gewässern bei. Betroffen von straßenverkehrsbedingten Schadstoffen sind weiterhin die Böden der Straßenrandbereiche und über die Einleitung der Fahrbahnentwässerung entsprechende Oberflächengewässer. Die bisher am häufigsten festgestellten Grundwasserverunreinigungen durch den Straßenverkehr sind von im Winterdienst eingesetzten Tausalzen verursacht worden. Beim *Schienenverkehr* führt vor allem der Herbizideinsatz zur Aufwuchsbeseitigung auf den Gleisanlagen zu Grundwasserverunreinigungen. Außerdem bestehen im Bereich der Bahnen zahlreiche Altlasten. Beim *Luftverkehr* gehen Grundwasserverunreinigungen von stickstoffhaltigen Auftaumitteln aus. Weiterhin stellen die Pipeline- und Tanksysteme der Flughäfen ein großes Grundwassergefährdungspotential dar. Im Bereich der *Binnenschifffahrt* ist es vor allem das bei der Unterhaltung der Wasserstraßen anfallende Baggergut, von dem Gefährdungen ausgehen können, soweit es deponiert werden muß. Schließlich bedeuten *Verkehrsunfälle*, bei denen Treibstoff und Öl der Fahrzeuge, Löschmittel sowie wassergefährdende Transportgüter freigesetzt werden können, ein erhebliches Grundwassergefährdungspotential.

Die Umweltbelastungen des Verkehrssektors insgesamt machen eine umweltverträglichere Verkehrsgestaltung notwendig. Zahlreiche Maßnahmen der *Verkehrsvermeidung*, der *Verkehrsminderung*, der *Verkehrsverlagerung* und der *(Abgas-)Emissionsminderung* der Fahrzeuge werden dazu diskutiert. Integrierte Konzeptionen sind zu entwickeln und zu bewerten. Es wird darauf verwiesen, daß diese Fragenkomplexe von den Enquête-Kommissionen "Schutz der Erdatmosphäre" und "Schutz des Menschen und der Umwelt" sowie in einem neuen TAB-Projekt für den Deutschen Bundestag bearbeitet werden. Indirekt würde von Maßnahmen in diesen Handlungsfeldern auch der vorsorgende Grundwasserschutz profitieren.



**Handlungsfelder**, die zur direkten Verringerung oder Vermeidung von verkehrsbedingten Grundwassergefährdungspotentialen führen können, sind:

- der Grundwasserschutz beim Verkehrswegebau  
(z.B. bautechnische Vorsorgemaßnahmen in Wasserschutzgebieten und grundwassersensiblen Gebieten),
- die grundwasserschonendere Verkehrswegeunterhaltung  
(z.B. Verringerung des Taumittleinsatzes, Alternativen zur chemischen Unkrautbekämpfung auf Gleisanlagen),
- die Verringerung direkt grundwasserrelevanter Emissionen der Fahrzeuge  
(z.B. Verringerung der Tropfverluste von Kraftfahrzeugen),
- die grundwasserrelevante Risikominderung von Transportunfällen.

## 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 für die Beratungs- und Entscheidungsprozesse des Parlaments in diesem Politikfeld zu verbessern. Im Mittelpunkt des Teilberichtes III stehen Grundwassergefährdungspotentiale aus dem Verkehrssektor.

### *Problemaufriß*

Der Schwerpunkt der Untersuchungen ist in diesem TA-Projekt auf den **vorsorgenden Grundwasserschutz** gelegt worden. Dieser geht über den Trinkwasserschutz hinaus, denn beim Grundwasserschutz handelt es sich um die Erhaltung einer lebenswichtigen Ressource, die auch wesentliche Funktionen im Wasserhaushalt und in Ökosystemen erfüllt. Die Analyse, wie zukünftige Grundwasserverunreinigungen verhindert werden können, erfolgte anhand eines verursacherbezogenen Ansatzes.

Für die **Verursacherbereiche** Landwirtschaft, Bausektor und Verkehr werden die jeweiligen Grundwassergefährdungspotentiale und die dazu bestehenden Handlungsmöglichkeiten dargestellt. Potentielle Grundwasserverunreinigungen über den Luftpfad werden mit erfaßt. Die Kenntnisstände sind zwischen den Verursacherbereichen sowie innerhalb des Verkehrssektors unterschiedlich. In Abhängigkeit von den Grundwassergefährdungspotentialen und dem Stand der Kenntnisse unterscheiden sich dementsprechend die erarbeiteten Handlungsmöglichkeiten sowie die Aussagen über ihre möglichen Auswirkungen. Für den Verkehrssektor wird die Relevanz der verschiedenen potentiellen Beeinträchtigungen des Grundwassers abgeschätzt; die in Betracht kommenden Handlungsfelder werden aufgezeigt. Grundwasserbelastungen durch den Verkehr sind als Problem erkannt, aber bisher noch nicht breit diskutiert und untersucht worden. Vielfach wird erwartet, daß insbesondere die Relevanz des Luftpfades für zukünftige Grundwasserverunreinigungen steigen wird, woran der Verkehrssektor direkt und indirekt maßgeblich beteiligt ist. Insgesamt werden integrierte Konzeptionen für eine **umweltverträglichere Verkehrsgestaltung** benötigt, bei denen der vorsorgende Grundwasserschutz als ein wichtiger Aspekt zu berücksichtigen sein wird.

Unter **Verkehr** wird in diesem Bericht der Verkehr mit Fahrzeugen (Kraftfahrzeuge, Bahnen, Schiffe, Flugzeuge) - auch als motorisierter Verkehr bezeichnet - zur Beförderung von Menschen und Gütern verstanden (DVWK 1993, S. 2; vgl. HÖPFNER et al. 1992, S. 1 ff.). Die Küstenschifffahrt sowie der Gütertransport mit Rohrfernleitungen wurden in die Untersuchungen nicht mit einbezogen. Während die Seeschifffahrt ohne Relevanz für den Grundwasserschutz ist, können vom Transport in Rohrleitungen Grundwasserverunreinigungen ausgehen. Da aber erkennbar war, daß beim Rohrleitungstransport höchstens im technischen Bereich Handlungsnotwendigkeiten bestehen, wurde dieser Bereich von der Untersuchung ausgeschlossen.

Verkehrsleistungen können privat oder öffentlich erbracht werden und dienen persönlichen oder gewerblichen Zwecken. Das Ergebnis der Verkehrstätigkeit wird als Verkehrsaufkommen und als Verkehrs- bzw. Transportleistung beschrieben. Im folgenden werden in der Regel die Begriffe Straßenverkehr, Schienenverkehr, Luftverkehr und Binnenschifffahrt zur Bezeichnung der Verkehrsbereiche verwendet.

#### *Vorgehensweise*

Zu den einzelnen Untersuchungsschwerpunkten dieses TA-Projektes wurden zahlreiche Gutachten vergeben. Zum Untersuchungsbereich "Problemanalyse zum Grundwasserschutz im Verkehrssektor" hat das TAB einen Untersuchungsauftrag an den Deutschen Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (DVWK) vergeben. Das Gutachten "Potentielle Beeinträchtigung des Grundwassers durch den Verkehr - Problemanalyse" wurde im Januar 1993 vom DVWK vorgelegt.

In diesen Teilbericht sind wesentliche Ergebnisse des von TAB vergebenen Gutachtens eingeflossen. Die Verantwortung für die Auswahl und Interpretation der in diesen Bericht eingearbeiteten Ergebnisse aus dem Gutachten liegt ausschließlich bei den Autoren des Berichts.

#### *Zielsetzung des Teilberichtes*

Ausgangspunkt der Analyse ist die zukünftig erwartete Verkehrsentwicklung. Die damit verbundenen grundsätzlichen Problemkonstellationen werden herausgearbeitet. Anschließend wird dargestellt, über welche Belastungspfade Emissionen des Verkehrs ins Grundwasser gelangen können. Auf dieser Grundlage werden die Grundwassergefährdungspotentiale der verschiedenen Verkehrsbereiche

beschrieben. Der letzte Untersuchungsschritt ist die systematische Zusammenstellung von Handlungsmöglichkeiten. Der Teilbericht "Problemanalyse zum Grundwasserschutz im Verkehrssektor" hat dementsprechend die Zielsetzung, die potentiellen Grundwassergefährdungen und die möglichen Handlungsfelder herauszuarbeiten.

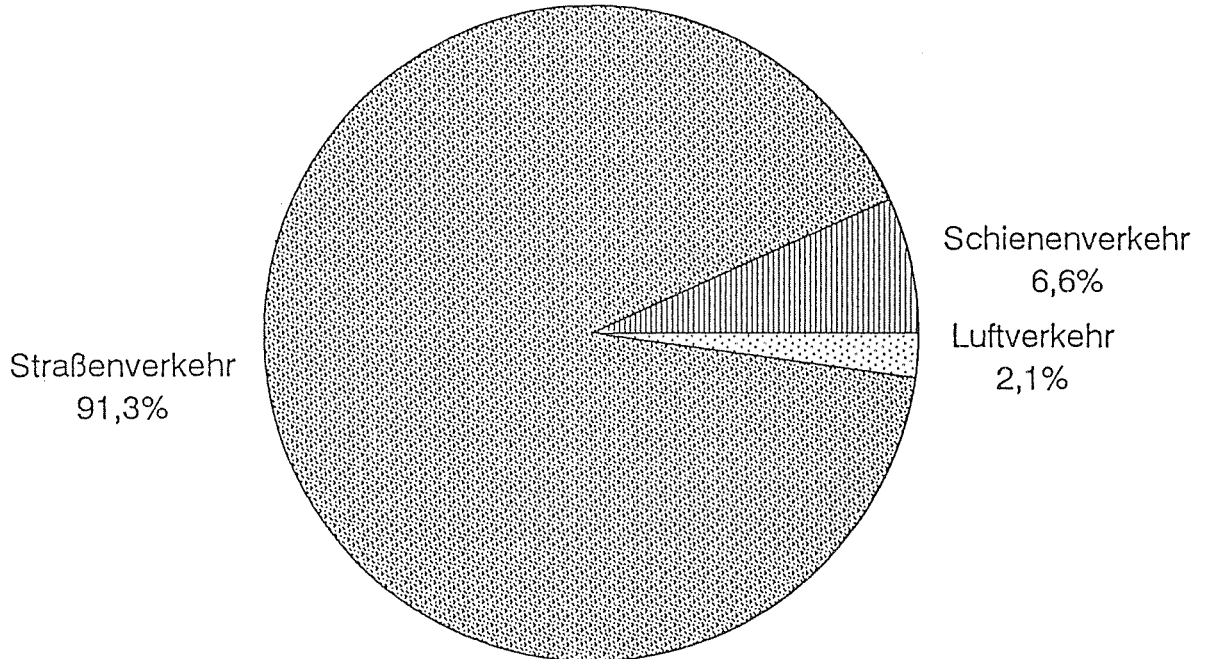
## 2. Verkehrsentwicklung

Wirtschaftliche Entwicklung und Verkehrsentwicklung sind in der Vergangenheit eng gekoppelt gewesen. Während die gesamtwirtschaftliche Güterproduktion (gemessen am Bruttoinlandsprodukt) in den alten Bundesländern von 1950 bis 1990 fast um das Sechsfache zunahm, sind die Verkehrsleistungen im Personenverkehr auf das Achtfache und im Güterverkehr auf das Vierfache gestiegen (DIW 1992b). Neben seiner Rolle beim Wirtschaftswachstum ist der Verkehr von großer Bedeutung im individuellen Bereich, z.B. bei Freizeit und Urlaub. Der Verkehrssektor selber ist mit einem Anteil von knapp 4 % aller Beschäftigten und von 3,5 % an der Bruttowertschöpfung kein sehr bedeutender Wirtschaftszweig, die Verkehrswirtschaft insgesamt (bei Berücksichtigung der gesamten Produktionsketten) ist dagegen von großer gesamtwirtschaftlicher Bedeutung (BMV 1992a, S. 43, 47; HESSE/LUCAS 1991, S. 62 ff.).

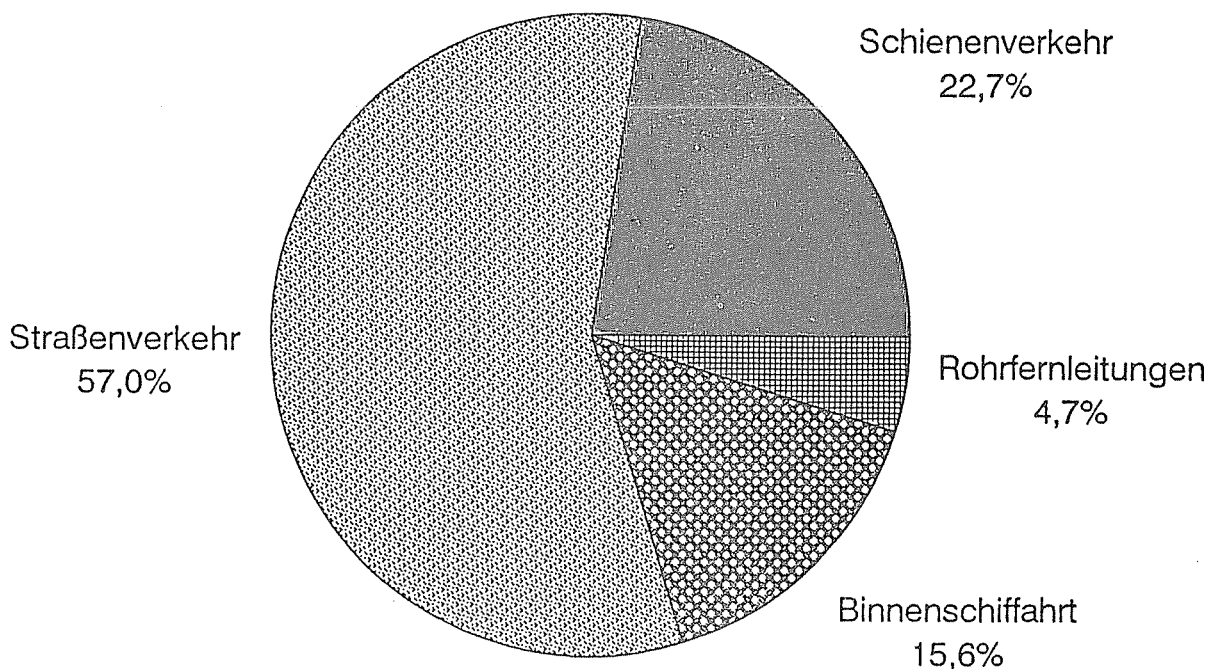
Kennzeichnend für die **bisherige Verkehrsentwicklung** sind einerseits über größere Zeiträume überwiegend gleichbleibende Wegehäufigkeiten und Reisezeitbudgets, andererseits aber erheblich gewachsene Entfernungen und Transportweiten, ein stetiger Anstieg der Pendlerzahlen und ein ungebrochener Trend zur privaten Motorisierung mit weiterhin hohen Wachstumsraten. Der Gütertransport ist im wesentlichen charakterisiert durch den Bedeutungsgewinn des Straßenverkehrs im Nah- und Fernverkehr bei steigenden Transportmengen und -weiten sowie durch die etwa gleichbleibenden Transportleistungen von Bahn und Binnenschifffahrt (HESSE/LUCAS 1991, S. 2). Damit sind neben der Zunahme der gesamten Verkehrsleistung **Verschiebungen zwischen den Verkehrsbereichen**, d.h. Veränderungen der Aufteilung der Verkehrsleistung zwischen den verschiedenen Verkehrsbereichen (Modal Split), von großer Bedeutung. Die derzeitigen Anteile der verschiedenen Verkehrsbereiche zeigen die Abbildung 1 und die Tabelle 1.

Abb. 1: Anteile der Verkehrsbereiche am Personen- und Güterverkehr (Anteil an der Verkehrsleistung 1991 in der Bundesrepublik Deutschland; nach BMV 1992a, S. 197, 217)

### Personenverkehr



### Güterverkehr



Die Ursachen für die Verkehrsentwicklung sind vielfältiger Art. Demographische und ökonomische Rahmendaten sind wichtige Randgrößen für die Veränderungen des Verkehrsvolumens. Beim Güterverkehr werden die Verschiebungen zwischen den Verkehrsbereichen von Güterstruktur- und Substitutionseffekten bestimmt. Der Güterstruktureffekt beruht auf dem unterschiedlichen Wachstum der einzelnen Produktionsbereiche, deren Güter verschieden starke Präferenzen für Schiene, Straße bzw. Binnenschifffahrt haben. Mit Substitutionseffekt ist die Verlagerung von Transporten von einem Verkehrsbereich zum anderen gemeint, die durch Faktoren wie Preise, Flexibilität und Pünktlichkeit ausgelöst wird (SCHMIDT et al. 1991, S. 17 ff.). Im Personenverkehr kann zwischen freiwilliger und erzwungener Mobilität unterschieden werden. Mobilität stellt zum einen für die Menschen einen wichtigen Aspekt ihrer persönlichen Freiheit dar und ist eine Voraussetzung für Wohlstand und sonstige Aspekte der Lebensqualität. Die zunehmenden Entfernungen zwischen Wohnungen, Arbeitsstätten, Einkaufsmöglichkeiten, Bildungseinrichtungen und Freizeitangeboten führen andererseits zu erzwungener Verkehrsnachfrage (LERSNER 1991). Zunehmende funktionale und räumliche Arbeitsteilungen von Produktion und Flächennutzungen sind damit eine zentrale Größe für die Verkehrszunahme (vgl. HOPF et al. 1990, S. 789 ff.). Darüber hinausgehend wird die These formuliert, Verkehr schaffe Verkehr (HEINZE 1979).

Neben der Verkehrsnachfrage ist ebenso die Angebotsseite, d.h. das bestehende Verkehrssystem bzw. die Verkehrsinfrastruktur, von großer Bedeutung. Die alten Bundesländer besitzen ein umfangreiches und gut ausgebautes Verkehrswegebnetz. In den neuen Bundesländern besteht noch ein Nachholbedarf bei Zustandsverbesserung und Ausbau der Verkehrsinfrastruktur (siehe Tabelle 2). Vom Verkehrswegenetz gehen, in Abhängigkeit von der Nutzungsintensität, linienförmig die potentiellen Grundwasserbelastungen des Verkehrssektors aus. Bisher war der Ausbau der Verkehrsinfrastruktur darauf ausgerichtet, der steigenden Verkehrsnachfrage gerecht zu werden. Der aktuelle Planungsstand nach dem Bundesverkehrswegeplan 1992 sieht bis 2010 einen Neubau und Ausbau bei den Bundesfernstraßen von 11.580 km vor (BMV 1992b, S. 44). In den alten Bundesländern bleiben die Bundesfernstraßen der wichtigste Investitionsbereich beim Ausbau der Verkehrsinfrastruktur. Der hohe Anteil der Eisenbahninvestitionen in den neuen Bundesländern kann vor allem auf den hohen Ersatz- und Nachholbedarf zurückgeführt werden. Tendenziell wird also die Politik der Anpassung des Infrastrukturangebots an eine relativ restriktionsfreie Entwicklung der Verkehrsnachfrage fortgesetzt (DIW 1992b).

Tab.1: Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung im Personen- und Güterverkehr

Verkehrsbereich	Personenverkehr		Güterverkehr	
	Verkehrsaufkommen <sup>1)</sup>	Verkehrsleistung <sup>2)</sup>	Verkehrsaufkommen <sup>3)</sup>	Verkehrsleistung <sup>4)</sup>
<b>Schieneverkehr</b>	1.529	57	414	81
<b>Straßenverkehr</b>			3.431	444
• öffentlicher	8.020	84		
• individueller	40.895	706		
<b>Luftverkehr</b>	62	18	1,3	0,4
<b>Binnenschifffahrt</b>	-	-	237	55

- 1) beförderte Personen in Mio.  
 2) Personenkilometer in Mrd. Pkm  
 3) transportierte Güter in Mio. t  
 4) Tonnenkilometer in Mrd. tkm

Tab. 2: Verkehrsinfrastruktur der Bundesrepublik Deutschland (nach ADV 1991; BMV 1992a)

	alte Bundesländer	neue Bundesländer
<b>Länge des Straßennetzes (1992)</b>		
Gesamtlänge (in km)	503.300	133.000
davon		
• Straßen des überörtlichen Verkehrs	174.300	52.000
• Gemeindestraßen	329.000	81.000
<b>Länge des Schienennetzes (1991)</b>		
Gesamtlänge (in km) <sup>1)</sup>	27.100	14.000
<b>Länge der Wasserstraßen (1990/1988)</b>		
Gesamtlänge (in km)	4.350	2.320
<b>Flughäfen (1991)</b>		
Anzahl <sup>2)</sup>	12 (25)	4

- 1) Deutsche Bundesbahn und Deutsche Reichsbahn  
 2) in Klammern regionale Verkehrsflughäfen und Verkehrslandeplätze



Auch für die zukünftige Verkehrsentwicklung wird eine weitere starke Zunahme erwartet. Von der Einheit Deutschlands, der Vollendung des EG-Binnenmarktes sowie der Öffnung Osteuropas gehen die stärksten Impulse auf die weitere Verkehrszunahme aus. Für die neuen Bundesländer wird erwartet, daß sich Struktur und Verkehrsleistung an die westdeutschen Verhältnisse angleichen, was insbesondere eine hohe Wachstumsrate für den Straßenverkehr (motorisierten Individualverkehr) und Straßengüterverkehr bedeuten würde. Vom EG-Binnenmarkt und dem Europäischen Wirtschaftsraum sowie der Öffnung der osteuropäischen Märkte sollen ein erhöhtes Wirtschaftswachstum und eine Zunahme von Binnen- und Außenhandel der EG ausgehen. Als Folge davon werden für Deutschland überproportionale Steigerungen im grenzüberschreitenden und Transitverkehr sowie eine weitere Verschiebung hin zum Straßengüterverkehr prognostiziert. Verschiedene aktuelle Trendabschätzungen für die Bundesrepublik Deutschland<sup>1</sup> erwarten bis zum Jahre 2010 (bzw. 2005, im Vergleich zum Jahre 1988) eine Zunahme der gesamten Personenverkehrsleistung um etwa 30 % und der gesamten Gütertransportleistung in der Größenordnung von 60 bis 75 % (siehe Abbildung 2). Dabei sollen beim Personenverkehr der Individualverkehr auf der Straße und der Flugverkehr am stärksten steigen (plus rund 25 bis 35 % bzw. 135 bis 140 %) und beim Güterverkehr die Transportleistung sich weiterhin zum Straßengüterverkehr hin verschieben (plus 90 bis 110 %) (DIW 1992a, HÖPFNER et al. 1992, KESSEL + PARTNER 1991, INTERPLAN CONSULT 1991).

Dieser Trend der Verkehrsentwicklung führt zu drei **Problembereichen**:

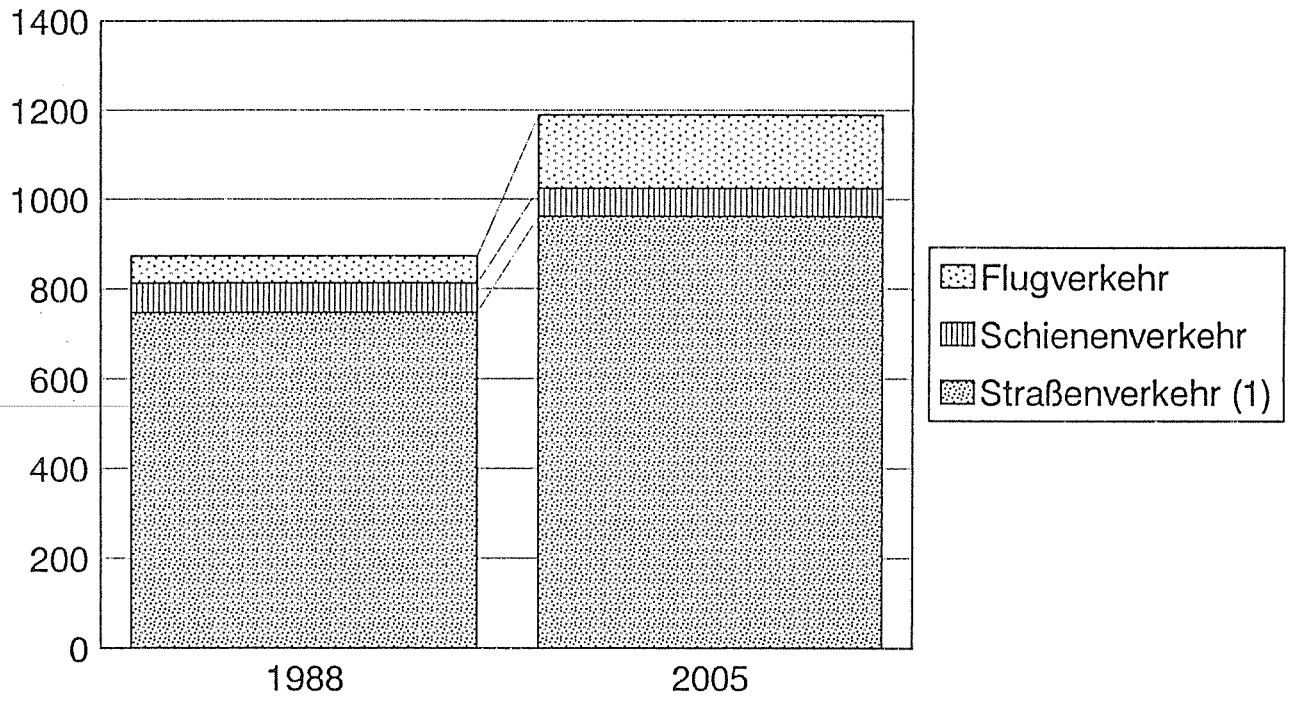
- dem Verkehrsinfarkt,
- der Sozialverträglichkeit und
- der Umweltverträglichkeit.

---

<sup>1</sup> Diese Trendabschätzungen sind für unterschiedliche Fragestellungen erarbeitet worden. Neben den Trendabschätzungen werden auch Szenarien für veränderte verkehrs- bzw. umweltpolitische Rahmensetzungen gerechnet. Neben Übereinstimmungen in grundlegenden Aussagen differieren im Detail die Ergebnisse. Die unterschiedlichen Annahmen und Vorgehensweisen werden hier nicht näher erläutert, da nur die Größenordnung der zu erwartenden Verkehrsentwicklung unter unveränderten Bedingungen anschaulich gemacht werden soll.

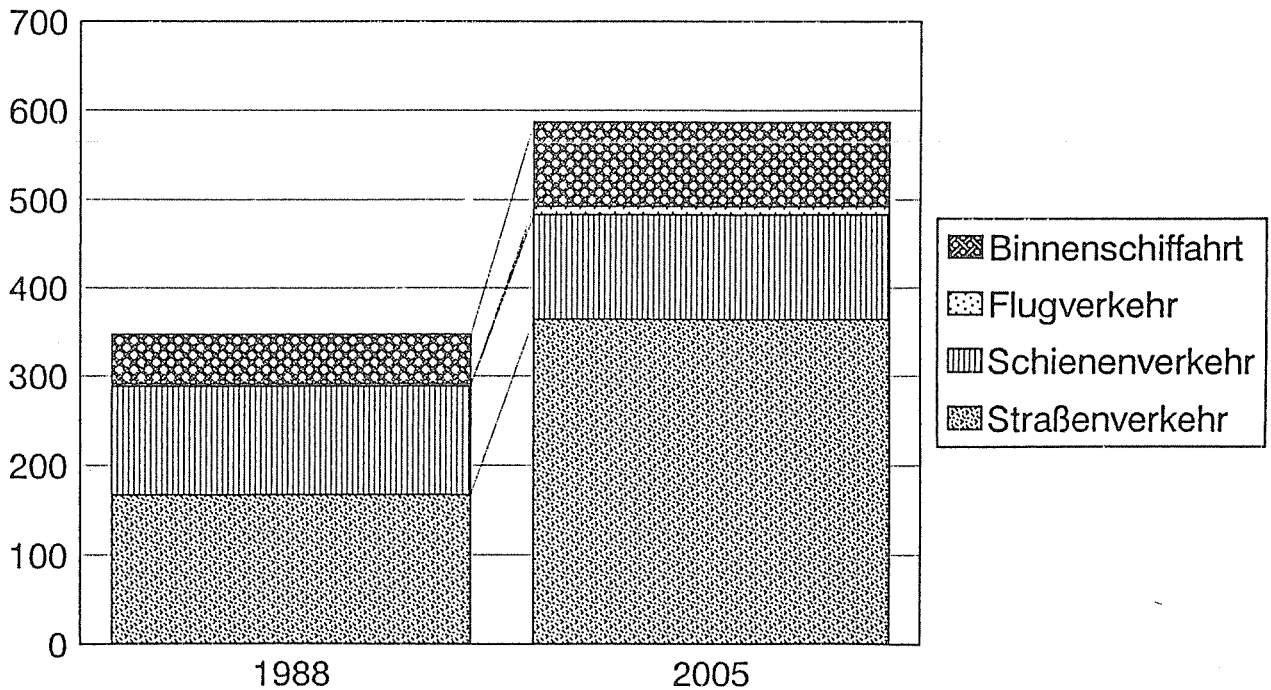
Abb. 2: Trendabschätzung der Verkehrsentwicklung (nach HÖPFNER et al. 1992, S. 208 ff., 292 ff.)

Personenverkehr (Verkehrsleistung in Mrd. Pkm)



(1) Straßenverkehr incl. Straßen-, Stadt- und U-Bahnen

Güterverkehr (Transportleistung in Mrd. tkm)



Das Stichwort **Verkehrsinfarkt** bedeutet, daß das Verkehrssystem zunehmend seine Funktionsfähigkeit zu verlieren droht. Die Investitionsausgaben für das gesamte Straßennetz halten in den alten Bundesländern schon seit zwei Jahrzehnten mit dem Wachstum des Verkehrs nicht mehr Schritt. Dies führt zu einer rapiden Zunahme hochbelasteter Streckenabschnitte nicht nur in den Ballungsgebieten, sondern auch zwischen den regionalen Zentren (EWERS 1991, S. 13 f.). So kommt es regelmäßig zu langen Staus auf den überlasteten Streckenabschnitten. Genauso ist das Straßennetz in vielen Städten erschöpft (FIEDLER 1992, S. 24). Aber auch im Schienenverkehrssystem bestehen heute Kapazitätsengpässe auf den zentralen Nord-Süd- und Ost-West-Verbindungen. Bei stagnierender Gesamtverkehrsleistung im Schienenverkehr finden räumliche und zeitliche Konzentrationen der Verkehrsnachfrage statt (EWERS 1991, S. 15 ff.). Beim Flugverkehr sind zu Spitzenzeiten zahlreiche Luftstraßen, insbesondere aber die Flugsicherung, dem Luftverkehrsaufkommen nicht mehr gewachsen. Nur die Kapazitäten der Wasserstraßen sind noch nicht an die Grenzen ihrer Belastbarkeit gelangt (EWERS 1991, S. 20). Das Ungleichgewicht zwischen Verkehrsnachfrage und -angebot durch entsprechend umfassende Infrastrukturmaßnahmen zu beseitigen, dürfte weder im Hinblick auf die Finanzierbarkeit noch die Durchsetzbarkeit zu realisieren sein (INTRAPLAN CONSULT 1991, S. 11). Der Verkehrsinfarkt droht andererseits zu einer Bremse des Wirtschaftswachstums im vereinten Deutschland zu werden (EWERS 1991, S. 5). Aus dieser Problemkonstellation ergibt sich die politische Aufgabe, eine Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Verkehrsleistung gezielt anzustreben.

Der zweite Problembereich ist, daß die Verkehrsentwicklung immer weniger **sozialverträglich** ist, in dem Sinne, daß immer mehr Menschen neben den positiven Effekten von den negativen Auswirkungen des Verkehrs betroffen sind. Der Straßenverkehr fordert nach wie vor eine hohe Anzahl von Verletzten und Toten. Ein sehr wichtiges Problem stellt der Verkehrslärm dar, dem viele Menschen ausgesetzt sind und der zu gesundheitlichen Störungen führt. Insbesondere der Ausbau des Straßenverkehrsnetzes hat eine Zerschneidung von Ortschaften und Städten mit empfindlichen Störungen des Sozialgefüges sowie eine Zerschneidung von Landschaften mit Auswirkungen auf das psychologische Wohlbefinden der Menschen bewirkt (vgl. WALZ 1990). In einem dicht besiedelten Land wie der Bundesrepublik Deutschland wird auf Zersiedlung und Verkehrsinfrastrukturausbau mit abnehmender Akzeptanz reagiert.

Umweltpolitisch ist die Verkehrsentwicklung bisher vor allem im Hinblick auf die Luftreinhaltung, das Waldsterben und den Klimaschutz diskutiert worden. Trotz zunehmender Verkehrsleistung wird bei der Trendabschätzung für Deutschland - durch die fast vollständige Ausstattung des Otto-Pkw-Bestandes mit geregelter Dreiweg-Katalysator, die Emissionsminderung bei dieselbetriebenen Fahrzeugen und bei Kraftwerken sowie durch weitere Maßnahmen - ein hoher Rückgang der Gesamtemissionen von Kohlenwasserstoffen, Schwefeldioxid und Kohlenmonoxid sowie eine etwa 30 %ige Reduktion der Stickstoffoxidemissionen erwartet. Der Rückgang der Stickstoffoxidemissionen wird dabei als nicht ausreichend betrachtet. Im Trendfall erhöhen sich aber vor allem die Kohlendioxidemissionen um fast 40 % (HÖPFNER et al. 1992, S. 302 f.). Demgegenüber sehen die Beschlüsse der Bundesregierung vor, die CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahr 2005 um 25 bis 30 % zu reduzieren (BMU 1992). Eine entsprechend große Aufmerksamkeit finden deshalb derzeit "Reduktions-Szenarien". Weitere Umweltbeeinträchtigungen gehen - wiederum in besonderem Maße beim Straßenverkehr - von dem Flächenverbrauch und der Beeinträchtigung von Landschaften und Lebensräumen aus.

Mit den potentiellen Grundwasserbelastungen aus dem Verkehrssektor wird damit nur ein Ausschnitt der Umweltwirkungen des Verkehrs untersucht. Andererseits folgt aus dem Komplex der angesprochenen Problembereiche, daß der vorsorgende Grundwasserschutz insbesondere auch bei den dringend erforderlichen, integrierten Konzeptionen zur Verkehrspolitik zu berücksichtigen ist (siehe Kapitel 5).

### 3. Belastungspfade

Von Verkehrsanlagen und vom Verkehr können auf vielfältige Weise Beeinträchtigungen des Grundwassers ausgehen. Eine schematische Darstellung der hauptsächlichsten Verkehrsemittenten (Stoffquellen) und der möglichen Wege der Stoffe bis hin zum Grundwasser gibt die Abbildung 3.

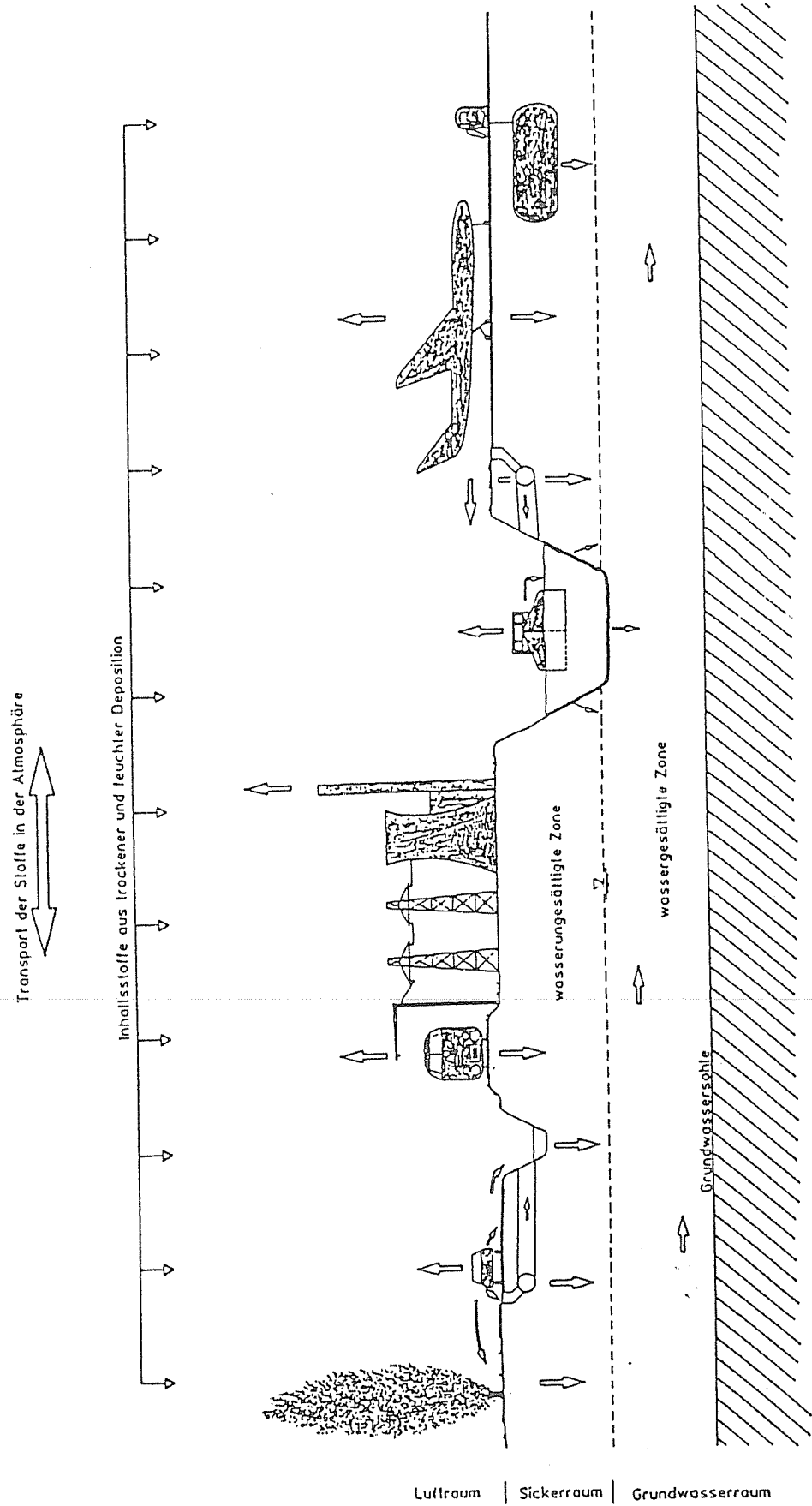
Eine Übersicht über die **Stoffquellen** - die Ausgangspunkte der Belastungspfade - wird zunächst in der Tabelle 3 gegeben (DVWK 1993, S. 11 ff.). Die wichtigsten Stoffquellen für Umweltbelastungen stellen die Antriebe der Fortbewegungsmittel, d.h. die Abgase von Motoren und Kraftwerken, dar. Hinzu kommen Tropfverluste, Emissionen der Bremsanlagen, der kraftübertragenden (Räder) und der beweglichen Bauteile (Schmierung) sowie die Korrosion. Gefährdungspotentiale für das Grundwasser können außerdem von der Erstellung der Verkehrswege, von Stoffen aus den Baumaterialien der Transportwege und von Unterhaltungsmaßnahmen ausgehen. Mit der Entwicklung des Straßenverkehrsnetzes und des Straßenverkehrs haben sich auch indirekte Stoffumsätze erheblich erhöht, wie in der Abbildung 4 anhand der Entwicklung des besonders grundwasserrelevanten Tausalzeinsatzes gezeigt wird. Die vom Verkehrssektor emittierten Stoffe werden über unterschiedliche Wege in der Umwelt transportiert. Die Stoffe unterliegen dabei verschiedenen Transport-, Anlagerungs-, Depotbildungs- und Abbauprozessen, die von vielen Faktoren abhängig sind.

#### *Luftpfad*

Ein großer Teil der durch den Verkehr emittierten Stoffe gelangt als Gas, Aerosol oder feiner Staub in die Luft und wird durch die Luftbewegung über große oder kleine Strecken in der **Atmosphäre** transportiert. Die Länge der Wege ist u.a. abhängig von der Windgeschwindigkeit sowie der Größe und Dichte der Partikel. Aus der Luft fallen Partikel bei Trockenwetter aus, und Partikel und Stoffe werden verstärkt bei Regenwetter ausgewaschen. Wenn nicht große Schadstoffemittenten in der Nähe sind, fallen die atmosphärischen Belastungen relativ gleichmäßig auf allen Flächen an (DVWK 1993, S. 93 f.). Für den Zustand von Gewässern und Grundwasser sind die folgenden Luftverunreinigungs-komponenten von besonderer Relevanz:

- oxidische Schwefel- und Stickstoffverbindungen,
- Schwermetalle, insbesondere blei- und cadmiumhaltige Stäube,
- naturfremde organische, insbesondere halogen-organische Verbindungen (DVWK 1993, S. 101).

Abb.3: Verkehrsbedingte Stoffquellen und Wege der Stoffe (DVWK 1993, S. 9)



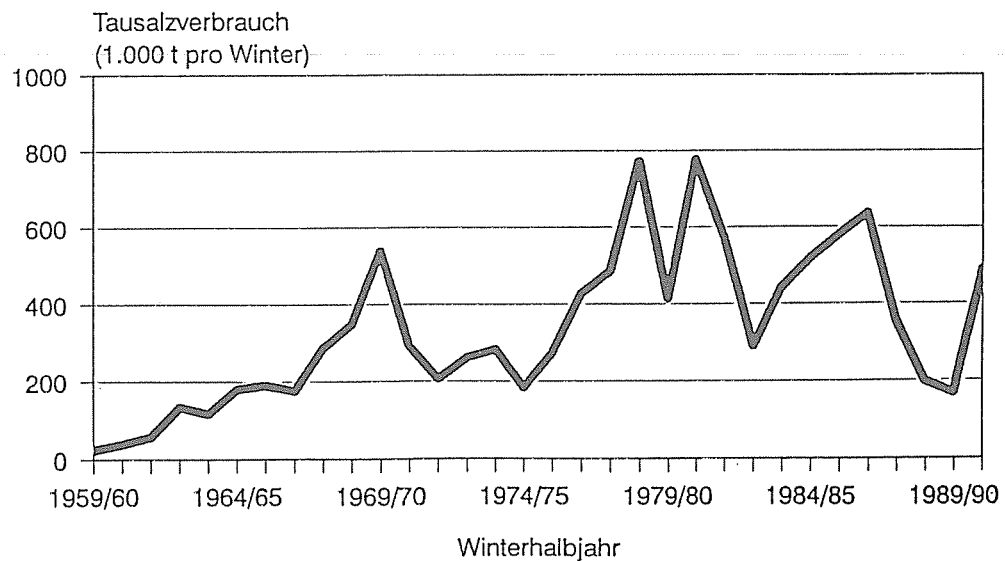
Tab. 3: Überblick über potentiell grundwasserrelevante Stoffquellen der verschiedenen Verkehrsträger

Stoffemissionen durch	Straßenverkehr	Schienenverkehr	Flugverkehr	Binnenschifffahrt
Antrieb (der Verkehrsmittel)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abgase der Motoren</li> <li>• Verdunstungs- und Verdampfungsverluste der Treibstoffe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abgase von Dieselmotoren</li> <li>• Abgase von Kraftwerken zur Bahnstromerzeugung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abgase der Kerosinverbrennung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abgase der Motoren</li> </ul>
Nutzung (der Verkehrsmittel)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tropfverluste</li> <li>• Bremsenabrieb</li> <li>• Reifenabrieb</li> <li>• Korrosion und Steinschlag</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tropfverluste</li> <li>• Bremsenabrieb</li> <li>• Fäkalien</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reifenabrieb</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Häusliche Abwässer</li> <li>• Hausmüll, Sonderabfälle</li> </ul>
Unterhaltung (der Verkehrsmittel)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tankstellen</li> <li>• Waschanlagen</li> <li>• Werkstätten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tankanlagen und Umfüllstellen</li> <li>• Fahrzeugausrüstungsanlagen</li> <li>• Bahnbetriebswerke</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lagerhaltung und Betankung</li> <li>• Instandhaltung der Flugzeuge</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Betankung</li> <li>• Altöl, Bilgenöl</li> <li>• Anstriche der Binnenschiffe</li> </ul>
Unterhaltung (der Verkehrswege)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Winterdienst</li> <li>• Fahrbahnmarkierungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufwuchsbeseitigung auf Gleisen (Herbizide)</li> <li>• Korrosionsschutz bei Stahlbauten</li> <li>• Schmiermittel für Weichen, Signale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Winterdienst</li> <li>• Unterhaltung der Grünflächen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baggertgut</li> </ul>
Baustoffe (der Verkehrswege)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abrieb der Fahrbahnbeläge</li> <li>• Fahrbahnmarkierungen</li> <li>• Geosynthetics</li> <li>• Sekundärstoffe</li> <li>• Injektionsmittel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abrieb von Schienen</li> <li>• Imprägnierung von Schwellen</li> <li>• Geosynthetics</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abrieb</li> <li>• Geosynthetics</li> <li>• Injektionsmittel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geosynthetics</li> <li>• Sekundärstoffe</li> <li>• Injektionsmittel</li> </ul>
Unfälle	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transportunfälle mit wassergefährdenden Stoffen, Feuerlöschmittel, Treibstoffe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transportunfälle mit wassergefährdenden Stoffen, Feuerlöschmittel, Treibstoffe</li> <li>• Altlasten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Feuerlöschmittel, Treibstoffe, Transportunfälle mit gefährlichen Stoffen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transportunfälle mit wassergefährdenden Stoffen, Treibstoffe</li> </ul>

Die Stickstoffemissionen des Verkehrs (insbesondere des Straßenverkehrs, siehe Kapitel 4.2.) sind zusammen mit denjenigen der Landwirtschaft (siehe Teilbericht I "Vorsorgestrategien zum Grundwasserschutz für den Bereich Landwirtschaft") maßgeblich am "sauren Regen" beteiligt. Stickoxide führen als Säurebildner über die Naß- und Trockendeposition zu Waldschäden und zur Versauerung von Böden und Gewässern. Die verschiedenen Bodenhorizonte bzw. Pufferbereiche des Bodens werden von den Säurebildnern zeitlich und räumlich nacheinander angegriffen. In Abhängigkeit von dem Puffervermögen des Bodens kann die Versauerungsfront den Boden passieren und über das Sickerwasser zum Quell- und Grundwasser vordringen.

Durch die Säure-Pufferungsvorgänge werden Bodeninhaltsstoffe mobilisiert (Nährstoffe, Aluminium, Schwermetalle, organische Stoffe). Infolge der pH-Wert-Verschiebungen werden biotische und abiotische Vorgänge im Boden und Grundwasser beeinflusst. Veränderungen der Bodenstruktur, der Bodenbesiedlung und der Grundwasserqualität sind die Folge. Die **durch die Versauerung mobilisierten Stoffe** können ins Grundwasser gelangen und sind ökologisch relevant sowie für die Trinkwasserversorgung von Bedeutung (pH-Wert, Aluminium, Schwermetalle) (vgl. TAB-Arbeitsbericht Nr. 10, Zwischenbericht zum Untersuchungsschwerpunkt "Vorsorgestrategien zum Schutz des Grundwassers im Verursacherbereich Landwirtschaft" - Langfassung, S. 39 ff.).

Abb. 4: Tausalzverbrauch in der Bundesrepublik Deutschland (Tausalzverbrauch pro Winter auf Bundesautobahnen und Bundesstraßen (in 1.000 t) (nach DVWK 1993, S. 26)

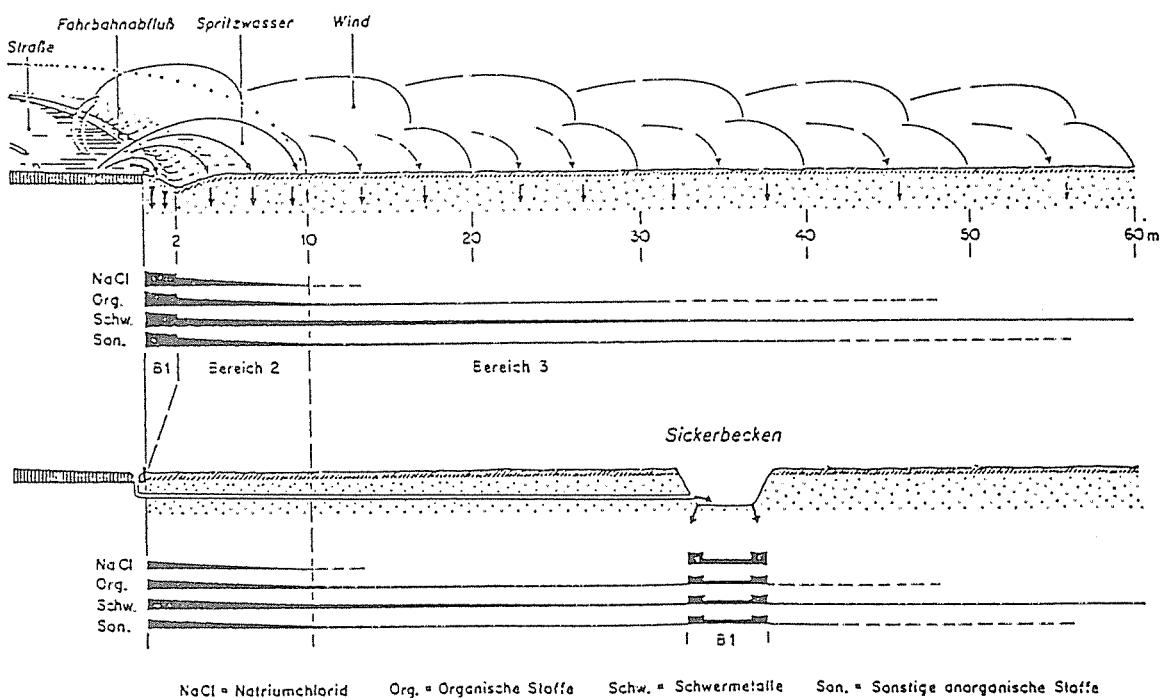




### Eintrag über verkehrswegenahe Oberflächen und Böden

Von besonderer Bedeutung sind die Oberflächen bzw. Böden im Nahbereich der Verkehrsflächen, da durch Transportvorgänge wie Windverdriftung, Spülung, Spritzwasserflug und kleinräumigen Transport durch die Luft Schadstoffe dort in erhöhtem Maße auftreten (DVWK 1993, S. 94). Wie die Abbildung 5 zeigt, treten die höchsten Belastungen direkt neben den Straßen im Bereich des Oberflächenabflusses bzw. in Straßenentwässerungen und Sickerbecken auf. Im Spritzwasserbereich von etwa 10 m sind die Belastungen noch hoch und nehmen dann graduell ab, so daß ein maximaler seitlicher Belastungsbereich von etwa 50 m besteht. Die Entstehung der verkehrsbedingten Belastungen ist beim Straßenverkehr eindeutig vom Verkehrsaufkommen der Straßen abhängig (DVWK 1993, S. 106). Die mittleren Belastungen der Straßenabflüsse liegen bei Cadmium etwas höher und bei polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK), Blei und Eisen zum Teil um den Faktor 10 höher als die Grenzwerte der Trinkwasserverordnung (DVWK 1993, S. 112). Hauptsächlich im Spritzwasserbereich reichern sich sowohl mobile als auch immobile Stoffe an, so daß dort der **Boden als Senke oder Zwischenlager** fungiert. Sie beeinflussen die Schutzgüter Boden und Wasser allerdings nur dort nachteilig und nachhaltig, wo sie zu erheblichen Abweichungen von natürlichen Stoffzusammensetzungen und zu bodenverändernden Prozessen führen oder direkt bzw. zeitverzögert in das Grundwasser gelangen können.

Abb. 5: Belastung von Böden und Grundwasser durch Straßen (DVWK 1993, S. 115)



Im Untergrund finden zahlreiche physikalische, chemische und biologische Reaktionen statt, die die **Transportvorgänge** wesentlich beeinflussen. Wichtig sind sowohl die Stoffeigenschaften als auch das Rückhalte- und Umwandlungsvermögen des Untergrundes. Gut wasserlösliche Stoffe können den Boden am schnellsten passieren (z.B. Auftaumittel im Winterdienst). Die größte Gefahr für das Grundwasser besteht dort, wo die Passage des bewachsenen und belebten Bodens kurz ist oder fehlt (z.B. bei Geländeeinschnitten von Verkehrswegen) und wo der Grundwasserleiter sehr große Durchlässigkeiten aufweist (z.B. Karst) (DVWK 1993, S: 97 ff.).

#### *Eintrag über den Austausch mit Oberflächengewässern*

In Oberflächengewässer können Schadstoffe über Atmosphäre, Böschungen, Gräben, Regenwasser-Kanalisationen, Infiltration von Sicker- und Grundwasser oder direkt von Binnenschiffen aus gelangen. Von Interesse bei den oberirdischen Gewässern ist im Zusammenhang dieses Teilberichtes ihr Vermögen, schadstoffbelastetes Wasser als **Sickerwasser** in den Untergrund oder **direkt ins Grundwasser** abzugeben (DVWK 1993, S. 96). Durch die wachsende Urbanisierung und Flächenversiegelung werden Vorfluter immer mehr zu 'Kanälen zur Ableitung von Abwasser' umfunktioniert. Dies gilt u.a. für die Einleitung von unbehandeltem Straßenabwasser aus der **Regenwasser-Kanalisation** in oberirdische Gewässer. Straßenabwässer werden teilweise auch innerhalb oder oberhalb der Grundwassereinzugsgebiete von Wasserwerken eingeleitet, wodurch eine Gefahr für das Trinkwasser besteht. Dies gilt zumindest für Straßen, die vor 1971 gebaut wurden. Danach waren entsprechende Regelwerke anzuwenden, nach denen die Straßenentwässerung so vorzunehmen ist, daß die Gewässer im Bereich von Wassergewinnungsgebieten gegen verkehrsbedingte Belastungen weitgehend geschützt werden (DVWK 1993, S. 95 f., S. 112).

## 4. Grundwassergefährdungspotentiale

Von allen Verkehrsträgern belastet der Straßenverkehr über den Luftpfad und über die verkehrswegenahen Flächen die Böden und damit potentiell das Grundwasser flächenmäßig am stärksten. Ursachen hierfür sind sein hoher Anteil an der Verkehrs- bzw. Transportleistung, seine Emittentenstruktur sowie die umfangreiche Ausdehnung des Straßennetzes (siehe Kapitel 2). Betroffen von den straßenverkehrsbedingten Schadstoffen sind insbesondere die Böden der Straßenrandbereiche sowie über die Einleitung der Fahrbahntwässerung entsprechende Oberflächengewässer. Neben der Belastung durch relativ ungehinderten Stofftransport bis ins Grundwasser (Taumittel) besteht für das Bodenwasser eine potentielle Gefahr durch die Schadstoffakkumulationen in Böden und Oberflächengewässersedimenten (DVWK 1993, S. 163). Weiterhin tragen die Stickoxidemissionen des Straßenverkehrs wesentlich zur Boden- und Grundwasserversauerung bei. Durch die Versauerung können eigentlich festgelegte Stoffe (z.B. Aluminium, Schwermetalle, auch verkehrsbedingte Schadstoffe) mobilisiert werden und bis ins Grundwasser gelangen. Im folgenden werden die wichtigsten Belastungen (im Hinblick auf das Grundwasser), die von den Verkehrsträgern ausgehen, dargestellt.

### 4.1. Verkehrswegebau

Die Neuanlage von Verkehrswegen hat Auswirkungen auf die Schutzgüter Boden und Wasser durch die gesamte Baustelleneinrichtung. Die Auswirkungen gehen aus vom Mutterbodenabtrag, den Erdbewegungen, dem Stoffaustrag während der Bauphase, den Untergrundverdichtungen, der Änderung der Verläufe von Oberflächengewässern, dem Grundwasserstau oder der Grundwasserabsenkung während und nach der Bauphase. Stoffliche Aspekte des Verkehrswegebaus werden im Teilbericht II "Vorsorgestrategien zum Grundwasserschutz für den Bauktor" angesprochen. Potentielle Grundwassergefährdungen können insbesondere von Sekundärstoffen, Injektionsmitteln und Geosynthetics ausgehen.

Die fertiggestellten Verkehrswege - hauptsächlich Straßen und Flughäfen - versiegeln Flächen. Bei der Entwässerung dieser Flächen ergibt sich das Problem, daß das abfließende Niederschlagswasser zeitweise stark mit verkehrsbedingten Stoffen verschmutzt ist. Als Reaktion darauf sind bei der Neuanlage und beim Umbau von Straßen in Wasserschutzgebieten mittlerweile bauliche Maßnahmen zum Schutz des Grundwassers zu ergreifen (DVWK 1993, S. 205) (siehe Kapitel 5.2.1.).

#### 4.2. Antrieb der Verkehrsmittel

Der Verkehrssektor ist wesentlich an der Emission wichtiger Luftschadstoffe beteiligt. Dabei entfällt wiederum der größte Anteil auf den Straßenverkehr (siehe Tabelle 4). Seit Ende der 80er Jahre haben sich durch die Einführung schadstoffreduzierter Pkw die Emissionen von Einzelfahrzeugen reduziert. Durch die gestiegenen Verkehrsleistungen wurde dies allerdings kompensiert, so daß die **Gesamtemissionen** in etwa konstant geblieben sind. In absoluten Zahlen betragen 1988 in Deutschland (Bundesrepublik Deutschland und DDR) die Emissionen des Verkehrssektors bei den Stickstoffoxiden 1.960.000 t/a, beim Schwefeldioxid 259.000 t/a, bei den Kohlenwasserstoffen 1.730.000 t/a und beim Kohlenmonoxid 7.540.000 t/a (HÖPFNER et al. 1992, S. 296). Für die Zukunft wird erwartet, daß es insbesondere durch Emissionsminderungsmaßnahmen bei den Straßenfahrzeugen und durch Veränderungen der Verkehrsleistungen bis zum Jahr 2005 (unter Trendbedingungen, Bezugsjahr 1988) zu einer Reduktion der Schwefeldioxid- und der Kohlenwasserstoffemissionen um rund 70 %, der Kohlenmonoxidemissionen um rund 60 % und der Emission von Stickstoffoxiden von rund 30 % kommt (HÖPFNER et al. 1992, S. 303).

Tab. 4: Anteil des Verkehrs und des Straßenverkehrs an der Gesamtemission von Luftschadstoffen im Jahre 1990 (in %) (BMU 1993)

	alte Bundesländer	neue Bundesländer	Deutschland
<b>Stickoxide</b>			
◦ Straßenverkehr	63,5	28,6	56,7
◦ Verkehr gesamt	73,2	43,3	67,2
<b>Kohlenwasserstoffe</b>			
◦ Straßenverkehr	47,1	67,3	53,2
◦ Verkehr gesamt	50,4	68,1	57,0
<b>Kohlenmonoxid</b>			
◦ Straßenverkehr	71,3	31,6	58,8
◦ Verkehr gesamt	74,7	33,7	61,3
<b>Kohlendioxid</b>			
◦ Straßenverkehr	18,6	6,0	14,9
◦ Verkehr gesamt	23,7	8,3	19,1

Im Hinblick auf den Beitrag der **Stickoxidemissionen** zum Treibhauseffekt und zum "sauren Regen" sind die erwarteten Reduktionen nicht ausreichend. Die Enquête-Kommission "Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre" des 11. Deutschen Bundestages hatte z.B. empfohlen, die Stickstoffoxidemissionen um mindestens 50 % zu vermindern (ENQUETE-KOMMISSION 1990, S. 61). Im vorherigen Kapitel ist schon kurz dargestellt worden, daß insbesondere die für den Verkehrssektor wichtigen Stickoxidemissionen über den Luftpfad zur Boden- und Gewässerversauerung beitragen. Die Grundwassergefährdungspotentiale über den Luftpfad werden ausführlicher im Teilbericht I "Vorsorgestrategien zum Grundwasserschutz für den Bereich Landwirtschaft" diskutiert.

#### 4.3. Nutzung und Unterhaltung von Verkehrsmitteln und Verkehrswegen

Sehr verkehrsspezifische, potentielle Grundwassergefährdungen entstehen bei der Nutzung und Unterhaltung der Verkehrsmittel sowie bei der Unterhaltung der Verkehrswege (vgl. Tabelle 3).

##### *Straßenverkehr*

Im Bereich stark befahrener Straßen enthalten die Böden durch die Akkumulation von Schwermetallen und Kohlenwasserstoffen in den oberflächennahen Bereichen ein hohes Schadstoffpotential. Der DVWK hat anhand der Gesamtlänge des überörtlichen Straßennetzes, den Straßenkategorien und der Straßennutzung (durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke) abgeschätzt, welche Flächen entlang der Straßen stark belastet sind. So wurde eine **Gesamtfläche mit hochgradiger Belastung** durch den Straßenverkehr von 50,25 km<sup>2</sup> ermittelt. Für diese Fläche kann erwartet werden, daß Grenzwerte für Bodensanierungen überschritten sind. Der Boden dieser Flächen ist in den oberen 10 cm am stärksten belastet. Damit ergibt sich ein hochgradig belastetes Bodenvolumen von über 5 Mio. m<sup>3</sup>. Dieses Volumen entspricht der Fläche von nahezu 72 Fußballfeldern mit einer Bodenaufgabe von 10 m Höhe (DVWK 1993, S. 153).

Die insgesamt parallel zu den Straßen beeinflusste Bodenfläche ist bedeutend größer. Für die alten Bundesländer wird die **belastete Fläche** auf über 2.300 km<sup>2</sup> Größe geschätzt, dies entspricht einem Anteil von 0,93 % an der Gesamtfläche. Die Belastung dieser Flächen ist nach derzeitigem Kenntnisstand in den meisten Fällen tolerierbar, da das mobile Schadstoffpotential dieser Böden sehr gering ist. Schwermetalle und Kohlenwasserstoffe werden in ihnen akkumuliert und bilden Depots. Eine Beeinflussung der Grundwasserqualität ist allerdings bei puffer-

schwachen Böden und bei starken Milieuveränderungen im Untergrund möglich (DVWK 1993, S. 153, S. 207). Solche Milieuveränderungen können beispielsweise durch saure Niederschläge, in Abhängigkeit von den Bodenverhältnissen, ausgelöst werden, so daß die in den Bodendepots festgelegten Schadstoffe dann wieder mobilisiert werden können.

Die bisher am häufigsten festgestellten Grundwasserverunreinigungen durch den Straßenverkehr sind von im Winterdienst eingesetzten Taumitteln verursacht worden. Die sehr gut wasserlöslichen Tausalze gelangen direkt oder nach einer nur zeitweisen Rückhaltung im Boden mit dem Sickerwasser ins Grundwasser. Außerdem treten an Tankstellen und durch Straßenunfälle örtliche Belastungen des Grundwassers mit Mineralölprodukten auf.

### *Schienenverkehr*

Im Vergleich zum Straßenverkehr ist die Informationssituation über Umweltbelastungen im Schienenverkehr schlecht. Dieser Bereich ist bisher weniger untersucht worden, da von den Deutschen Bahnen bisher die relevanten Daten nicht in ausreichendem Maße zu erhalten waren (DVWK 1993, S. 208).

Von der Unkrautbekämpfung an Gleisen gehen im Bereich Schienenverkehr die größten Gefährdungen für das Grundwasser aus. Die Deutsche Bundesbahn ließ 1990 356 t chemischer Unkrautvernichtungsmittel bzw. 239 t Wirkstoffe ausbringen. Die Aufwuchsbeseitigung ist aus Gründen der Sicherheit der Fahrwege, der Unfallverhütung und der Funktionsfähigkeit des Gleisoberbaues notwendig. Der Herbizideinsatz liegt bei etwa 11 kg/ha Gleisanlage bzw. rund 5 kg/km Gleislänge. Diese Aufwandmengen liegen um etwa das 5-fache höher als bei Anwendungen durch die Landwirtschaft. Grundwasserverunreinigungen, die auf den Herbizideinsatz im Schienenverkehr (insbesondere Bromacil und Hexazinon) zurückgehen, sind wiederholt nachgewiesen worden. Alternative Technologien zur Aufwuchsbeseitigung auf den Gleisanlagen werden mittlerweile erprobt. Weitere Ansätze stellen bautechnische Maßnahmen an den Gleisen und Versuche mit einem Minimaleinsatz von Herbiziden dar (ÖKOLOGISCHE BRIEFE 1991; DVWK 1993, S. 51, S. 130 f., S. 208 f.).

Bezüglich des Austrages von Fäkalien auf den Gleisanlagen liegen keine Untersuchungen vor, die sich mit der Beeinflussung des Grundwassers beschäftigen. Vermutlich werden diese Stoffe an der Geländeoberfläche und im Gleisschotterbett abgebaut. Angaben darüber, inwieweit der Fäkalienaustrag durch den Dün-

gereffekt den Aufwuchsbekämpfungsmaßnahmen entgegenwirkt, gibt es ebenfalls nicht (DVWK 1993, S. 208 f.).

Untersuchungen hinsichtlich des Auswaschverhaltens von imprägnierten Hölzern geben an, daß die in den Imprägniermitteln enthaltenen Phenole nur in sehr geringen Konzentrationen gelöst werden. Entsprechende Versuche über die jahrzehntelang vorgenommene Holz(nach)-**Imprägnierung der Bahnschwellen** wurden nicht gefunden (DVWK 1993, S. 209).

Grundwassergefährdungen können schließlich noch von **Altlasten** im Bahnbereich (Gleisnetz, Betriebswerke, Ausbesserungswerke, Waschanlagen, Tankanlagen, Holzimprägnierwerke) und **Dieselloktankstellen** ausgehen. Im Bereich der Tankstellen sind bis in das Grundwasser reichende Verunreinigungen mit Mineralölen festgestellt worden (DVWK 1993, S. 209). Die stoffliche Relevanz von Eisenbahnaltlasten ist unbestritten. So sind z.B. auf großen Teilen des 72.000 km langen Gleisnetzes (alte Bundesländer, Stand 1962) Schwellen mit PCP-haltigen Teerölen imprägniert worden. Treibstoffe (Kohle und Diesel), Öle, Reinigungsmittel und andere (beispielsweise schwermetallhaltige) Betriebsstoffe dürften vielerorts zu Bodenkontaminationen geführt haben. Unkalkulierbar sind die Bodenverunreinigungen durch Leckagen und Unfälle beim Transport und Umschlag gefährlicher Güter, gerade auch während des Zweiten Weltkrieges (NICKLAUSS et al. 1989, zit. nach ÖKOLOGISCHE BRIEFE 1989). Erfassung, Untersuchung und Sanierung der Flächen obliegen bisher nach dem Bundesbahngesetz der privilegierten Deutschen Bundesbahn. Die Altlasten im Bahnbereich werden infolge von Privatisierung und Regionalisierung der Bahn zukünftig voraussichtlich eine verstärkte Aufmerksamkeit finden.

### *Luftverkehr*

Der **oberflächennahe Boden** an den Rändern der Start- und Landebahnen von Flughäfen ist deutlich belastet. Die Verunreinigungen bestehen hauptsächlich aus organischen Verbindungen (Gummiabrieb, bitumenartige Stoffe und polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) mit dem Hauptanteil Fluoranthen), Cadmium, Zink und Stickstoffverbindungen. Die Belastungen sind allerdings geringer als an den Bundesfernstraßen (DVWK 1993, S. 136).

Festgestellte **Grundwasserverunreinigungen** durch Nitrat und Ammonium gehen auf die im Winterdienst eingesetzten stickstoffhaltigen Auftaumittel zurück. Potentielle Grundwassergefährdungen bestehen außerdem durch die Betankungsanlagen. Bei der weiträumigen Ausdehnung des unterirdischen Pipeline-

Systems stellen mögliche Leckagen ein besonderes Risiko dar. Da das gesamte System unter erhöhtem Druck steht, kann bei Undichtigkeiten innerhalb kurzer Zeit viel Kraftstoff auslaufen. Grundwasserbelastungen im Bereich von Flughäfen (durch Nitrat, Kerosin, CKW) sind häufig größer als im Bereich der Straßen. Über Militärflugplätze liegen derzeit noch relativ wenige Informationen vor. Aufgegebene Militärflugplätze fallen in den Bereich der Rüstungsaltslasten. Verkehrsflughäfen und Militärflugplätze sind insbesondere wegen der hohen benötigten Kraftstoffmengen und anderer Betriebsmittel als besonders gefährdend für das Grundwasser einzustufen. Auf Verkehrsflughäfen werden in zunehmenden Maße umweltfreundlichere Verfahren und Mittel im Winterdienst und bei der Grünflächendüngung eingesetzt (DVWK 1993, S. 136 ff., S. 210).

### *Binnenschifffahrt*

Die natürlichen und künstlich angelegten Binnenwasserstraßen können durch Wasseraustausch mit dem Grundwasser dieses in seiner Qualität und Quantität beeinflussen. Insgesamt ist die Binnenschifffahrt als Verschmutzer der Oberflächengewässer nur als zweitrangig einzustufen.

Da die Abfall- und Abwasserentsorgung der Binnenschiffe oft unzureichend gelöst ist, kann angenommen werden, daß derartige Stoffe zum Teil auch in die Wasserstraßen gelangen. Ferner bewirken Außenbordmotoren mit Gemischschmierung und Unterwasserauspuß erhebliche Stoffeinträge in Oberflächengewässer.

Obwohl die Stoffbelastung des an Land deponierten Baggergutes nicht hauptsächlich von der Binnenschifffahrt stammt, kann sie trotzdem als Verursacher der daraus entstehenden Belastungen angesprochen werden, da das Baggergut zum Zweck der Aufrechterhaltung des Verkehrs aus den Wasserstraßen entnommen wird. Aus den Bundeswasserstraßen und Häfen der Tide- und Küstengewässer werden im Jahresdurchschnitt rund 50 Mio m<sup>3</sup> gebaggert, bei den Bundeswasserstraßen im Binnenbereich fallen etwa 2 Mio m<sup>3</sup> Baggergut an. Soweit als möglich werden Umlagerungen im Gewässer vorgenommen. Sand und Kies werden als Baustoffe genutzt. Nur Baggergut, bei dem die Grenzwerte der Klärschlammverordnung überschritten werden, soll deponiert werden. Baggergutdeponien bzw. Spülfelder bestehen in der Regel aus hoch belastetem Schlamm, der sowohl mobile als auch akkumulierte Stoffe enthält. Problematisch hinsichtlich des Stoffgehaltes sind das Spülfeldablaufwasser und das Sickerwasser. Derartige Depo-nien müssen gegen das Grundwasser abgedichtet sein und sollten eine Drainage zur Ableitung des Sickerwassers besitzen (DVWK 1993, S. 211 f.; vgl. BUNDESREGIERUNG 1988).



#### 4.4. Unfälle

In den vorherigen Abschnitten sind die Grundwassergefährdungspotentiale der Verkehrswege, ihrer Unterhaltung und ordnungsgemäßen Nutzung behandelt worden. Dem Verkehrssektor sind weiterhin die Grundwassergefährdungen zuzurechnen, die von Unfällen auf den Verkehrswegen ausgehen. Neben Treibstoffen und Öl (der Fahrzeuge) sowie Löschmitteln sind dabei die transportierten Güter von besonderer Bedeutung.

Ein "Unfall" läßt sich generell als ein Ereignis mit unbeabsichtigtem Personen- oder Sachschaden, der das Funktionieren des entsprechenden Systems beeinträchtigt, definieren (vgl. PERROW 1989, S. 96 ff.)<sup>2</sup>. Unfälle können beim Herstellen, Lagern, Abfüllen, Verarbeiten, Verwenden und Transportieren - in Abhängigkeit von Stoffeigenschaften und Unfallgeschehen - Grundwassergefährdungen auslösen. Relevant für Unfälle außerhalb des Verkehrsbereichs sind im Hinblick auf das Inverkehrbringen und den Umgang die Definition gefährlicher Stoffe und Zubereitungen im Chemikaliengesetz (und in der Gefahrstoffverordnung) und im Hinblick auf die Sicherheit von Anlagen die Regelungen von Gewerbeordnung (überwachungsbedürftige Anlagen) und Bundesimmissionsschutzgesetz (Störfallverordnung). Viele gefährliche Stoffe und Zubereitungen haben auch ein Grundwassergefährdungspotential (Fragen der Grundwassergefährdungspotentiale dieser Stoffe und Zubereitungen bei insbesondere bestimmungsgemäßer Verwendung werden im Teilbericht II "Vorsorgestrategien zum Grundwasserschutz im Bausektor" behandelt). Die Begriffsbestimmung gefährlicher Stoffe und Zubereitungen nach dem Chemikaliengesetz wird auf der nächsten Seite referiert.

Neben den stoffbezogenen Regelungen werden parallel dazu im medienbezogenen Recht wassergefährdende Stoffe erfaßt. Das Wasserhaushaltsgesetz trifft Regelungen für den Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und für ihren Transport in Rohrleitungsanlagen. Die entsprechenden Vorschriften gelten nicht für Transporte mit allen anderen Verkehrsträgern (außerhalb des Werksgeländes).

---

<sup>2</sup> Ein Störfall ist nach der Begriffsbestimmung der Störfallverordnung (12. BImSchV) ein größerer Unfall, durch den eine "Gemeingefahr" hervorgerufen wird (§ 2 Abs. 1).

**Gefährliche Stoffe und Zubereitungen sind:**

1. explosionsgefährlich,
2. brandfördernd,
3. hochentzündlich,
4. leichtentzündlich,
5. entzündlich,
6. sehr giftig,
7. giftig,
8. mindergiftig,
9. ätzend,
10. reizend,
11. sensibilisierend,
12. krebserzeugend,
13. fruchtschädigend,
14. erbgutverändernd,
15. sonstige chronisch schädigende Eigenschaften besitzend oder
16. umweltgefährlich

(nach § 3a Chemikaliengesetz).

**Wassergefährdende Stoffe** sind feste, flüssige und gasförmige Stoffe, insbesondere

- Säuren, Laugen,
- Alkalimetalle, Siliciumlegierungen (mit über 30 % Silicium), metallorganische Verbindungen, Halogene, Säurehalogenide, Metallcarbonyle und Bleisalze,
- Mineral- und Teeröle sowie deren Produkte,
- flüssige sowie wasserlösliche Kohlenwasserstoffe, Alkohole, Aldehyde, Ketone, Ester, halogen-, stickstoff- und schwefelhaltige organische Verbindungen,
- Gifte, sowie
- Rohöle, Benzine, Diesel-Kraftstoffe und Heizöle,

die geeignet sind, nachhaltig die physikalische, chemische oder biologische Beschaffenheit des Wassers nachteilig zu verändern (nach § 19a Abs. 2 und § 19g Abs. 5 Wasserhaushaltsgesetz).

Ob mit der Einstufung in Wassergefährdungsklassen schon die Grundwassergefährdung ausreichend erfaßt ist, wird allerdings bezweifelt (siehe Teilbericht II "Vorsorgestrategien zum Grundwasserschutz für den Bausektor").

Der Transport gefährlicher Güter im Straßen-, Schienen-, Luftverkehr und in der Binnenschifffahrt ist durch das Gefahrgutgesetz geregelt. Gefährliche Güter sind danach Stoffe oder Gegenstände, von denen im Zusammenhang mit ihrer Beförderung Gefahren für die öffentliche Sicherheit und Ordnung, insbesondere für die Allgemeinheit, für wichtige Gemeingüter, für Leben und Gesundheit von Menschen sowie für Tiere und andere Sachen ausgehen können. Mittelbar können sich dabei Schutzaspekte für Wasser ergeben. Die gefährlichen Güter werden in den jeweiligen Verordnungen (Gefahrgutverordnung Straße, Gefahrgutverordnung Eisenbahn, Gefahrgutverordnung Binnenschifffahrt, Gefahrgutverordnung See, LuftVG) klassifiziert (POHLE 1991, S. 50). Diese Klassifizierung weicht wiederum etwas vom Chemikalienrecht ab.

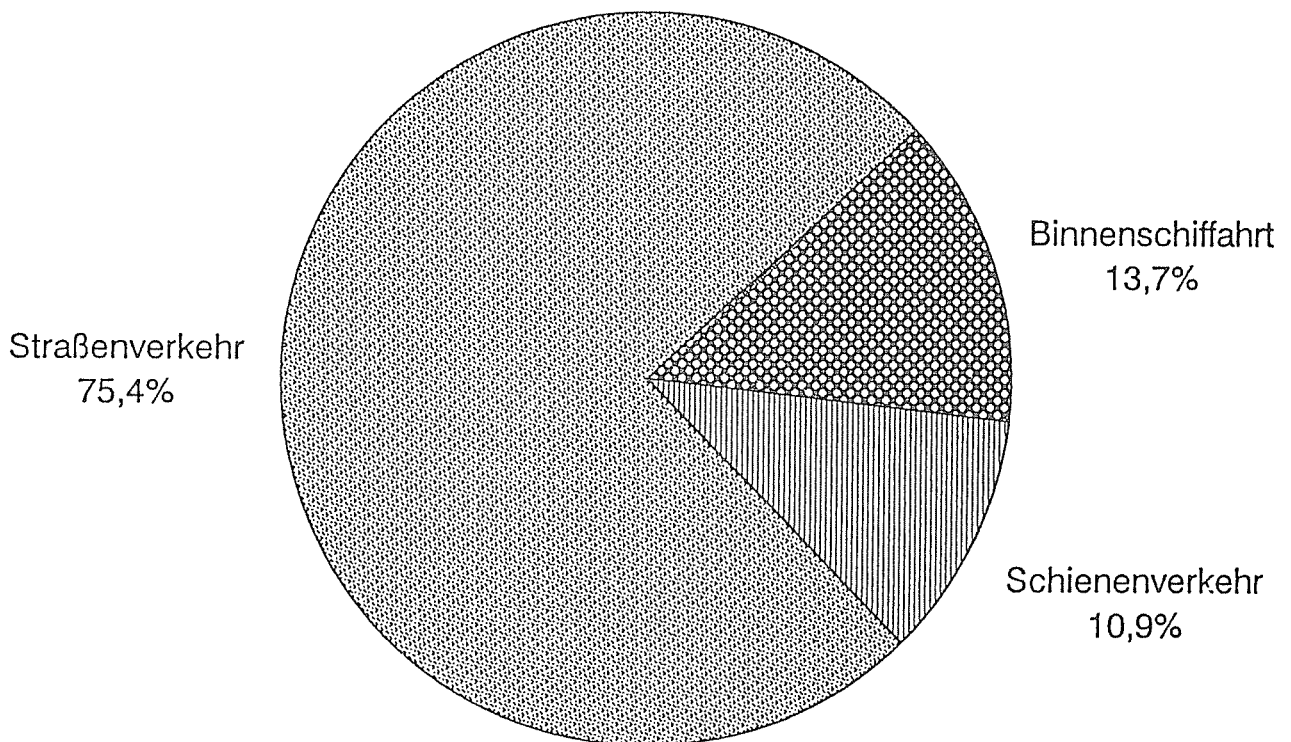
#### **Gefährliche Güter im Verkehr werden eingeteilt in die Klassen**

- 1a explosive Stoffe und Gegenstände,
- 1b mit explosiven Stoffen geladene Gegenstände,
- 1c Zündwaren, Feuerwerkskörper und ähnliche Güter,
- 2 verdichtete, verflüssigte oder unter Druck gelöste Gase,
- 3 entzündbare flüssige Stoffe,
- 4.1 entzündbare feste Stoffe,
- 4.2 selbstentzündliche Stoffe,
- 4.3 Stoffe, die in Berührung mit Wasser entzündliche Gase entwickeln,
- 5.1 entzündend (oxydierend) wirkende Stoffe,
- 5.2 organische Peroxide,
- 6.1 giftige Stoffe,
- 6.2 ekelerregende oder ansteckungsgefährliche Stoffe,
- 7 radioaktive Stoffe,
- 8 ätzende Stoffe,
- 9 sonstige gefährliche Stoffe und Gegenstände

(nach Gefahrgutverordnung Straße (GGVS) und Europäischem Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf Binnenwasserstraßen (ADN)).

Rund dreiviertel aller gefährlicher Güter werden auf der Straße transportiert (siehe Abbildung 6). Davon entfällt wiederum der größte Teil auf den Straßengüterverkehr. Beim Transport gefährlicher Güter dominiert die Klasse der entzündbaren flüssigen Stoffe (rund 73 % in den alten Bundesländern 1986), gefolgt von den verdichteten, verflüssigten oder unter Druck gelösten Gasen und den ätzenden Stoffen (rund 9 bzw. 8 %, nach BMV 1992, S. 248).

Abb. 6: Transport gefährlicher Güter nach Verkehrsbereichen (Anteil am Gefahrguttransport 1990 in den alten Bundesländern, nach BMV 1992, S. 246)



Bei den Unfällen werden die Unfälle mit wassergefährdenden Stoffen erfaßt. Die Statistik unterscheidet zwischen Unfällen bei der Lagerung und beim Transport (STATISTISCHES BUNDESAMT 1993). Unfälle mit wassergefährdenden Stoffen stellen aktuelle Schadensfälle dar, die neben Altlasten relevant für Grundwasseranierungen sind (siehe Teilbericht IV "Grundwasseranierung"). Hier wird nur auf die Transportunfälle näher eingegangen. Die meisten Transportunfälle entfallen mit rund 70 % auf den Straßenverkehr (siehe Abbildung 7). Zu beachten ist, daß das Transportaufkommen von Gefahrgütern und die Unfälle mit wasserge-

fährdenden Stoffen nicht direkt vergleichbar sind. Von den Größenordnungen her kann aber trotzdem die Schlußfolgerung gezogen werden, daß ein ursächlicher Zusammenhang zwischen Verkehrsaufkommen und Unfallhäufigkeit besteht. Das ausgelaufene Volumen lag 1991 bei den Unfällen im Straßen- und Schienenverkehr etwa gleich hoch. Die Jahre zuvor betrug das ausgelaufene Volumen im Schienenverkehr allerdings nur rund ein Zehntel. Relativ hohe ausgelaufene Volumina entfallen außerdem noch auf den Rohrleitungstransport (STATISTISCHES BUNDESAMT 1993, S. 20). Die Abbildung 8 gibt einen Überblick über die hauptsächlich an den Transportunfällen beteiligten Stoffarten. Bei über 50 % aller Transportunfälle wurde 1991 durch die ausgelaufenen Stoffe der Boden bzw. bei jedem dritten Unfall ein Gewässer verunreinigt (Abbildung 9). In 10 Fällen waren Wasserversorgungseinrichtungen unmittelbar betroffen (STATISTISCHES BUNDESAMT 1993, S. 21).

Abb. 7: Transportunfälle mit wassergefährdenden Stoffen nach Verkehrsbereichen (Anzahl der Transportunfälle 1991 in den alten Bundesländern, nach STATISTISCHES BUNDESAMT 1993, S. 20)

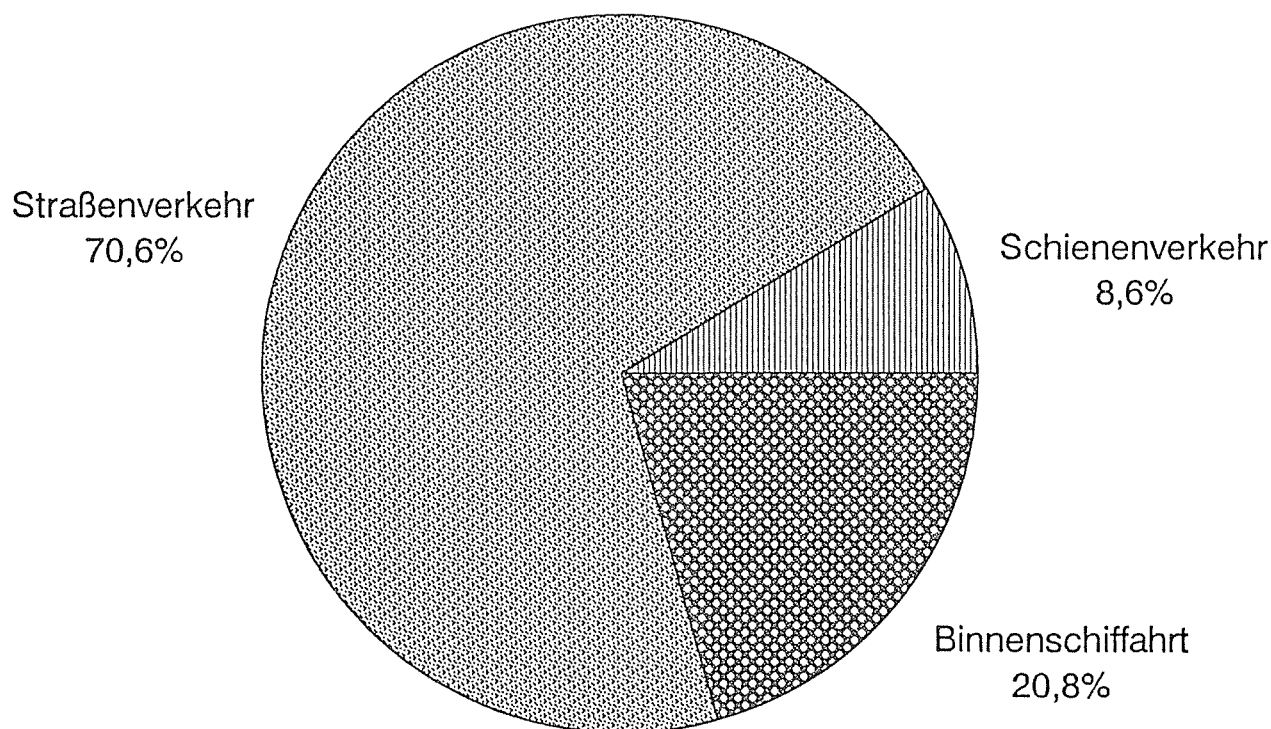


Abb. 8: Stoffarten bei Transportunfällen mit wassergefährdenden Stoffen (ausgelaufenes Volumen 1991 in den alten Bundesländern in m<sup>3</sup>, nach STATISTISCHES BUNDESAMT 1993, S. 19)

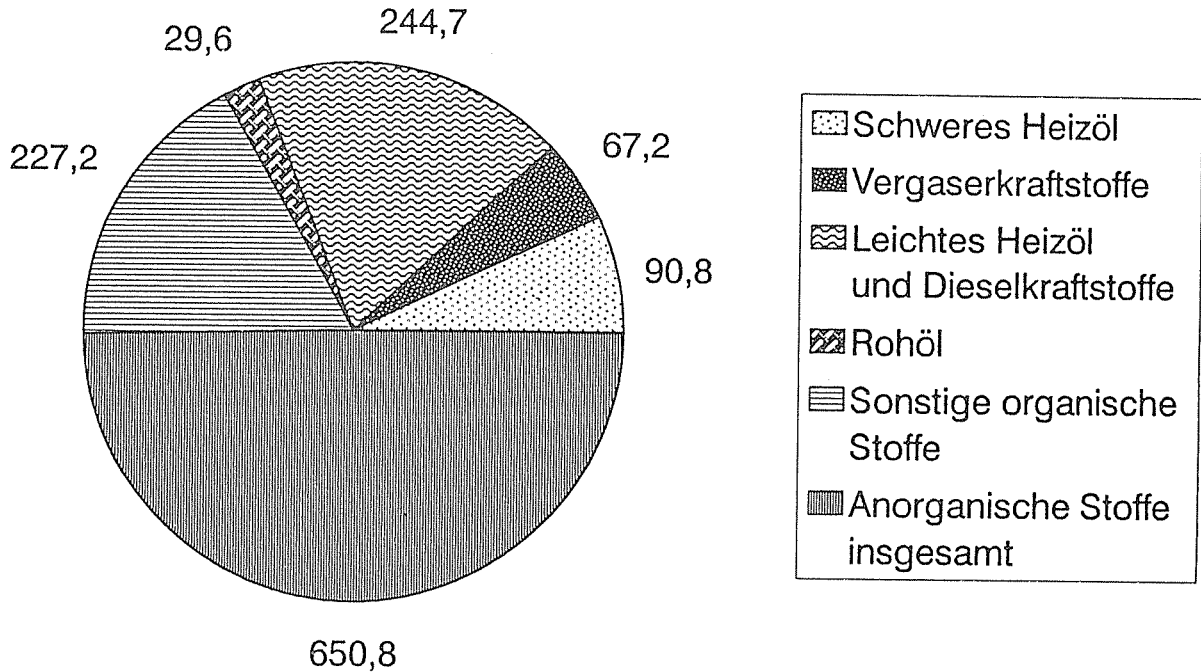
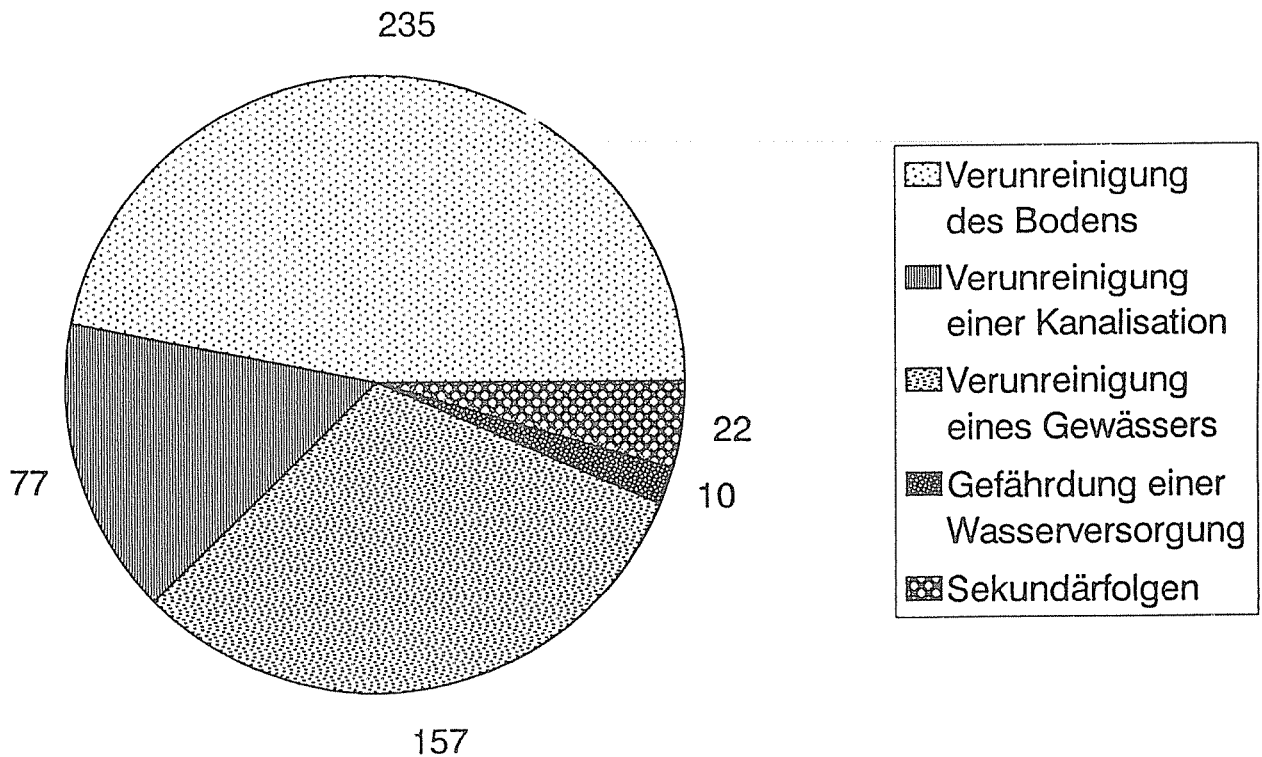


Abb. 9: Folgen von Transportunfällen mit wassergefährdenden Stoffen (Anzahl der Unfälle 1991 in den alten Bundesländern, nach STATISTISCHES BUNDESAMT 1993, S. 21)



Der Transport wassergefährdender Stoffe stellt ein erhebliches Gefährdungspotential dar. Rund 10 % des Güterverkehrs sind Gefahrguttransporte. Damit werden auch sehr große Mengen wassergefährdender Stoffe transportiert. Bei Unfällen können sie entsprechend ihrer Mobilität und den Bodenverhältnissen mehr oder weniger schnell ins Grundwasser gelangen. Transportunfälle sowie in deren Folge Boden- und/oder Gewässerbelastungen werden auch in Zukunft nicht zu vermeiden sein (DVWK 1993, S. 193, S. 213). Nicht überall können vorbeugende Schutzmaßnahmen an den Verkehrswegen vorgenommen werden. Dementsprechend kommt der Risikominderung beim Transport eine hohe Bedeutung zu. Wichtige Einflußgrößen sind dabei die Transparenz, Zweckmäßigkeit und Anwendbarkeit der Regelwerke, die Überwachung von Gefahrguttransporten, die Ausbildung und Arbeitsbedingungen der Durchführenden (insbesondere Fahrzeugführer) sowie die Wahl des sichersten Verkehrsträgers.

## 5. Handlungsfelder

Problemstellungen und Handlungsmöglichkeiten für den Verkehrsbereich werden für den Deutschen Bundestag intensiv bearbeitet, zum einen von der Enquête-Kommission "Schutz der Erdatmosphäre" im Hinblick auf die klimarelevanten Emissionen und zum anderen von der Enquête-Kommission "Schutz des Menschen und der Umwelt" im Hinblick auf Stoffkreisläufe im Bedürfnisfeld Mobilität. Außerdem hat der Ausschuß für Forschung, Technologie und Technikfolgenabschätzung des Deutschen Bundestages mittlerweile das TAB beauftragt, ein TA-Projekt zum Thema "Entwicklung und Analyse von Optionen zur Entlastung des Verkehrsnetzes und zur Verlagerung des Straßenverkehrs auf umweltfreundlichere Verkehrsträger" durchzuführen.

Die Grundwassergefährdungspotentiale des Verkehrssektors sind in vielen Fällen eng mit anderen Umweltwirkungen des Verkehrs verknüpft. Für einen vorsorgenden Grundwasserschutz kommen daher im Verkehrsbereich nicht nur grundwasserspezifische Maßnahmen in Betracht. Vielmehr könnten integrierte Konzeptionen für eine umweltverträglichere Verkehrsgestaltung indirekt auch eine erhebliche Verminderung verkehrsbedingter Grundwassergefährdungspotentiale bewirken. Solche Konzeptionen, die die gesamte Problemkonstellation (siehe Kapitel 2) im Auge haben, können hier weder entwickelt noch auf ihre Folgen untersucht werden. Dies ist Untersuchungsgegenstand der oben genannten Projekte.

In diesem Kapitel wird zwischen Handlungsfeldern mit indirektem und direktem Bezug zum Grundwasserschutz unterschieden. Einen indirekten Bezug zum Grundwasserschutz haben vor allem Maßnahmen im Bereich der Verkehrsvermeidung, der Verkehrsminderung, der Verkehrsverlagerung sowie der Abgas-Emissionsminderung an den Fahrzeugen. Für diesen Bereich wird nur ein erster Einblick in die vielfach diskutierten Handlungsmöglichkeiten gegeben.

### 5.1. Indirekte Handlungsfelder - Verkehrsvermeidung, Verkehrsminderung, Verkehrsverlagerung

Eine grundsätzliche Entscheidungsebene für den Verkehrssektor ist, wie die zukünftige Grundtendenz der Verkehrsentwicklung aussehen soll. Hierbei stehen die Verknüpfungen von siedlungs- und raumstrukturellen Gegebenheiten (Flächennutzung) und Verkehr im Mittelpunkt, die die Nachfrageseite der Verkehrsentwicklung stark bestimmen. Die Zielvorstellungen und Leitbilder reichen von



der Notwendigkeit eines weiteren (emissionsreduzierten) Verkehrswachstums bis zu einer Reduzierung der Verkehrserfordernisse. **Verkehrsvermeidung** zielt auf das Nichtentstehen von Verkehrsleistungen. Es geht dabei nicht um Mobilitätsverzicht, sondern um die Reduzierung von (Verkehrs-)Entfernungen. Zur Umsetzung werden Maßnahmen im Bereich der Siedlungsplanung und Raumordnung ('Stadt der kurzen Wege' - Veränderungen der erzwungenen Mobilität) und der Verhaltensweisen (Lebensstile und Mobilitätsbedürfnisse - Veränderungen der freiwilligen Mobilität) diskutiert. Veränderungen der Flächennutzung müssten dabei vor allem in die Richtung verdichteter Siedlungsformen (weniger Zersiedlung), multifunktionaler Nutzungen (mehr durchmischte Flächennutzung), verbesserter Nahversorgung und redimensionierter Verkehrsräume (Rückbau von Straßen, Anpassung des motorisierten Straßenverkehrs an die gewünschte Flächennutzung) zielen und sind nur langfristig wirksam. Indirekte Einwirkungen können über die Kosten des Verkehrs und das Verkehrsangebot erfolgen.

Diverse verkehrspolitische Maßnahmenbündel werden diskutiert, um **Verkehrsminderungen** und **Verkehrsverlagerungen** zu erreichen. Die möglichen Instrumente lassen sich den Bereichen Investitionspolitik, Preispolitik, Ordnungspolitik, Organisation und Veränderungen der Einstellungen zuordnen. In den Bereich der **Investitionspolitik** fallen Maßnahmen, die auf eine Verminderung bzw. Verlagerung von Verkehr zielen. Exemplarisch können für dieses Handlungsfeld folgende Maßnahmen genannt werden:

zwischen den Verkehrsbereichen:

- eine deutliche Verschiebung der Investitionsmittel von der Straße zur Schiene,
- Ausbau (und Attraktivitätssteigerung) des öffentlichen Personennahverkehrs;

beim Straßenverkehr:

- die Optimierung der Netzstruktur,
- die Verringerung der Flächeninanspruchnahme beim Straßenneubau (z.B. durch niedrigere Straßenkategorien),
- der Rückbau von Straßen,
- die Verminderung des Straßenfahr- und Parkraumes (vor allem in Städten),
- der Ausbau leistungsfähiger und attraktiver Radwege- und Fußgängernetze;

beim Schienenverkehr:

- der Ausbau und die Modernisierung des Schienennetzes,
- die Elektrifizierung von Schienenstrecken,
- Attraktivitätssteigerungen des Schienenverkehrs (durch z.B. Streckenerhalt in der Fläche, Modernisierungen von Bahnhöfen, Fahrzeugen, usw.),
- die Kapazitätserhöhung des vorhandenen Schienennetzes (durch z.B. lückenlose Installation einer rechnergestützten Zugüberwachung und -beeinflussung),
- der Aus- und Neubau von Güterverkehrszentren und Terminals des kombinierten Verkehrs,
- die Vergrößerung des Waggonparks für den kombinierten Verkehr und für multifunktionale Waggontypen (DVWK 1993, S. 163 ff.; EWERS 1991, S. 27 ff.; HOPF et al. 1990, S. 816).

Die Preispolitik wird vor allem mit der Intention diskutiert, die gesellschaftlichen Kosten des Verkehrs (insbesondere die externen Kosten der Umweltbeeinträchtigungen) dem jeweiligen verursachenden Verkehrsbereich anzulasten. Damit verbunden ist, daß mit der Veränderung der Preisrelationen zwischen den Verkehrsträgern eine Verkehrsverlagerung auf umweltverträglichere Verkehrsbereiche angestrebt wird. Ein weiterer erwünschter Effekt wäre die Erhöhung der Auslastung von Fahrzeugen, d.h. höhere Besetzungsgrade im (Straßen-)Personenverkehr und weniger Leerfahrten im (Straßen-)Güterverkehr. Im Mittelpunkt der Überlegungen steht, eine Verteuerung des Straßenverkehrs und eine Verbilligung des Schienenverkehrs und des öffentlichen Personennahverkehrs zu erreichen. Eine grobe Einteilung läßt sich in negative und positive fiskalische Maßnahmen vornehmen. Zu den Maßnahmen einer Verteuerung der stärker umweltbelastenden Verkehrsarten gehören:

- die Erhöhung der Mineralölsteuer (z.B. stufenweise und langfristig festgelegt),
- die Einführung einer emissionsbezogenen Kfz-Steuer,
- die Einführung einer Schwerverkehrsabgabe,
- die Erhebung von Straßennutzungsgebühren (z.B. entfernungsabhängige Straßennutzungsgebühren für die Bundesautobahnen und Gebühren für die Straßennutzung in Innenstadtbereichen),
- die Einführung einer Treibstoffsteuer auf Flugbenzine,
- die Verteuerung von Kurzstreckenflügen,

- die Einführung allgemeiner Energie- bzw. Umweltsteuern (z.B. einer CO<sub>2</sub>-Steuer).

Zu den Maßnahmen einer Verbilligung umweltschonenderer Verkehrsarten gehören:

- die Steuerermäßigung für Emissionsminderungen (z.B. Katalysator),
- die Subventionierung des Schienenverkehrs und des ÖPNV,
- die Übernahme der Infrastrukturkosten des Schienennetzes durch den Staat (DVWK 1993, S. 163 ff.; ENQUETE-KOMMISSION 1990, S. 749 f.; HOPF et al. 1990, S. 816; ROTHENGATTER 1991).

In den Bereich der **Ordnungspolitik** fallen hier Maßnahmen, die durch Regelungen des Zugangs und der Nutzbarkeit Verkehrsminderungen und -verlagerungen bewirken. Beim Straßenverkehr stehen im Mittelpunkt der Diskussion:

- Geschwindigkeitsbegrenzungen (die gleichzeitig direkten Einfluß auf die Fahrzeugemissionen haben),
- Vorrangregelungen für den ÖPNV,
- Verkehrsberuhigungen,
- Fahrverbote (z.B. in Stadtzentren),
- Temporegler und Fahrtenschreiber,
- Verschärfung der Sozialvorschriften im Straßengüterverkehr (DVWK 1993, S. 163 ff.).

Beim Schienenverkehr ist die Bahnreform von herausragender Bedeutung. Hier sind die ordnungspolitischen Voraussetzungen zu schaffen, um die Bahn zu entschulden und ein effizientes und leistungsfähiges Verkehrsangebot auf der Schiene zu ermöglichen (EWERS 1991). Die Ausgestaltung der europäischen Regulierungen bzw. Deregulierungen der Verkehrsmärkte (Straßengüterverkehr, Binnenschifffahrt, Luftverkehr) sind gegenwärtig ebenso ein wichtiges ordnungspolitisches Handlungsfeld (BUSCH 1991), mit den entsprechenden Rückwirkungen auf die Verkehrsentwicklung und den Modal-split.

Im Luftverkehr lassen sich außerdem durch eine Harmonisierung und Integration der europäischen Flugsicherungssysteme indirekt erhebliche Emissionsminderungspotentiale ausschöpfen.

Bei der **Organisation** der Verkehrssysteme ist vor allem umstritten, inwieweit Leit- und Führungssysteme im Straßenverkehr zu Verkehrs- und Emissionsminderungen beitragen können. Beim Schienenverkehr und ÖPNV werden zum Teil erhebliche organisatorische Potentiale zur Effizienzsteigerung und Attraktivitätserhöhung gesehen. In den Bereich der Organisation fällt weiterhin die Verbesserung des Übergangs zwischen den Verkehrsbereichen.

Verkehrsminderung und -verlagerung ist schließlich auf die **Veränderung von Einstellungen** angewiesen. Zum einen handelt es sich hierbei um eine notwendige Voraussetzung, damit zuvor skizzierte verkehrspolitische Maßnahmen von der Bevölkerung akzeptiert werden. Zum anderen können autonome Verhaltensänderungen der Verkehrsteilnehmer erheblich zu Trendänderungen beitragen. Das Ansehen von Verkehrsbereichen und die Präferenzen der Verkehrsnutzer können die Verkehrsmittelwahl sowie den Umfang freiwilliger Mobilität bzw. die Wahl von Logistikkonzepten beeinflussen. Maßnahmen in diesem Bereich können Information, Marketing, Imagekampagnen sowie eindeutige politische Willenserklärungen und Entscheidungen sein (HOPF et al. 1990, S. 817). Nicht zuletzt ist die Änderung von Fahrverhalten im Straßenverkehr zu nennen.

Während die vorhergehend benannten Handlungsfelder indirekt Emissionsminderungen des Verkehrs bewirken, stehen insbesondere ordnungspolitische Maßnahmen für eine **direkte Emissionsminderung** zur Verfügung. Entsprechend seinem hohen Anteil an der Gesamtemission von Luftschadstoffen steht dabei der Straßenverkehr im Mittelpunkt. Mögliche Maßnahmen sind:

- die (weitere) Verschärfung der Abgaswerte für Kfz,
- die Einführung einer Flottenverbrauchsregelung (langfristig angelegte Absenkung des durchschnittlichen Kraftstoffverbrauchs der jeweiligen Flotte),
- die Einführung einer Höchstverbrauchsregelung für Pkw und Lkw,
- die Veränderung der Anforderungen an Treibstoffqualität bzw. -zusammensetzung (z.B. Verminderung des Benzolgehaltes, Verbot von Scavenger im Benzin),
- die Emissionsminderung bei Diesellokomotiven,
- die Festlegung dynamischer Emissionsgrenzwerte für den Luftverkehr.

Die emissionsbegrenzenden Maßnahmen werden durch den Trend der Verkehrsentwicklung stark kompensiert und reichen für sich alleine zur Erreichung von Reduktionszielen nicht aus (vgl. DIW 1992a und 1992b; HÖPFNER et al. 1992; UBA 1991).

Ökonomische Anreize infolge einer veränderten Preispolitik und ordnungspolitische Vorgaben könnten **technische Optionen** für eine Verringerung spezifischer Verbräuche und Emissionen im Straßenverkehr mobilisieren. In den Bereich der technischen Optionen fallen:

- "Downsizing von Pkws", Stadtauto (kleinere, leichtere Pkw mit geringerer Motorleistung),
- verbesserte Motortechniken (Otto- und Dieselmotoren) (z.B. Direkteinspritzung),
- Leichtbauweise bei der Karosserie,
- Reduzierung des Luftwiderstandes,
- Reduzierung des Rollwiderstandes,
- Umstellung auf andere Treibstoffe bzw. Antriebsenergien (z.B. Methanol, Ethanol, Rapsöl, Flüssiggas, Erdgas, solarer Wasserstoff)

und viele andere in verschiedenen Stadien der Entwicklung befindliche Möglichkeiten.

## 5.2. Direkte Handlungsfelder

In den folgenden Handlungsfeldern werden die Möglichkeiten aufgeführt, die zur direkten Verringerung oder Vermeidung von verkehrsbedingten Grundwassergefährdungspotentialen identifiziert wurden. Die aufgeführten technischen Möglichkeiten können in jeweils unterschiedlicher Weise durch freiwilliges Handeln, Modellvorhaben, Normen, Richtlinien bzw. Verordnungen gefördert oder durchgesetzt werden.

### 5.2.1. Grundwasserschutz beim Verkehrswegebau

Allgemein ist in der Bauphase verstärkt auf eine **sachgemäße Anwendung und Beseitigung wassergefährdender Stoffe** zu achten (siehe Teilbericht II "Vorsorgestrategien zum Grundwasserschutz für den Bausektor"). Spezifische Handlungsmöglichkeiten sind für die folgenden Verkehrsbereiche identifiziert worden.

#### *Straßenverkehr*

Bei Planung und Entwurf im Straßenneu- und -ausbau sind die Belange des vorsorgenden Grundwasserschutzes verstärkt zu berücksichtigen. Insbesondere sind Bodenversiegelungen, Veränderungen der Grundwasserstände, Grundwasserflüs-

se und -fließrichtung so weit wie möglich zu vermeiden (DVWK 1993, S. 205 f.). Dies ist in den Rahmen von **Umweltverträglichkeitsprüfungen** einzubeziehen (vgl. HOPPENSTEDT 1991).

In **Wasserschutzgebieten** sind mittlerweile nach der Richtlinie für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wasserschutzgebieten (RiStWag) **bautechnische Vorsorgemaßnahmen** zum Grundwasserschutz zu ergreifen. Ältere Straßen in Wasserschutzgebieten erfüllen in der Regel diese Anforderungen nicht. Die nachträgliche Anpassung der vorhandenen Anlagen an den heutigen Stand der Anforderungen wird gefordert (DVWK 1993, S. 159 f.).

Eine weitergehende Forderung ist, auch außerhalb von Wasserschutzgebieten bei stark befahrenen Straßen in **grundwassersensiblen Gebieten** **bautechnische Vorsorgemaßnahmen** zum Grundwasserschutz zu ergreifen. Grundwassersensible Gebiete liegen in der Regel da vor, wo u.a. eine schützende Bodenschicht fehlt, der Grundwasserabstand gering ist und/oder es sich um einen Festgesteinsgrundwasserleiter handelt (siehe Teilbericht I "Vorsorgestrategien zum Grundwasserschutz für den Bereich Landwirtschaft"). Allerdings existieren bisher keine verbindlichen Kriterien für die Abgrenzung grundwassersensibler Gebiete, auf die zurückgegriffen werden könnte. Die Umsetzung dieser Forderung würde einen erheblichen Investitionsbedarf für bautechnische Vorsorgemaßnahmen auslösen.

#### *Schienenverkehr*

In Analogie zum erreichten Stand des Verkehrswegebbaus im Straßenverkehr wird gefordert, daß auch im Schienennetz **bautechnische Vorsorgemaßnahmen** zum Grundwasserschutz in Wasserschutzgebieten zwingend ergriffen werden (DVWK 1993, S. 206).

Die Neubaustrecken der Bahn zeichnen sich durch einen hohen Tunnelanteil aus. Während des Baus der Tunnel besteht ein besonders hohes Grundwassergefährdungspotential, so daß eine **besondere Sorgfalt bei der Bauausführung im Tunnelbau** zu verlangen ist (DVWK 1993, S. 160 f.).

#### *Flugverkehr*

Es sind **bautechnische Vorsorgemaßnahmen** einzuführen, die es ermöglichen, zeitweise mit Taumitteln belastetes Oberflächenablaufwasser aufzufangen und zu reinigen. Wo es unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten vertretbar ist, sollte der Oberflächenabfluß unbehandelt und breitflächig über die belebte und bewachsene Bodenzone abgeleitet werden, um die Grundwasserneubildung

nicht unnötig einzuschränken. Eine Modernisierung der Abwasserbehandlung wird für erforderlich gehalten (DVWK 1993, S. 211).

### 5.2.2. Grundwasserschonendere Verkehrswegeunterhaltung

Bei der Unterhaltung der Verkehrswege bestehen in allen Verkehrsbereichen Handlungsnotwendigkeiten und Potentiale für einen vorsorgenden Grundwasserschutz.

#### *Straßenverkehr*

Die weitere **Reduktion des Taumittleinsatzes** im Winterdienst ist eine dringende Maßnahme im Straßenverkehr, da die leichtlöslichen Tausalze schon des öfteren zu Grundwasserverunreinigungen geführt haben. Aus Gründen der Verkehrssicherheit kann auf den Einsatz von auftauenden Mitteln nicht generell verzichtet werden. Als Alternativen zu den klassischen Tausalzen (insbesondere Steinsalz) kommen in Frage der Einsatz abstumpfender Mittel (Sand und Splitt), die Anwendung des Feuchtsalzverfahrens, der Einsatz von genau dosierenden Streugeräten und von Geräten zur Taumittel-Restmengenbestimmung. In Abwägung mit den Anforderungen der Verkehrssicherheit ist aber vor allem der Winterdienst grundsätzlich einzuschränken (DVWK 1993, S. 173, S. 208).

Die **Pflege- und Wartungsmaßnahmen** von Straßen und Straßenräumen müssen überprüft und im Hinblick auf ihre Umweltverträglichkeit verbessert werden. Mit der Straßen- und Gullyreinigung kann die Schadstoffkonzentration im Straßenabfluß beeinflußt werden (DVWK 1993, S. 171, S. 208).

#### *Schienenverkehr*

Im Bereich des Schienenverkehrs stellt die Aufwuchsbekämpfung auf den Gleisanlagen mit Herbiziden das größte Problem dar. **Alternativen zur chemischen Unkrautbekämpfung** sind zur Praxisreife zu entwickeln und einzusetzen. Alternative Aufwuchsbekämpfungsverfahren könnten die Infrarot- oder Mikrowellenbestrahlung, die Heißluft- oder Heißwasserbehandlung sowie das Abflämmen der Gleisstrecken sein. Wirksamkeit und Problembereiche der alternativen Verfahren sind weiter zu prüfen.

Zumindest eine Reduzierung des Grundwassergefährdungspotentials der chemischen Unkrautbekämpfung läßt sich erreichen durch

- den Umstieg auf die am wenigsten grundwassergängigen Mittel,
- die Verringerung der Einsatzmenge und der Anzahl der Bekämpfungseinsätze auf den unbedingt notwendigen Umfang,
- die Durchführung der Bekämpfung erst aufgrund einer Bestimmung der vorhandenen Verunkrautung (Bonitierung) der zu behandelnden Streckenabschnitte und nicht nach starren Spritzplänen,
- die Festlegung von Streckenabschnitten, die nicht chemisch behandelt werden dürfen (z.B. in Wasserschutzgebieten),
- die verstärkte Kontrolle der privaten Firmen, die die Spritzzüge betreiben.

Schließlich kann durch eine geänderte Schienenweggestaltung (z.B. aufwuchshemmendes Profil, Randwegabdeckungen, schotterloser Oberbau) der Unkraut- aufwuchs eingeschränkt werden (DVWK 1993, S. 54, S. 178 f., S. 209 f.; BUNDES- AMT FÜR UMWELTSCHUTZ 1988).

Die Betriebsstoffe (z.B. Schmiermittel für Weichen und Signalanlagen) und Far- ben (Anstriche für Stahlbauten und Fahrzeuge) sind auf ihre Umweltverträglich- keit zu überprüfen, und darauf aufbauend sollten nur noch die umweltverträglich- sten Produkte eingesetzt werden (DVWK 1993, S. 210).

Sämtliche Abwasserreinigungsanlagen sind auf den neusten Stand der Tech- nik umzustellen. Alle Abwasserkanäle im Bereich der Bahn sind in regelmäßigen Abständen auf ihre Dichtigkeit zu überprüfen und ggf. zu sanieren. Die Oberflä- chenbefestigungen von Tankstellen, Umfüllanlagen, Waschanlagen usw. sind re- gelmäßig auf durchlässige Fugen zu untersuchen und ggf. abzudichten (DVWK 1993, S. 210).

#### *Flugverkehr*

Die im Winterdienst eingesetzten Verfahren und Mittel sind verstärkt auf ihre Umweltverträglichkeit zu überprüfen und insbesondere im Hinblick auf den Grundwasserschutz zu optimieren.

#### *Binnenschifffahrt*

Die Unterhaltung der Binnenwasserstraßen ist auf der Grundlage hydraulischer Modelle so zu gestalten, daß die schiffahrtsbehindernde Sedimentation möglichst



niedrig gehalten wird. Mit diesem Ansatz könnte vorbeugend der Anfall von **Baggergut** vermindert werden (DVWK 1993, S. 212).

### **5.2.3. Verringerung direkt grundwasserrelevanter Emissionen der Fahrzeuge**

Die Verringerung der Abgasemissionen des Straßenverkehrs ist im Hinblick auf die indirekten Wirkungen über den Luftpfad für den vorsorgenden Grundwasserschutz sehr relevant (siehe Kapitel 5.1.). Durch **technische Verbesserungen an den Kraftfahrzeugen** sind neben der Verringerung der Luftschadstoffabgaben vor allem die Emissionen von Schwermetallen, Partikeln und Mineralölen zu verringern. Beispielsweise könnte eine Abschirmung der Motor- und Getriebeeinheiten gegen die Umwelt zur Verringerung der Tropfverluste von Kraftfahrzeugen beitragen (DVWK 1993, S. 170, S. 208). Zu beachten ist dabei, daß es nicht durch eine Gewichtszunahme zu einer Zunahme von Treibstoffverbrauch und Abgasemissionen kommt.

Beim Schienenverkehr wird gefordert, neben den Hochgeschwindigkeitszügen alle Waggons im Personenverkehr mit **geschlossenen Toilettenanlagen** auszurüsten. Ein einheitliches **Entsorgungskonzept** sollte für alle Binnenschiffe geschaffen werden (DVWK 1993, S. 212). Die **Außenbordmotoren** sind bedeutend umweltfreundlicher zu gestalten (DVWK 1993, S. 212).

### **5.2.4. Grundwasserrelevante Risikominderung von Transportunfällen**

Unfälle mit wassergefährdenden Stoffen stellen ein großes Gefährdungspotential für das Grundwasser dar. Entsprechend den örtlichen Gegebenheiten des Unfallortes, der Mobilität der ausgetretenen Stoffe im Untergrund und den Bodenverhältnissen finden wassergefährdende Stoffe nach einem Unfall mehr oder weniger schnell den Weg bis ins Grundwasser. Aus verschiedenen Gründen sind nicht überall bautechnische Vorsorgemaßnahmen wie in Wasserschutzgebieten möglich. Inwieweit trotzdem der Grundwasserschutz gewährleistet ist, hängt von dem sofortigen und gezielten Eingreifen nach einem Schadensfall ab.

Die bisherigen Erfahrungen lassen vermuten, daß den Einsatzleitungen oft die für Sofortmaßnahmen wichtigen entwässerungstechnischen Gebietskenntnisse fehlen und dadurch der Beginn von Sanierungsmaßnahmen aufgrund langwieriger örtlicher und sonstiger Untersuchungen erheblich verzögert wird. Vorgeschlagen wird eine Ergänzung der Gefahrstoff-/Gefahrgut-Transport-Schnellauskunft (GSA). Zusätzlich sollen danach Informationen über örtliche Entwässerungsver-

hältnisse und gebietsspezifische Gefährdungssituationen gesammelt und jederzeit verfügbar gemacht werden (DVWK 1993, S. 213).

Schließlich könnte u.a. auch der Grundwasserschutz von einer allgemeinen Verschärfung der Regelungen zum Gefahrguttransport profitieren. Dazu könnten Transportbeschränkungen, die Erhöhung des technischen Stands der Fahrzeuge, die Aktualisierung und Vereinfachung von Regeln, die Verschärfung von Arbeitsbestimmungen für Fahrer sowie die Ausbildung und Überwachung der Fahrer beitragen.

## 6. Literatur

**Arbeitsgemeinschaft Deutscher Verkehrsflughäfen (ADV):**

Verkehrsleistungen der deutschen Verkehrsflughäfen. Tabellen. Stuttgart 1991.

**Bundesamt für Umweltschutz (Hrsg.):**

Grundlagen über das Freihalten der Bahnanlagen von störendem Pflanzenaufwuchs. Schriftenreihe Umweltschutz Nr. 89, Bern 1988.

**Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (Hrsg.):**

Bericht der Bundesregierung an die Kommission der Europäischen Gemeinschaften über das nationale Programm zur Reduzierung der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen und anderer Treibhausgase bis zum Jahre 2005, Bonn 1992.

**Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU):**

Bericht an den Ausschuß für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit des Deutschen Bundestages zum Thema "Umweltschutz und Straßenverkehr", Bonn 1993, Ausschuß-Drucksache 12/306.

**Bundesminister für Verkehr (BMV) (Hrsg.):**

Verkehr in Zahlen. Bonn 1992a.

**Bundesminister für Verkehr (BMV) (Hrsg.):**

Bundesverkehrswegeplan 1992, Bonn 1992b.

**Bundesregierung:**

Antwort auf die Kleine Anfrage "Schadstoffbelastungen in Baggergut aus Flüssen und Hafenschlick", BT-Drucksache 11/2888 vom 8.9.1988.

**Busch, Berthold:**

Die Verkehrspolitik der EG unter dem Einfluß der Binnenmarktvollendung. Beiträge zur Wirtschafts- und Sozialpolitik des Instituts der deutschen Wirtschaft Köln 188, Köln 1991.

**Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (DVWK):**

Potentielle Beeinträchtigung des Grundwassers durch den Verkehr. Gutachten erstellt im Auftrag des TAB, Bonn 1993.

**Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW):**

Güterfernverkehr bis zum Jahre 2010, Verringerung der Umweltbelastung dringend geboten. In: DIW-Wochenbericht 40/92, S. 493 - 501, 1992a.

**Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW):**

Verkehrswegepolitik muß umweltpolitische Ziele stärker berücksichtigen. In: DIW-Wochenbericht 51/92, S. 695 - 701, 1992b.

**Enquête-Kommission "Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre":**

Dritter Bericht zum Thema "Schutz der Erde". BT-Drucksache 11/8030 vom 24.05.1990.

**Ewers, Hans-Jürgen:**

Dem Verkehrsinfarkt vorbeugen. Zu einer auch ökologisch erträglicheren Alternative der Verkehrspolitik unter veränderten Rahmenbedingungen. Vorträge und Studien aus dem Institut für Verkehrswissenschaften an der Universität Münster, Heft 26, Göttingen 1991.

**Fiedler, Joachim:**

stop and go, Wege aus dem Verkehrschaos, Köln 1992.

**Heinze, G. W.:**

Verkehr schafft Verkehr. Ansätze zu einer Theorie des Verkehrswachstums als Selbstinduktion. In: Berichte zur Raumforschung und Raumplanung, Jhrg. 23, S. 9, Wien 1979.

**Hesse, Markus und Lucas, Rainer:**

Verkehrswende. Ökologische und soziale Orientierungen für die Verkehrswirtschaft. Schriftenreihe des IÖW 39/90, Berlin/Wuppertal 1991.

**Hopf, R.; Schallaböck, K. O.; Steierwald, G. und Wacker, M.:**

Konzeptionelle Fortentwicklung des Verkehrsbereichs, Zusammenfassung der Ergebnisse des Studienkomplexes A.6. In: Enquête-Kommission "Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre": Energie und Klima, Band 7: Konzeptionelle Fortentwicklung des Verkehrsbereichs, Economica Verlag, Verlag C. F. Müller, S. 777 - 897, Bonn/Karlsruhe 1990.

**Höpfner, Ulrich; Knörr, Wolfram; Heiß, Katharina und Kopfmüller, Jürgen:**

Motorisierter Verkehr in Deutschland. UBA-Berichte 5/92, Berlin 1992.

**Hoppenstedt, Adrian:**

Die Umweltverträglichkeitsprüfung im Straßenbau - Vermeidungs- oder "Optimierungs" instrument? In: Fortbildungszentrum Gesundheits- und Umweltschutz Berlin (Hrsg.): Verkehrsbedingte Umweltbelastungen. UBA-Texte 26/91, S. 125 - 135.

**Interplan Consult:**

Mann, Hans-Ulrich; Mück, Reinhard; Schubert, Markus; Hautzinger, Heinz; Hamacher, Ralf: Personenverkehrsprognose 2010 für Deutschland - Kurzfassung, Forschungsprojekt des Bundesministers für Verkehr, München, Heilbronn 1991. Ergebnisse außerdem veröffentlicht in: Internationales Verkehrswesen, Jhrg. 43, Heft 12 (Dokumentation 165), S. 564 - 566, Dezember 1991.

**Kessel + Partner:**

Güterverkehrsprognose 2010 für Deutschland. Forschungsprojekt des Bundesministers für Verkehr, Freiburg 1991. Kurzfassung veröffentlicht in: Internationales Verkehrswesen, Jhrg. 43, Heft 11 (Dokumentation 164), S. 501 - 503, November 1991.

**Lersner, Heinrich Freiherr von:**

Auto und Umwelt - Perspektiven für die Zukunft. In: Internationales Verkehrswesen, Jhrg. 43, Heft 1/2, S. 30 - 35, Januar/Februar 1991.

**Niclauß, M.; Winkelsträter, J.; Hunting, K.-E.; Harges, A.:**

Inventarisierung von Bodenkontamination auf Geländen mit ehemaliger Nutzung aus dem Dienstleistungsbereich, UBA-Forschungsbericht Nr. 10703007/01, Berlin 1989.

**Ökologische Briefe:**

Altlasten im Bundesbesitz - das Beispiel Bundesbahn. In: Ökologische Briefe 1989, S. 19 - 21.

**Ökologische Briefe:**

Unkrautbekämpfung an Gleisen: Mit wenig Chemie geht's auch. In: Ökologische Briefe Nr. 28/1991, S. 14 - 16.

**Perrow, Charles:**

Normale Katastrophen. Die unvermeidbaren Risiken der Großtechnik. Frankfurt/M., New York 1989.

**Pohle, Horst:**

Chemische Industrie, Umweltschutz, Arbeitsschutz, Anlagensicherheit. Weinheim 1991.

**Rothengatter, Werner:**

Wirtschaftliche Aspekte. In: Europäische Konferenz der Verkehrsminister (CEMT) und OECD (Hrsg.): Verkehrspolitik und Umwelt. Beiträge zur Umweltgestaltung Band A 127, S. 253 - 309.

**Schmidt, Mario; Kopfmüller, Jürgen; Knörr, Wolfram und Heiß, Katharina:**  
Umweltauswirkungen des Güterverkehrs in der Bundesrepublik Deutschland. ifeu-Bericht Nr. 61, Heidelberg 1991.

**Statistisches Bundesamt:**

Ergebnisbericht zur Statistik der Unfälle bei der Lagerung und beim Transport wassergefährdender Stoffe. Hrsg.: Beirat beim Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit "Lagerung und Transport wassergefährdender Stoffe (LTwS)", Ausschuß "Statistik". Unveröffentlicht, März 1993.

**Umweltbundesamt (UBA):**

Verkehrsbedingte Luft- und Lärmbelastungen, UBA-Texte 40/91. Emissionsszenarien für den Pkw- und Nutzfahrzeugverkehr in Deutschland 1988 - 2005, Beilage zu UBA-Texte 40/91.

**Walz, Felix:**

Freie Fahrt und kranke Bürger? Der (Transit-)Verkehr aus medizinischer Sicht. In: Mayer-Tasch, P. C.; Molt, W.; Tiefenthaler, H. (Hrsg.): Transit. Das Drama der Mobilität, Wege zu einer humanen Verkehrspolitik. S. 53 - 68, Zürich 1990.