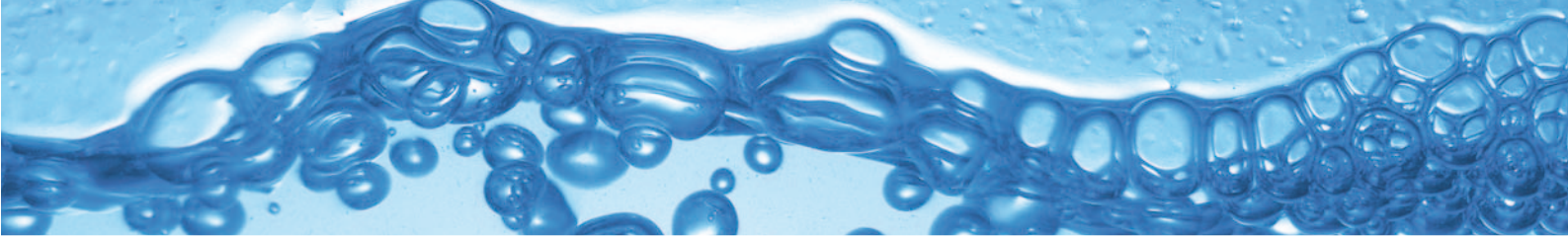




Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz  
und Reaktorsicherheit

# Grundwasser in Deutschland





## Grundwasser in Deutschland

### IMPRESSUM

Herausgeber: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)  
Referat Öffentlichkeitsarbeit • 11055 Berlin  
E-Mail: [service@bmu.bund.de](mailto:service@bmu.bund.de) • Internet: [www.bmu.de](http://www.bmu.de)

Redaktion: Lutz Koppner, Referat WA I 3 (BMU), Bernd Kirschbaum, Fachgebiet II 2.1 (UBA)

Autoren: C. Bannick, B. Engelmann, R. Fendler, J. Frauenstein, H. Ginzky, C. Hornemann, O. Ilvonen, B. Kirschbaum  
G. Penn-Bressel, J. Rechenberg, S. Richter, L. Roy, R. Wolter (alle UBA)

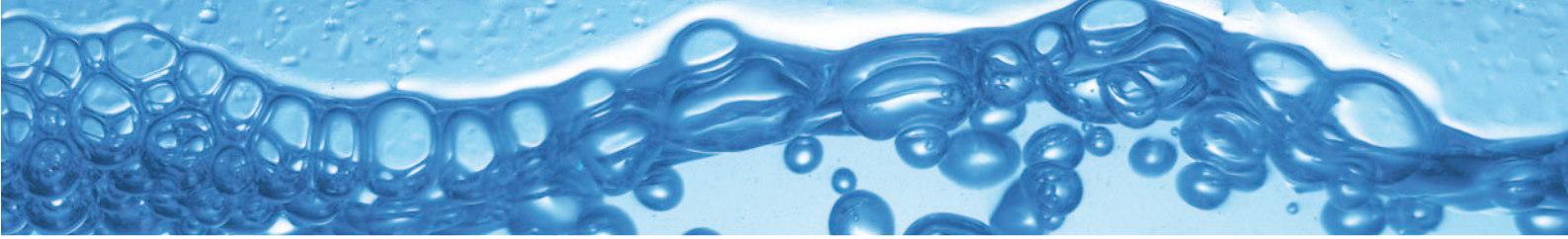
Gestaltung: Selbach Design, [www.selbachdesign.de](http://www.selbachdesign.de)

Abbildungen: J. Rechenberg (S. 5, 32, 45); PhotoDisk (S. 17, 33); Christian Griebler und Kathrin Euringer (S. 18); Barbara Morasch (S. 19 links);  
Kathrin Euringer (S. 19 rechts); Carsten Grabow und Andreas Fuchs (S. 20); SelbachDesign (S. 30); Ulf Angberg (S. 37),  
[pixelio@BerndSterzl](mailto:pixelio@BerndSterzl.de) (S. 38); J. Frauenstein (S. 43); dpa (S. 6, 9, 21, 22, 66, 67)

Druck: Silber Druck OHG, Niestetal

Stand: August 2008

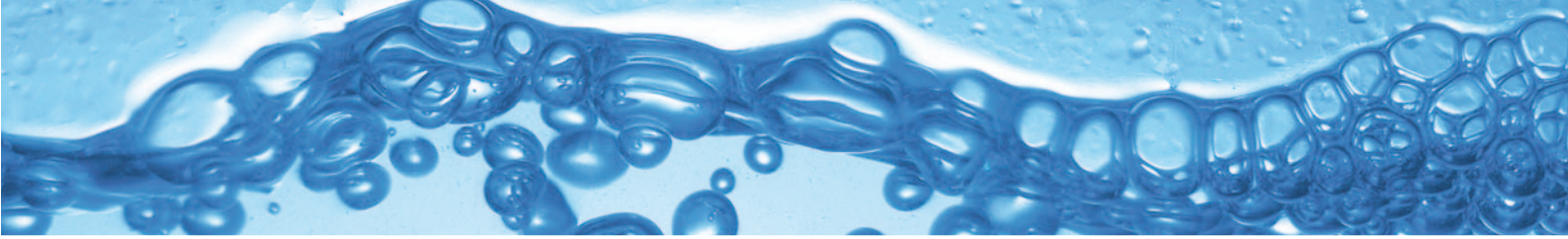
1. Auflage: 5.000 Stück



Grundwasser in Deutschland

# Grundwasser in Deutschland

| Reihe Umweltpolitik |



## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Grundwasser</b>	<b>6</b>
2.1	Teil des hydrologischen Kreislaufs	6
2.2	Lebensraum Grundwasser	17
2.3	Abhängige Landökosysteme	21
<b>3</b>	<b>Nutzung des Grundwassers</b>	<b>24</b>
3.1	Entnahme des Grundwassers	24
3.2	Mineralwasser & Heilquellen	27
3.3	Geothermie	28
3.4	Salzeinleitungen (Verpressen)	30
3.5	CO <sub>2</sub> -Einlagerung (CCS)	31
<b>4</b>	<b>Gefährdungen des Grundwassers</b>	<b>32</b>
4.1	Landwirtschaft	32
4.2	Altlasten	34
4.3	Deponien	34
4.4	Organische Abfälle	36
4.5	Recyclingbaustoffe	36
4.6	Bauprodukte	37
4.7	Unfälle	39
4.8	Arzneimittel	40
4.9	Undichte Kanäle	41
4.10	Absenkungen (Bergbau, Bautätigkeiten)	42
4.11	Versiegelung	43
4.12	Regenwasserversickerung	45
4.13	Auswirkungen des Klimawandels auf das Grundwasser	46
<b>5</b>	<b>Die aktuelle Situation</b>	<b>48</b>
5.1	Grundwasserüberwachung	48
5.2	Grundwasserkörper und ihre Beurteilung durch die Bundesländer	49
5.3	Welche Stoffe finden wir im Grundwasser?	51
<b>6</b>	<b>Regelungen zum Schutz des Grundwassers</b>	<b>58</b>
6.1	Europarecht	58
6.2	Nationales Recht	61
<b>7</b>	<b>Was kann jeder Einzelne tun? - 10 Tipps zum Grundwasserschutz</b>	<b>66</b>



## „Spucke nicht in den Brunnen – Du wirst selbst aus ihm trinken müssen!“ (Russisches Sprichwort)

Mehr als 70 Prozent des deutschen Trinkwassers werden aus Grundwasser gewonnen. Allzu selbstverständlich nehmen wir im Alltag die Versorgung mit diesem lebensnotwendigen Gut wahr – Wasser in Lebensmittelqualität kommt in Deutschland aus dem Wasserhahn. Lediglich wenn uns die Rechnungen für den Verbrauch ins Haus flattern, prüfen wir kritisch die Ursachen für die geforderten Preise. Und bis zum Grundwasser – dem unsichtbaren Schatz – dringen unsere Überlegungen dabei nur selten vor.

Das sollten sie aber, ist doch die Aufbereitung verschmutzten Grundwassers zu Trinkwasser eine kostspielige Angelegenheit, die wir alle als Verbraucherinnen und Verbraucher mitbezahlen. Außerdem ist das Grundwasser Lebensraum für eine bislang kaum erforschte Vielfalt an Organismen, Existenzgrundlage für Feuchtgebiete und wichtiger Bestandteil des Wasserkreislaufes. Zwar bildet es sich – wegen der Versickerung des Regens – ständig neu, und die darüber liegenden Bodenschichten schützen es vor Verunreinigungen. Aber beides trifft nur bis zu einem gewissen Grad zu, sowohl die Grundwassermenge als auch die Grundwasserqualität sind einem ständigen Nutzungsdruck des Menschen ausgesetzt.

Vielerorts wird das Grundwasser bis zum Jahr 2015 nicht den von der 2006 verabschiedeten EG-Grundwasser-Tochtrichtlinie (GWRL) geforderten „guten Zustand“ erreichen, falls nicht umgehend Schutzmaßnahmen ergriffen werden. Dies betrifft in stärkerem Maße die Grundwasserqualität, aber auch die Grundwassermenge.



Die Broschüre informiert über die Bedeutung des Grundwassers für Mensch und Umwelt. Sie liefert eine Gesamtübersicht über den Zustand des Grundwassers in Deutschland und seine Belastungen als Folge menschlicher Nutzungen. Sie zeigt auf, welche Maßnahmen auf europäischer und deutscher Ebene zum Schutz des Grundwassers durchgeführt wurden, weist aber auch auf Defizite und zukünftige Handlungsfelder hin, damit möglichst Viele die Notwendigkeit erkennen, ihren Beitrag zum dauerhaften Schutz und Erhalt der lebenswichtigen Ressource Grundwasser zu leisten.

## 2 Grundwasser

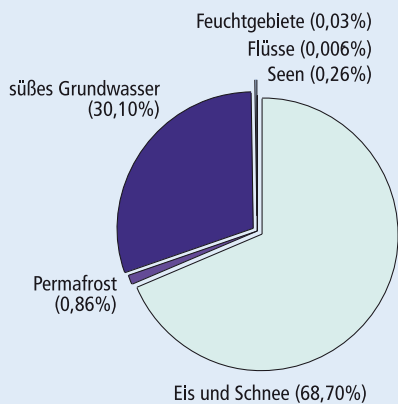
### 2.1 Teil des hydrologischen Kreislaufs

#### Wasserdargebot – oder: Wie viel Wasser gibt es?

Wie viel Wasser haben wir in Deutschland? Eine Frage, die nicht ganz einfach zu beantworten ist. Die Bundesanstalt für Gewässerkunde schätzt das potentielle Wasserdargebot – also, die Wassermenge, die in Grund- und oberirdischen Binnengewässern vorhanden ist – auf 188 Milliarden (Mrd.) Kubikmeter  $m^3$ . Davon sind ca. 49 Mrd.  $m^3$  Grundwasser, das sind 26 Prozent (%) unseres gesamten Wasserdargebotes.

Abbildung 1

#### Süßwasserressourcen der Erde



Quelle: nach UNESCO 2003

Für die weltweiten Wasservorkommen ist die Frage nach der Menge und der Verteilung noch schwieriger zu beantworten. In der Summe werden zwischen 1,3 und 1,5 Mrd. Kubikkilometer ( $km^3$ ) Wasser angegeben, die unter- und oberirdisch gespeichert sind. Der größte Teil jedoch ist salzig, nur 2,5 % der globalen Wasserressourcen – rund 35 Millionen (Mio.)  $km^3$  – sind Süßwasser. Diese weltweiten Süßwasservorräte sind für den Menschen vor allem in Seen, Flüssen und in den rund 45.000 weltweiten Großtalsperren leicht zugänglich. Der Anteil

dieses unser Bild der Erde optisch dominierenden Süßwasseranteils beträgt nicht einmal 0,5 %. Der große Rest ist vor allem als Eis und Schnee in der Antarktis und in Grönland sowie im Grundwasser gespeichert.

Ein Vergleich mit dem weltweiten Durchschnitt zeigt, dass Deutschland reich an Süßwasser ist. Für die 82,5 Mio. Einwohner Deutschlands stehen rein rechnerisch ungefähr 2.278  $m^3$  Wasser pro Kopf und Jahr oder 6.241 Liter Wasser pro Kopf und Tag zur Verfügung – zum Vergleich, der gegenwärtige pro Kopf-Verbrauch liegt bei 126 Liter pro Tag.



#### Die wertvolle Ressource Süßwasser ist nicht gleichmäßig auf dem Globus verteilt – Mangel lässt in vielen Ländern Millionen Menschen dürsten

Ein Blick in andere Regionen der Erde zeigt, dass ausreichende Wasservorräte für wirtschaftliche Zwecke und den privaten Lebensbereich keine Selbstverständlichkeit sind. Nutzbare Wasserressourcen sind auf der Erde extrem ungleichmäßig verteilt, was vor allem in ariden Klimagebieten zu Wasserknappheit und Wassermangel führt. In einigen Ländern in Nordafrika und im Nahen Osten stehen pro Kopf und Jahr weniger als 500  $m^3$  Wasser zur Verfügung – hier spricht man von Wassernotstand. Vergleichsweise begünstigt sind dagegen Länder wie Kanada mit einem Dargebot pro Kopf und Jahr von über 100.000  $m^3$ .

#### Grundwasser – eine bedeutende Süßwasserressource

Grundwasser ist nicht nur als Ressource für die Trinkwassergewinnung von größter Bedeutung,



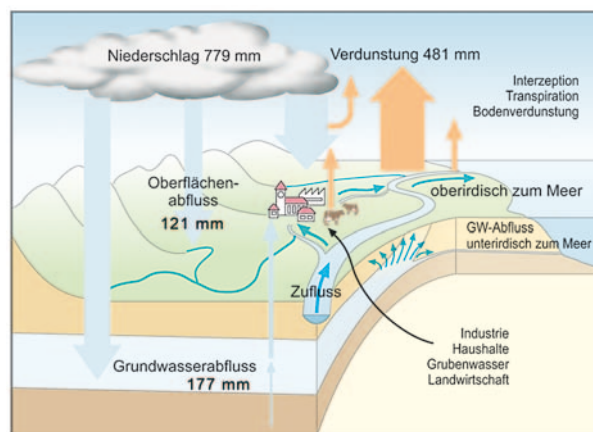
sondern gleichzeitig eine wichtige Ressource für Industrie (u.a. als Kühl- und Prozesswasser, Rohstoff für die Nahrungsmittelproduktion) und Landwirtschaft (Bewässerung). Grundwasser wird zunehmend auch als Wirtschaftsgut betrachtet, weil es weltweit der meistgenutzte Rohstoff ist. Auf der Erde versorgen sich heute etwa 2 Milliarden Menschen mit Grundwasser. Im Gegensatz zu Rohstoffen wie Erdöl, Erdgas und Erzvorkommen ist Grundwasser eine Ressource, die sich in vielen Fällen wieder erneuert. Die jährliche weltweite Grundwasserneubildung beträgt etwa 12.000 km<sup>3</sup>. Nicht oder allenfalls eingeschränkt nehmen die tiefen Grundwasserspeicher der Erde am Wasserkreislauf teil. Sie sind überwiegend in den letzten tausend bis zehntausend Jahren entstanden und stellen große unterirdische Süßwasserreserven dar. Zunehmend werden diese fossilen Grundwasserlagerstätten in den wasserarmen Regionen der Welt zur Nutzung herangezogen. Dauerhaft nutzbar ist jedoch nur der Teil des Grundwassers, der am Wasserkreislauf teilnimmt.

### Verdunstung, Niederschlag, Abfluss und Grundwasserneubildung

Das Wasser auf oder unter der Erdoberfläche befindet sich in einem ständigen Kreislauf zwischen den Meeren, der Atmosphäre und den Kontinenten. Wasser verdunstet wegen der Sonnenwärme überwiegend aus Ozeanen, aber auch aus Seen, Flüssen, Pflanzen und allen an der Erdoberfläche zugänglichen Wasserquellen. Da warme Luft mehr Wasser aufnehmen kann als kalte, steigen feuchte warme Luftmassen immer weiter auf und kühlen dabei ab, bis feine Lufttröpfchen kondensieren, die als Wolken am Himmel zu sehen sind.

Sammelt sich immer mehr feuchte Luft, verbinden sich die Tröpfchen miteinander und werden irgendwann so schwer, dass sie als Niederschlag – in Form von Regen, Hagel, Tau oder Reif – wieder auf die Erdoberfläche treffen. Ein großer Teil verdunstet sofort wieder. In Deutschland verdunsten auf diese Art im Jahr rund 481 mm Wasser pro Quadratme-

**Abbildung 2**  
Der Kreislauf des Wassers für Deutschland



Quelle: Hydrologischer Atlas von Deutschland (HAD), BMU 2003

ter Fläche direkt wieder, ohne in ein Oberflächen-gewässer oder ins Grundwasser zu gelangen. Das sind 62 % des Niederschlags in den alten Bundesländern und 78 % in den neuen Bundesländern.

Das übrige Niederschlagswasser – rund 300 mm – fließt besonders bei starkem Regen in Flüssen und Bächen oberirdisch ab. Ein erheblicher Teil versickert im Boden, fließt unter der Oberfläche weiter und wird zu Grundwasser.

Die Grundwasserbilanz in einem bestimmten Einzugsgebiet gibt Auskunft über Abfluss und Neubildung des Grundwassers, sie wird berechnet aus der jährlichen Niederschlagsrate, der Verdunstungsrate und der Abflussrate. Zusätzliche Faktoren – wie der Verbrauch des Wassers durch die Vegetation und den Menschen – müssen bei der Grundwasserbilanz Berücksichtigung finden. Aus diesen Angaben lässt sich eine Aussage über die Grundwasserneubildungsrate oder die Abnahme der Grundwasserbestände in einem betrachteten Einzugsgebiet machen. Das feuchte Klima Deutschlands führt in der Regel zu einer Grundwasserneubildung in den Wintermonaten und eher zu einer Abnahme in den Sommermonaten, in denen die Verdunstungsrate höher ist. Wichtig sind Modellrechnungen zur Grundwasserbilanz, um festzustellen, wie viel

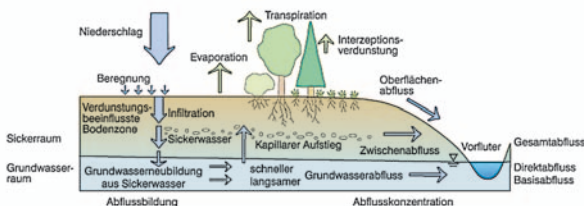
## Grundwasser

Grundwasser etwa zur Trinkwassergewinnung aus einem Grundwasserleiter entnommen werden kann, ohne ein Absenken des Grundwasserspiegels mit gravierenden Folgen für das Ökosystem zu riskieren (siehe Kap. 4).

### Grundwasserleiter – oder: Wie fließt Grundwasser?

Grundwasser ist unterirdisches Wasser, das Hohlräume der Lithosphäre – das ist der oberste Bereich der festen Erde – zusammenhängend ausfüllt und dessen Bewegungsmöglichkeit ausschließlich die Schwerkraft bestimmt. Grundwasser bildet sich dort, wo das versickernde Wasser beim Durchflie-

#### Abbildung 3 Einflussfaktoren auf die Grundwasserneubildung



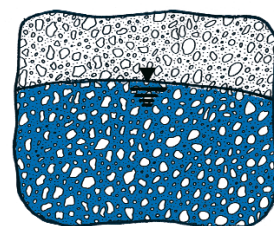
Quelle: Hydrologischer Atlas von Deutschland (HAD), BMU, 2003

Ben der Hohlräume des Bodens auf wasserundurchlässige Schichten trifft. Dies sind üblicherweise Schichten mit hohem Tonanteil oder massive Festgesteine. Hier staut sich das von oben zufließende Wasser und sucht einen Weg, der Schwerkraft weiter nach unten zu folgen. Stauende Schichten lenken die Fließbewegung um. Großräumig gesehen fließt das Grundwasser in Richtung Meer, mündet allerdings meist zuvor in einen Fluss, der seinerseits mit einer viel höheren Geschwindigkeit in das Meer fließt.

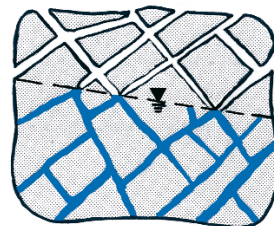
Grundwasserleiter, auch Aquifere genannt, sind Gesteinskörper mit zusammenhängenden Hohlräumen, die ausreichend porös und durchlässig sind, um große Wassermengen aufnehmen und fortzuleiten zu können. Grundwasserleiter sind durch

Schichten nicht oder schlecht leitenden Gesteins voneinander abgegrenzt. Letztere bezeichnet man als Grundwassernichtleiter. Diese haben ein geringes Porenvolumen beziehungsweise kaum Risse und Klüfte und vermögen aus diesem Grund kein oder nur wenig Grundwasser zu leiten. Häufig sind Grundwassernichtleiter tonige Gesteine, deren dicht gepackten lagenförmigen Tonminerale die geringe Durchlässigkeit verursachen. Bei der Betrachtung eines Grundwasserleiters spielen dessen Hohlräume daher eine zentrale Rolle. Sie haben einen großen Einfluss auf die Geschwindigkeit, mit der das Grundwasser unterirdisch fließen kann und bestimmen sowohl Fördermenge als auch Förderqualität des Grundwassers.

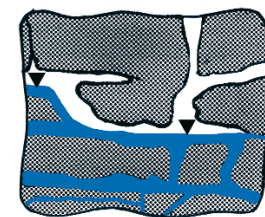
#### Abbildung 4 Größe und Form der Hohlräume im Untergrund bestimmen die Typen von Grundwasserleitern



Porengrundwasserleiter



Kluftgrundwasserleiter



Karstgrundwasserleiter

Quelle: Grundwasser, Herausgeber Vereinigung Deutscher Gewässerschutz e.V., 2004

Grundsätzlich lassen sich Poren- und Kluftgrundwasserleiter unterscheiden. Während das Grundwasser in Porengrundwasserleitern in den Zwischenräumen des Lockergesteins – beispielsweise bestehend aus Ton, Sand und Kies – weitergeleitet wird, fließt es in Kluftgrundwasserleitern durch Risse von Festgesteinskörpern. Beispiele hierfür sind aus Magma erstarrte Plutonite, zu denen der Granit gehört oder durch Druck und Temperatur metamorph überprägte Lockergesteine wie Ton-schiefer. In Deutschland ist das Verhältnis von Fest-



gestein zu Lockergestein nahezu ausgeglichen, wobei im Süden Deutschlands Festgesteine, im Norden Lockergesteine dominieren.



**Karstquelle - der Blautopf am Südostrand der Schwäbischen Alb**

Eine Sonderform der Kluftgrundwasserleiter stellen Karstgrundwasserleiter dar. Dies sind kalkhaltige und somit wasserlösliche Festgesteine, in denen sich die für Kluftgrundwasserleiter typischen Risse bilden, die das durchfließende Grundwasser mit der Zeit ausspült und vergrößert.

Größe, Zahl und Form der verbundenen Hohlräume bestimmen die Fließgeschwindigkeit, mit denen sich das Grundwasser im Untergrund bewegt. Die Reibungsverluste im Porenraum des Gesteins verringern die Fließgeschwindigkeit. Daher sind im Untergrund meist größere Druckunterschiede erforderlich, um die Grundwasserbewegung aufrecht zu erhalten. Im Gegensatz zu offenen Wasserflächen kann deshalb der Grundwasserspiegel deutlich stärker geneigt sein. Während das Wasser in den Zwischenräumen lockeren Grobkieses nahezu ungehindert fließen kann, begrenzen die winzigen Poren tonigen Materials die Fließgeschwindigkeit des Wassers oft auf wenige Zentimeter pro Jahr. In sandigem Untergrund beträgt die durchschnittliche Fließgeschwindigkeit von Grundwasser hingegen rund 10 Meter pro Tag. In Karstgrundwasserleitern, die wegen ihrer starken Klüftung eine hohe Durch-

lässigkeit, auch als Permeabilität bezeichnet, aufweisen, sind Geschwindigkeiten von mehr als 100 Metern pro Stunde möglich, wohingegen in sehr tiefen Formationen Grundwasser nur noch langsam oder überhaupt nicht mehr fließt, so dass es dort mehrere tausend Jahre verbleiben kann.

### **Freies, gespanntes und schwebendes Grundwasser**

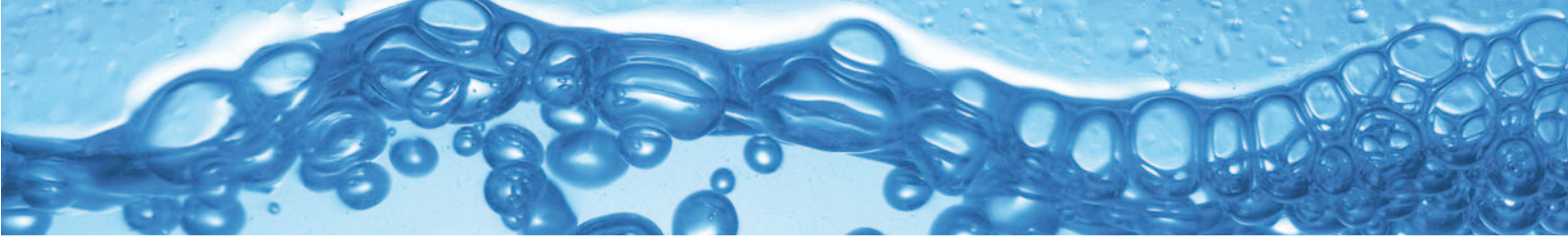
Ein Grundwasserleiter ist für Wasser durchlässig, weil er von verbundenen Hohlräumen – wie Poren oder Spalten – durchzogen ist. Oft ist der Grundwasserleiter nicht vollständig mit Grundwasser gefüllt, so dass die Grundwasseroberfläche steigt, sobald neues Wasser hinzukommt. In solchen Fällen spricht man von ungespanntem oder freiem Grundwasser, weil der Grundwasserspiegel abhängig von der Grundwassermenge variabel und somit frei ist. Dies ist der häufigste Fall oberflächennaher Grundwasserleiter.

Allerdings gibt es auch den Fall, dass ein Grundwasserleiter nach oben hin mit einer weitgehend wasserundurchlässigen Schicht bedeckt und vollständig mit Wasser befüllt ist. Lagern Grundwassernichtleiter sowohl über als auch unter einem Grundwasserleiter, beschränken sie die Bewegung des Grundwassers auf diesen Grundwasserleiter. Unter diesen Bedingungen spricht man von einem gespanntem Grundwasser.

Oberhalb des eigentlichen Grundwasserleiters, also innerhalb der ungesättigten Bodenzone, können schlecht durchlässige Schichten vorhanden sein, auf denen sich vor allem nach starken Niederschlägen ein eigener Grundwasserkörper bildet. Dieser wird als schwebender Grundwasserleiter bezeichnet, der sich meist in Form kleinerer Linsen erstreckt. Allerdings sind auch Fälle schwebender Grundwasservorkommen mit Ausdehnungen über viele Quadratkilometer bekannt.

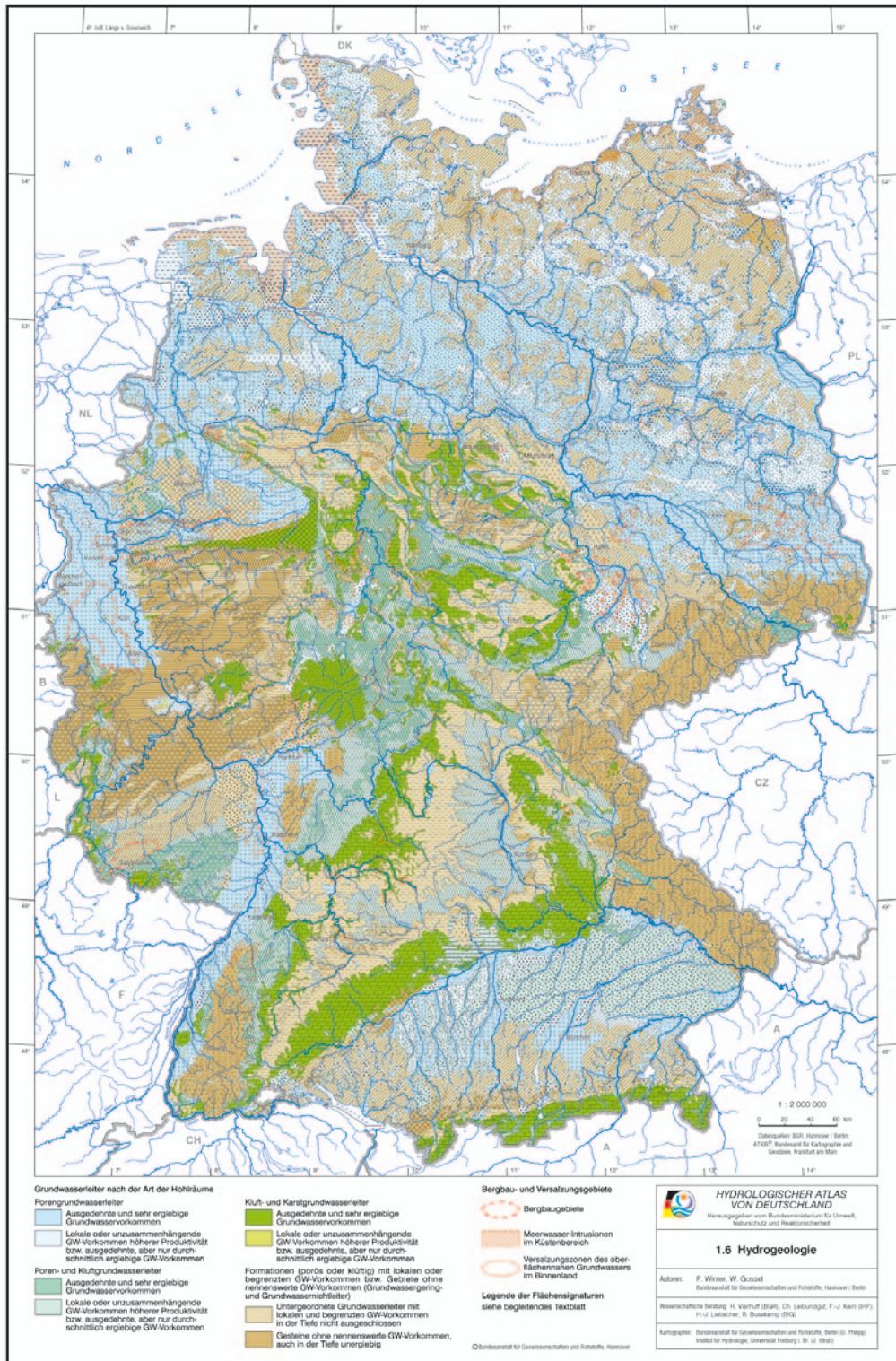
Ein Extremfall des gespanntem Grundwassers ist das artesischen Grundwasser, benannt nach der nord-





# Grundwasser

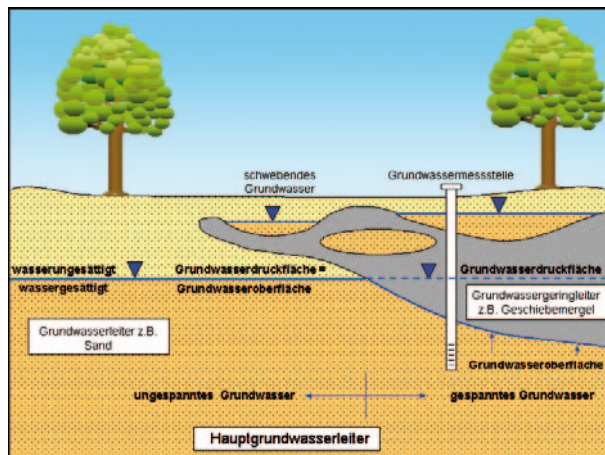
**Abbildung 5**  
**Vorkommen verschiedener Grundwasserleiter in Deutschland**



Quelle: Hydrologischer Atlas von Deutschland (HAD), BMU, 2003



**Abbildung 6**  
Grundwasser ist in verschiedenen Tiefen anzutreffen



Quelle: Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz, Abteilung Integrativer Umweltschutz, 2007

französischen Region Artois. Hier liegt der Druckwasserspiegel über der Erdoberfläche, bei Auftreten von Klüften oder Spalten in der überlagernden undurchlässigen Schicht steigt das unter Druck stehende Grundwasser in die Höhe und tritt – oft fontänenartig – an die Erdoberfläche. Artesische Quellen oder Brunnen waren in der Vergangenheit sehr erwünscht, weil die Wassergewinnung keine Energie erfordert, da das Pumpen des Wassers an die Oberfläche entfällt. Meist erschöpft sich ein artesisches Wasser allerdings – wie eine Ölquelle – mit der Zeit. Denn der Druck lässt nach. Liegt die artesischen Quelle jedoch in einem Tal und der Grundwasserleiter, aus dem es sprudelt, ist derselbe, dessen Grundwasseroberfläche sich viele Meter über dem Austrittspunkt im Berg befindet, kann das Wasser unaufhörlich weitersprudeln. Von diesen, wegen des hydrostatischen Drucks des Wassers entstandenen artesischen Quellen, sind die durch Hitze erzeugten Geysire zu unterscheiden.

## Hydrogeologische Regionen in Deutschland

Die Beschaffenheit des Grundwassers in Deutschland unterscheidet sich regional erheblich. Je nach

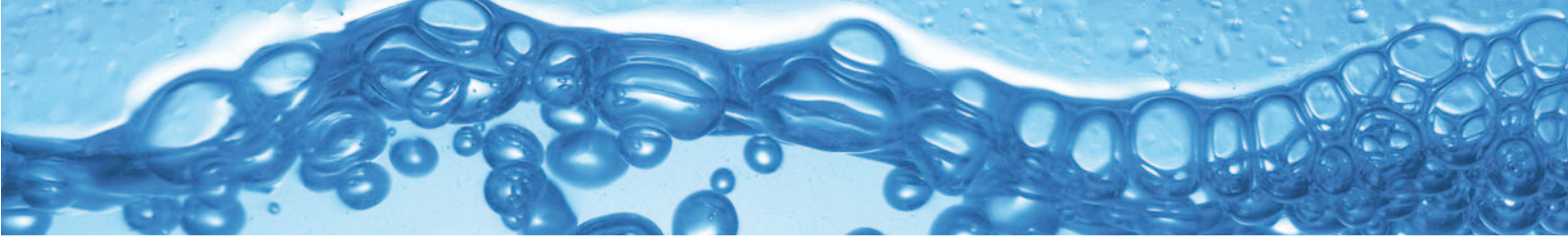
Region schmeckt das Wasser sogar unterschiedlich. Die Wasserhärte, das heißt, die Art und die Konzentration der verschiedenen anorganischen Wasserinhaltsstoffe variieren deutschlandweit mehr oder weniger stark. Diese Unterschiede haben zunächst nichts mit einer Verunreinigung des Grundwassers durch den Menschen zu tun. Sie sind – wegen unterschiedlicher natürlicher Gegebenheiten – von der Art und Menge der im Grundwasser gelösten anorganischen Stoffe abhängig. Grundwasser, das beispielsweise durch Karbonatgesteine (Kalke bzw. Dolomite) fließt, enthält große Mengen an Calcium und Magnesium. Erhöhte Gehalte an Sulfat findet man beispielsweise in Gebieten, in deren Untergrund Gips auftritt, wie zum Beispiel in der Gegend von Sontra-Eschwege (Richelsdorfer Gebirge im Nordosten Hessens). Häufig aber auch in der Umgebung von Salzstöcken, zum Beispiel südöstlich von Bremen oder in der Gegend von Oldenburg.

Der Hydrologische Atlas der Bundesrepublik Deutschland unterteilt die wichtigsten Landschaftseinheiten Deutschlands in fünf übergeordnete hydrogeologische Regionen sowie jeweils zwei bis sieben Unterregionen. Hierbei wird nicht nur die Beschaffenheit des Grundwassers, sondern auch die Art und Stärke der Grundwasserführung betrachtet (siehe Abbildung 7).

Großräumig lässt sich Deutschland in die hydrogeologischen Regionen „Küste“, „Flachland und Lockergesteinsregion“, „Deutsche Mittelgebirge“ sowie „Deutsche Alpen und Voralpen“ unterscheiden. Die hydrogeologische Region „Küste“ ist durch den Einfluss der Nord- und Ostsee geprägt. Hier sind nur eng begrenzt nutzbare Grundwasserkörper vorhanden, etwa auf den Düneninseln vor der friesischen Küste. Zumeist stehen die Grundwasser führenden Lockergesteine in direktem Kontakt zu unterirdisch eingedrungenem Meerwasser und sind deshalb salzig.

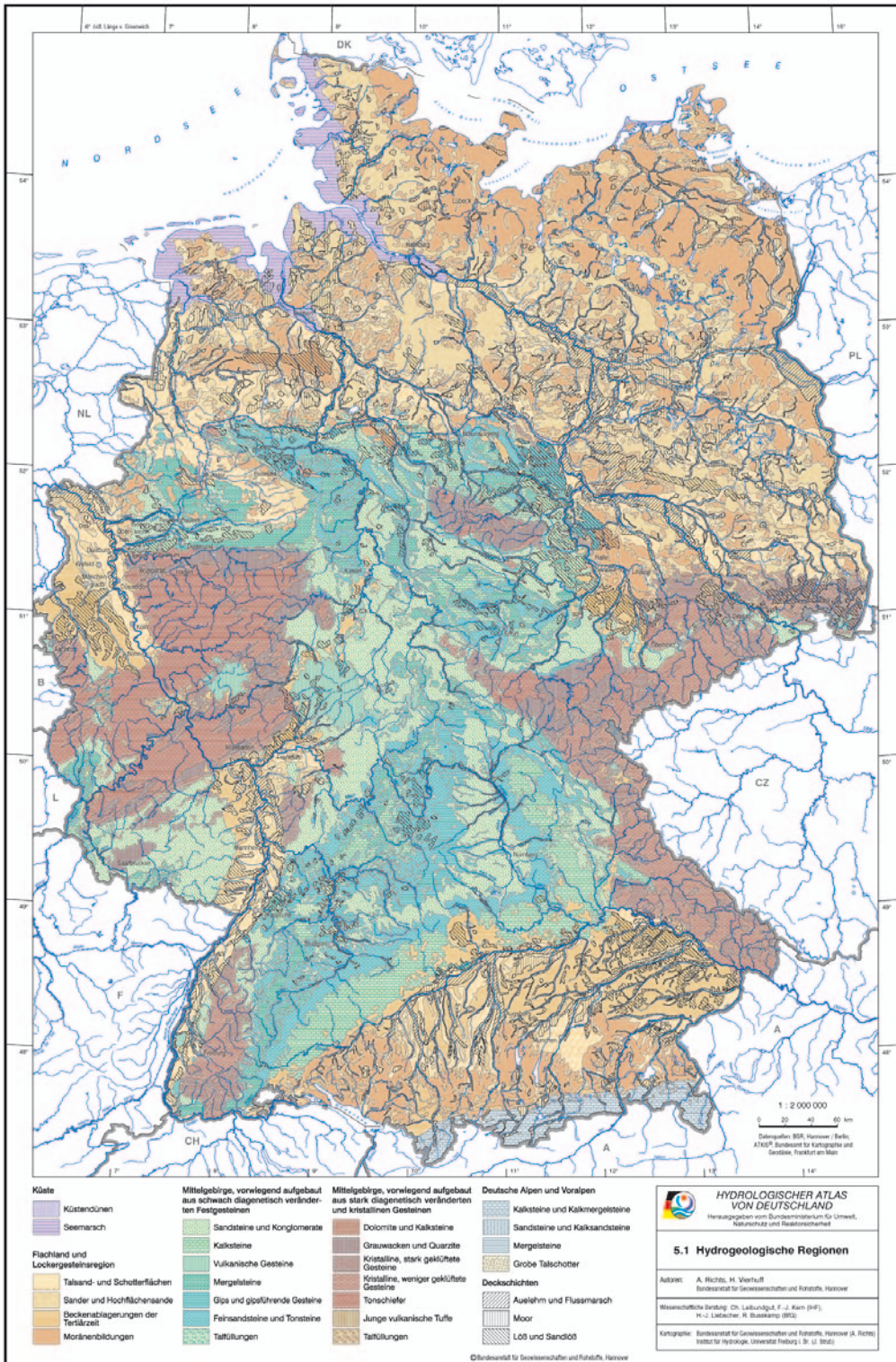
Die hydrogeologische Region „Flachland und Lockergesteinsregion“ erstreckt sich über große Teile Nord- und Süddeutschlands. Sie ist hauptsächlich





Grundwasser

Abbildung 7  
Hydrogeologische Regionen in Deutschland



Quelle: Hydrologischer Atlas von Deutschland (HAD), BMU, 2003



aus lockeren Ablagerungen (Sand, Kies, Lehm) der jüngsten geologischen Geschichte aufgebaut.

Die deutschen Mittelgebirge gehören zwei Regionen an, die sich in den hydrogeologischen Eigenschaften der dort vorherrschenden Gesteinsarten unterscheiden: Die hydrogeologische Region „Mittelgebirge aus schwach diagenetisch veränderten Festgesteinen“ umfasst Gebiete, in denen vorwiegend Schichtgesteine des geologischen Mittelalters (Mesozoikum) vorkommen. In Süddeutschland bauen diese Gesteine eine weiträumige Schichtstufenlandschaft auf. Die hydrogeologische Region „Mittelgebirge aus stark diagenetisch veränderten und kristallinen Gesteinen“ umfasst Gebiete, in denen vorwiegend Gesteine aus dem Erdaltertum (Paläozoikum) den Untergrund bilden, die einer starken Umformung durch Druck und Hitze ausgesetzt waren.

### Grundwasserbeschaffenheit

Auf seinem Weg durch die Hohlräume des Bodens löst das Wasser Mineralstoffe und gibt sie teilweise an anderer Stelle wieder ab. Maßgeblich jedoch bestimmen die im Speichergestein vorhandenen Mineralien, also der durchflossene geologische Untergrund, die chemische Beschaffenheit des Grundwassers. Das Wasser wird immer reicher an Mineralien, je tiefer es in den Untergrund vordringt.

Diese Mineralien liegen dissoziiert, das bedeutet gelöst als positiv oder negativ geladene Ionen, vor. Sie können vom Grundwasser theoretisch so lange aufgenommen werden, bis die Sättigungsgrenze erreicht ist. Wann die Sättigung erreicht ist, hängt von Faktoren wie Temperatur und pH-Wert ab. Je höher der Gehalt an gelösten Mineralstoffen, also an positiv oder negativ geladenen Ionen im Grundwasser ist, desto leitfähiger wird es. Daher lässt sich mit der Bestimmung der Leitfähigkeit der Gesamtmineralgehalt gut abschätzen.

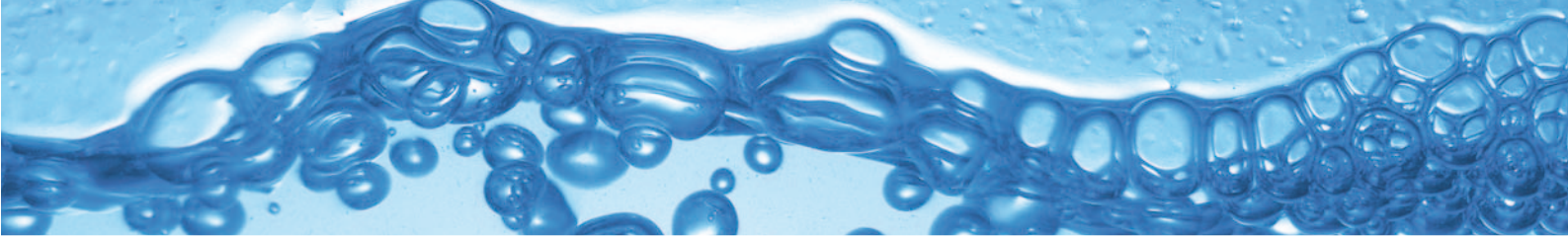
In das Grundwasser gelangen jedoch nicht nur Stoffe natürlicher, das heißt geogener Herkunft.

Auch menschliches Handeln ist dafür verantwortlich. Diese so genannten anthropogenen Stoffe können beispielsweise Streusalz, in der Landwirtschaft verwendete Dünge- und Pflanzenschutzmittel oder Mineralöle sein. Die Auswirkungen menschlichen Handelns auf das Grundwasser werden in den Kapiteln 3 und 4 näher betrachtet.

In Abbildung 8 sind Gebiete mit örtlich überhöhten Chlorid-, Sulfat- sowie Eisen- und Mangangehalten dargestellt. Höhere Chlorid-Werte können auf Meerwassereinstrom, Aufstieg salzhaltigen Tiefenwassers oder Vorkommen von Salinargesteinen, aber auch auf einen anthropogenen Eintrag zurückgehen. Deutlich überhöhte Sulfatgehalte sind neben Pyritverwitterung meist auf anthropogene Einflüsse zurückzuführen. Dargestellt in Abbildung 8 sind Gebiete mit Sulfatkonzentrationen über 240 Milligramm pro Liter (mg/l) – entsprechend dem Grenzwert der Trinkwasserverordnung. In sauerstoffarmen Grundwässern sowie bei niedrigem pH-Wert sind häufig erhöhte Eisen und Mangangehalte anzutreffen. In der Karte hervorgehoben sind Gebiete mit Eisengehalten über 0,1 mg/l bzw. Mangankonzentrationen über 0,05 mg/l.

### Wasserhärte

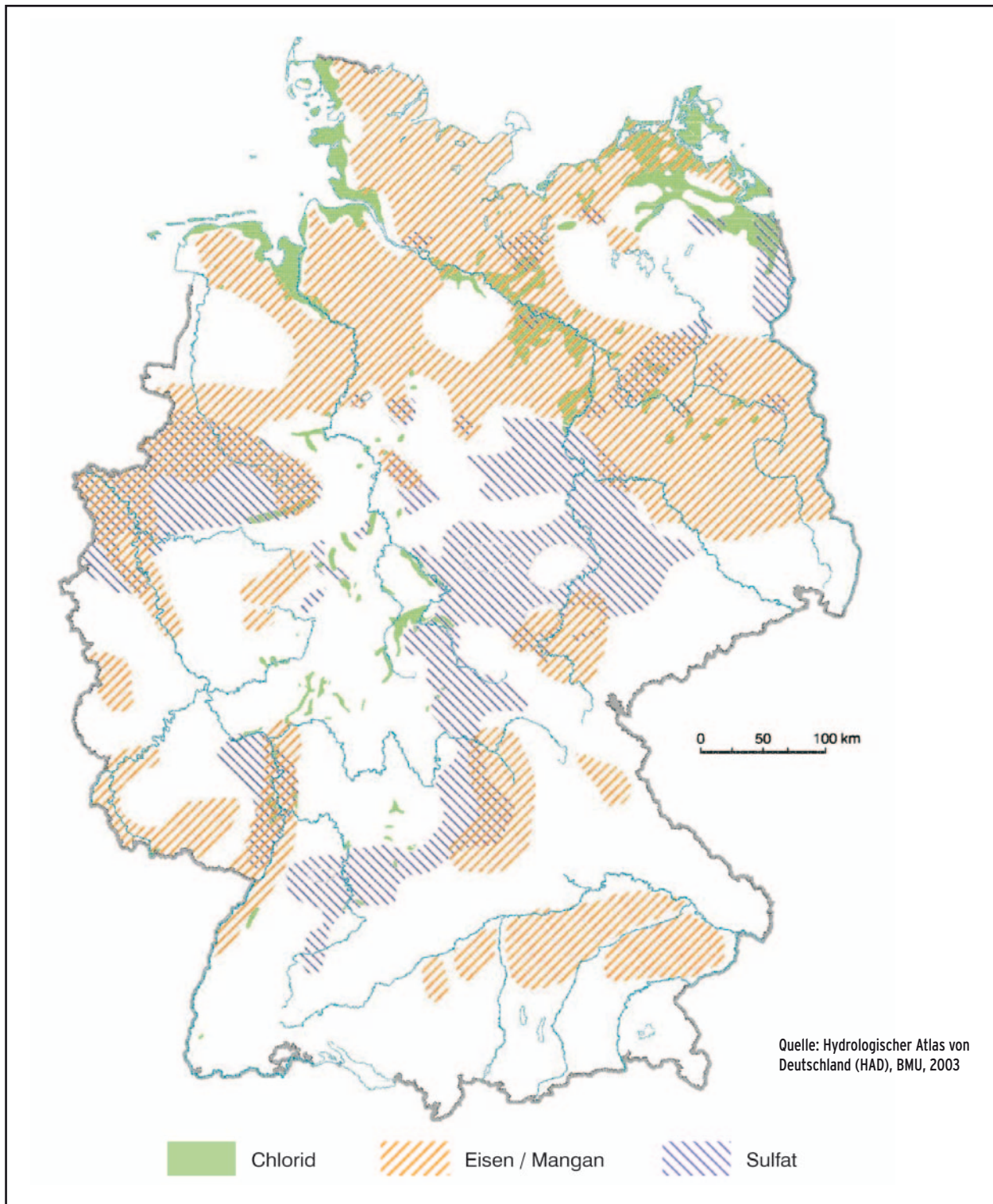
Die Gesamthärte des Wassers gibt an, wie stark das Wasser mit Calcium- und Magnesiumionen versetzt ist. Sie setzt sich aus der Karbonathärte, die man beim Kochen ausfällen kann, sowie der verbleibenden Nichtkarbonathärte zusammen. Die Gesamthärte des Wassers ist besonders bei technischen Vorgängen wichtig, da diese härtebildenden Ionen zur Bildung von so genanntem Kesselstein in Töpfen, in Maschinen und Rohrleitungen führen. Die Härteinteilung stammt aus dem Waschmittelgesetz. Calcium und Magnesium bilden bei einer Zugabe von Waschmitteln schwer lösliche Kalkseifen. Das Waschmittel muss also bei einer größeren Härte des Wassers stärker dosiert werden, um die gleiche Waschwirkung zu erzielen. Über die Wasserhärte informiert der örtliche Wasserversorger. Es gibt in verschiedenen Ländern unterschiedliche



Grundwasser

### Abbildung 8

Grundwässer mit erhöhten Chlorid-, Sulfat- und Eisen-/Mangangehalten





Einteilungen der Härtebereiche. So gibt es eine eigene Skala der USA und von Skandinavien. Deutschland passte mit der am 5. Mai 2007 in Kraft getretenen Änderung des Wasch- und Reinigungsmittelgesetzes seine Einteilung der Härtegrade – wie in Tabelle 1 gezeigt – an die anderen europäischen Werte an.

Die Härte des Trinkwassers kann innerhalb Deutschlands stark variieren (siehe Abbildung 10 - Wasserhärte). Auf die Versorgung des Menschen mit Mineralstoffen hat die Wasserhärte allerdings nur geringe Auswirkungen, da das Leitungswasser nur eine untergeordnete Rolle bei der Versorgung mit Calcium und Magnesium spielt.

### Temperatur, pH-Wert und Sauerstoffgehalt

Die Temperatur, der pH-Wert und der Sauerstoffgehalt bestimmen neben dem Mineralgehalt die Eigenschaften des Grundwassers wesentlich. Ihre Werte hängen von zahlreichen Bedingungen ab, die sich teilweise gegenseitig beeinflussen. Trotzdem lassen sich allgemeine Trends feststellen, denen sie folgen.

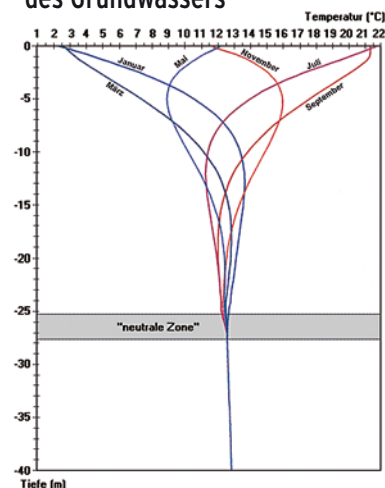
Die größte Wärmequelle für oberflächennahes Grundwasser ist die Strahlung der Sonne, die auf die Erdoberfläche trifft. Wo Wasser an der Erdoberfläche versickert und in oberflächennahe Grundwasserleiter gelangt, wird deren Temperatur beeinflusst. Relativ starke, oft jahreszeitlich bedingte Temperaturschwankungen des Grundwassers sind die Folge (siehe Abbildung 9). Die Temperaturen

tieferer Grundwasservorkommen liegen im Gegensatz dazu oft konstant beim Temperaturmittel längerer Zeiträume. Zusammen mit der Temperatur des Außengesteins nimmt auch die Temperatur des Grundwassers in größeren Tiefen im Mittel um 3 Grad Celsius (°C) pro 100 Meter Tiefe zu.

Der pH-Wert des Grundwassers hängt von den gelösten Stoffen, der Temperatur und dem Druck ab. So wandert der Neutralpunkt des Wassers – bei 24 °C ist Wasser bei pH 7,0 neutral – bei höheren Temperaturen zu niedrigeren pH-Werten (pH 6,51 bei 60 °C) und bei niedrigeren Temperaturen zu höheren pH-Werten (pH 7,47 bei 0 °C).

In der Regel ist das Grundwasser mit Sauerstoff versetzt. Allerdings kann in abgeschlossenen Grundwasserleitern im Laufe der Zeit aufgrund chemischer und biologischer Prozesse der Sauerstoffgehalt sinken, so dass das Grundwasser eine reduzierende Wirkung auf die anstehenden Mineralien hat.

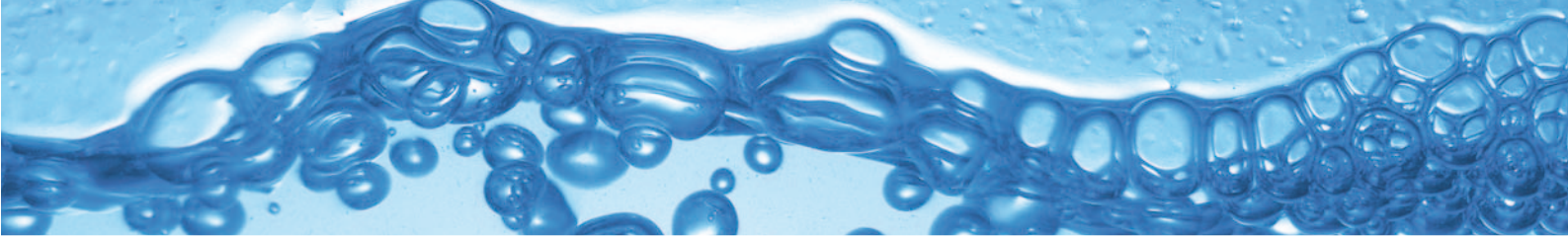
**Abbildung 9**  
Jahreszeitlicher Temperaturgang des Grundwassers



Quelle: Digitaler Umweltatlas Berlin, Datengrundlage: Informationssystem Stadt und Umwelt (ISU) der Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz, Abteilung Integrierter Umweltschutz, 1999

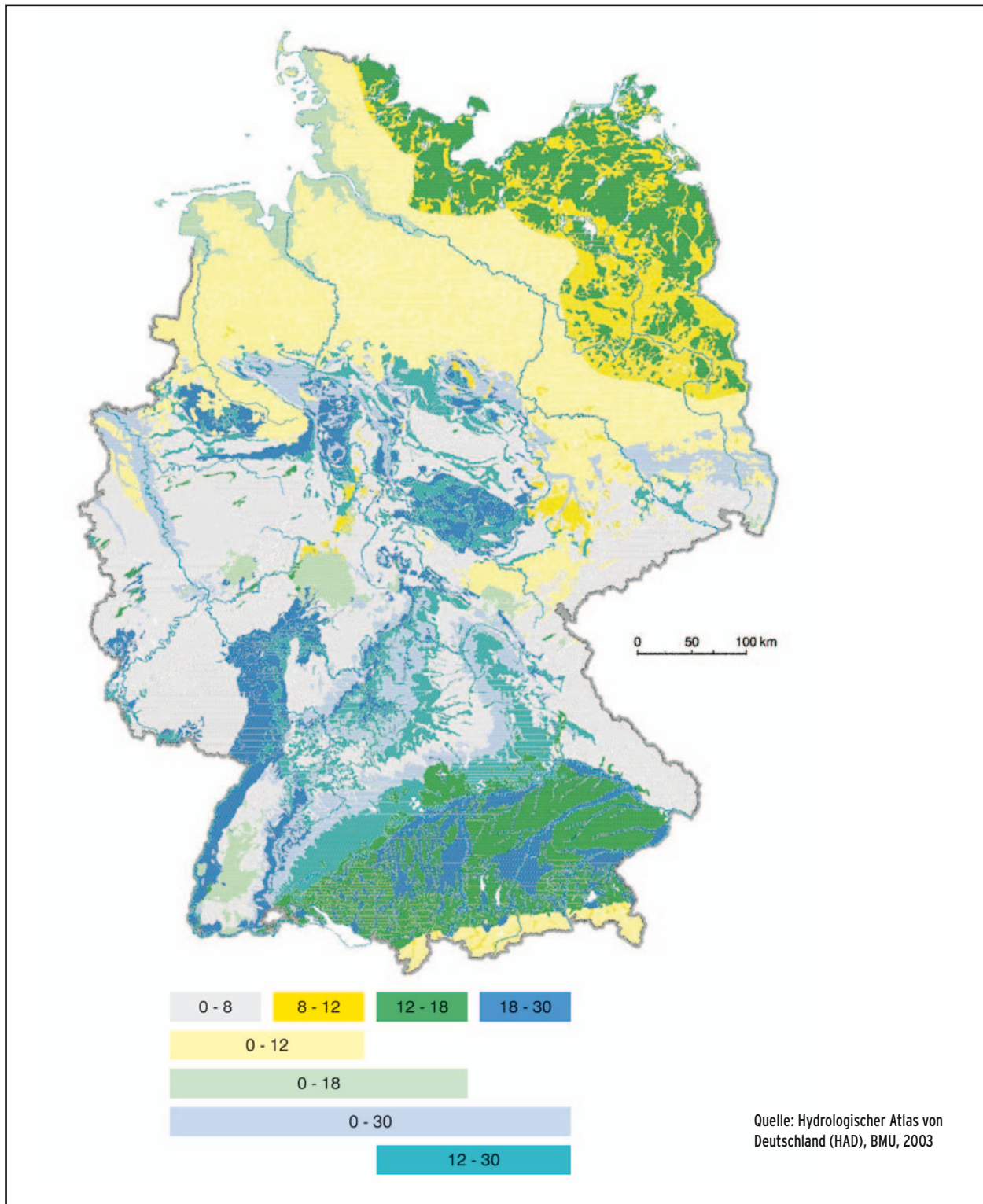
**Tabelle 1: Einteilung der Härtebereiche**

Härtebereich	Millimol Calciumcarbonat je Liter	°dH (Grad deutsche Härte)
weich	weniger als 1,5	weniger als 8,4
mittel	1,5 – 2,5	8,4 – 14
hart	mehr als 2,5	mehr als 14



Grundwasser

Abbildung 10  
Wasserhärte in °dH





## Tiefes Grundwasser

Selbst in acht oder neun Kilometern Tiefe findet sich in durchlässigen Gesteinsserien noch Wasser. In einigen tiefen Bereichen der Erdkruste spielen heiße, hoch konzentrierte Wässer eine wichtige Rolle bei der Bildung metamorpher Gesteine. Das sind Gesteine, deren ursprüngliche mineralogische Zusammensetzung und Gefüge durch die Einwirkung von Druck und Temperatur sowie der Abgabe oder Aufnahme chemischer Komponenten, also auch Wasser, verändert wurde. Heißes Tiefenwasser tritt an vielen Orten der Erde als heißes Quellwasser an die Erdoberfläche. Diese hydrothermalen Wässer sind reich an Mineralien, die bei hohen Temperaturen aus dem Gestein herausgelöst werden. Die meisten hydrothermalen Wässer der Kontinente sind größtenteils auf Wässer zurückzuführen die



Hydrothermale Wässer sind als Trinkwasser nicht geeignet, allerdings interessant zur Energieerzeugung

bereits am Wasserkreislauf beteiligt waren, sogenannte meteorische Wässer. Auf dem Weg in die tieferen Bereiche der Erdkruste und dem anschließenden Zutagetreten als hydrothermales Wasser, können diese meteorischen Wässer bis zu einigen tausend Jahre alt werden. Eine andere Quelle ist das aus Magma freigesetzte Wasser, auch als juveniles Wasser bezeichnet. Hydrothermale Wässer liefern wegen ihres hohen Gehaltes an gelösten Stoffen keinen Beitrag zur Trinkwasserversorgung, sind aber hinsichtlich Energieerzeugung und wegen ihrer heilenden Wirkungen für die Öffentlichkeit interessant.

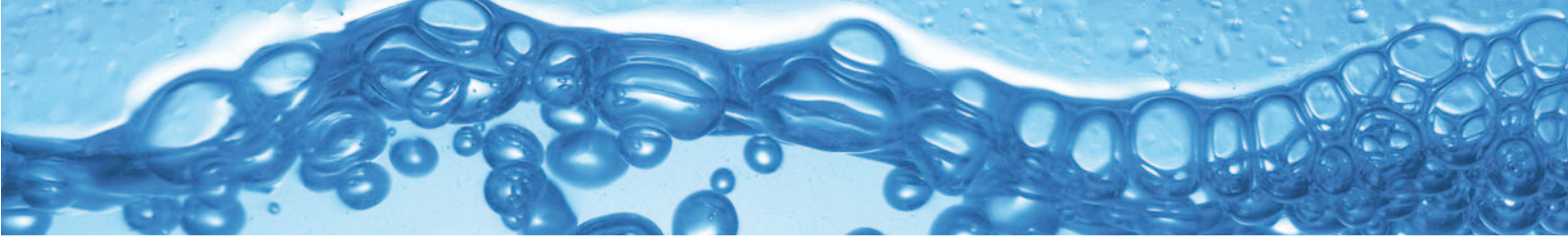
## 2.2 Lebensraum Grundwasser

Der Untergrund ist nicht nur ein wichtiger, für uns nutzbarer Wasserspeicher, sondern auch ein Lebensraum, den eine vielfältige Organismengemeinschaft besiedelt. Das wohl größte limnische, also Süßwasser bestimmte Ökosystem erstreckt sich weltweit im Grundwasser und übernimmt wichtige Mittlerfunktionen im globalen Wasser- und Naturkreislauf. Grundwassertiere wurden vermutlich schon vor über 460 Jahren entdeckt. Im Jahr 1541 fanden die Menschen erste blinde Höhlenfische in einer Höhle in China. Ungefähr 150 Jahre später beschrieben Forscher den Fund eines Grottenolms in einer slowenischen Karsthöhle. Diesem ungewöhnlichen Tier fehlen Augen und Körperfarbe – äußere Merkmale, die für Grundwassertiere ganz typisch sind. Auch wenn dieser Lebensraum für uns verborgen und nahezu unzugänglich ist und viele seiner Facetten noch unerforscht sind, wissen wir doch schon einiges über dieses einzigartige Ökosystem und seine Bewohner, die auf besondere Weise an die kargen Bedingungen im Grundwasser angepasst sind.

### Die natürlichen Bedingungen des Lebensraumes

Die unterirdischen Lebensbedingungen unterscheiden sich in vielerlei Hinsicht von den Gegebenheiten





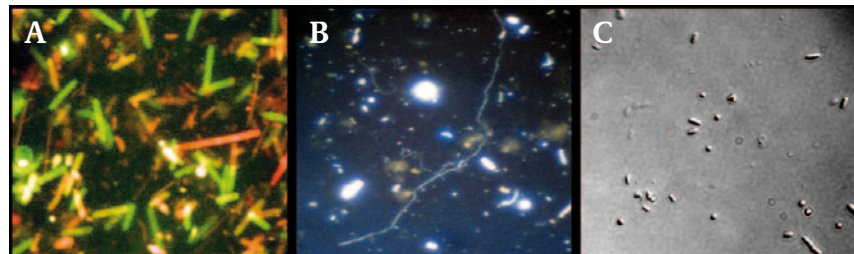
## Grundwasser

ten in oberirdischen Gewässern. Die mächtigen überdeckenden Bodenschichten puffern Einflüsse von außen weitgehend ab oder vermindern deren Wirkung in Richtung Grundwasser. Im Grundwasser selbst herrschen vergleichsweise stabile, konstante und vorhersagbare physikalisch-chemische Bedingungen, die die abiotischen Faktoren des Ökosystems, also die Umweltfaktoren an denen Lebewesen nicht erkennbar beteiligt sind, bestimmen. In unseren Breiten liegt die Temperatur oberflächennaher Grundwasserleiter bei durchschnittlich 10 bis 12°C und entspricht mehr oder weniger der Jahresdurchschnittstemperatur der Oberfläche. Gleichzeitig verhindern die überlagernden Deckschichten, dass Licht eindringt. Es herrscht also völlige Dunkelheit. Wegen der fehlenden Lichtenergie ist keine Photosynthese möglich und damit auch keine systemeigene Produktion von Sauerstoff und organischer Substanz. Damit sind die Grundwasserorganismen auf oberflächige Stoffeinträge, die sie als Nahrungsquelle nutzen können, angewiesen. Organisches Material wird nach der Bodenpassage mit dem Regen- und Schmelzwasser eingeschwemmt oder über oberirdische Gewässer in den Untergrund eingetragen. Auf diesen Wegen werden Teile davon in den Bodenschichten zurückgehalten oder von Bodenorganismen abgebaut. Im natürlichen Stoff- und Wasserkreislauf gelangen so nur wenige Nährstoffe in das Grundwasser. Das knappe Nahrungsangebot setzt sich aus gelösten und partikulär gebundenen organischen Anteilen zusammen, dessen Verfügbarkeit die biologische Aktivität des Grundwasserlebens limitiert. Natürlich sind die Besiedlungsmöglichkeiten auch von der Beschaffenheit des Untergrundes abhängig. Die Art des Grundwasserleiters bestimmt die Fließgeschwindigkeit des Wassers und die Größe der durchströmbaren Räume im Gestein.

Außer bei Karstgebieten mit seinen durchgängigen Klüften sind die Poren und Lücken eher klein und eng.

### Die Lebensgemeinschaft und ihre Anpassungsstrategien

Im Vergleich zu den oberirdischen Systemen ist das Grundwasser eher dünn besiedelt, also relativ arm an Zahl und Vielfalt der einzelnen Arten.



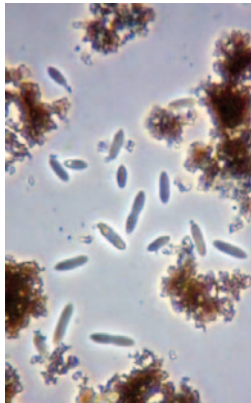
### Bakterienhäufigkeiten und -größen im Vergleich

- (A) Bakteriengemeinschaft aus der Übergangsschicht zu Salzwasser unterhalb eines Sees (gefärbt mit Acridin Orange);
- (B) Bakterien in einem organisch verschmutzten Grundwasserleiter (gefärbt mit DAPI);
- (C) Bakterien in einem natürlichen Grundwasser (Phasenkontrastaufnahme)

Ursache hierfür sind die speziellen kargen Lebensbedingungen, unter denen nur an die Besonderheiten des Ökosystems angepasste Organismen überleben können. So findet man im Grundwasser nur wenige Organismengruppen, deren Vertreter sich wegen ihrer äußeren Gestalt sowie wegen ihrer Stoffwechsel- und Fortpflanzungsstrategien auf das Leben im Untergrund spezialisiert haben. Innerhalb der Gruppen gibt es dennoch eine erstaunliche Vielfalt an Lebewesen, die in engen Wechselbeziehungen zueinander stehen. Grundwasserorganismen sind sehr klein, meist nur einige Millimeter, ganz selten wenige Zentimeter groß. Die Lebensgemeinschaft setzt sich aus Bakterien, Pilzen sowie winzigen ein- und mehrzelligen Tieren zusammen.

## Die mikrobielle Gemeinschaft

Mikroorganismen sind sehr vielseitig und können selbst an extremen Standorten vorkommen. So weiß man heute, dass Mikroorganismen Tiefen in einigen hundert bis zu einigen tausend Metern, in denen hohe Temperaturen und hohe Drücke herrschen, überleben können. Zur mikrobiellen Gemeinschaft im Grundwasser gehören Bakterien, Pilze und Protozoen, also einzellige Tiere.



**Bakteriengemeinschaft im Grundwasser (Phasenkontrastaufnahme)**

Die bestimmende Gruppe sind die Bakterien. Die Bakterienzahlen im Grundwasser sind zwar geringer als im Oberflächenwasser, unter den Grundwasserbewohnern haben sie aber die größte Individuendichte. Damit bilden sie die meiste Biomasse im Untergrund. Die verschiedenen Bakterientypen haben das Vermögen, unterschiedliche Kohlenstoff- und Nährstoffressourcen zu nutzen und regulieren als Folge ihrer Stoffwechselaktivitäten maßgeblich die Stoff- und Energiekreisläufe in den unterirdischen Ökosystemen. Zum Teil leben die Bakterien frei im Grundwasser, häufiger sind sie jedoch an kleine Sedimentkörner, Steine oder Teilchen organischen Materials angeheftet. Mit dem Überziehen der kleinen Partikel bilden sie den so genannten Biofilm, der den Grundwassertieren als Nahrungsgrundlage dient.

Die Protozoen im Grundwasser sind mit nur wenigen Mikrometern Größe an das begrenzte Nährstoffangebot und die kleinen Porenräume, in denen sie sich bewegen können, angepasst. Gefunden wurden bisher verschiedene Formen von Geißeltierchen (Flagellaten), Wechseltierchen (Amöben) und Wim-

perntiere (Ciliata), deren Hauptnahrung die Bakterien sind. Indem sie den bakteriellen Biofilm beweiden oder auch Bakterien aus dem Wasserstrom herausfiltern, regulieren sie das Bakterienwachstum und verhindern so etwa das Verstopfen des Grundwasserleiters. Unter den Protozoen selbst gibt es auch räuberische Exemplare, wie die Sonnentierchen (Heliozoa). Sie sind etwas größer als die anderen Arten, die ihnen als Nahrung dienen. Damit verhindern sie wiederum eine übermäßige Massentwicklung der Protozoen.

Von den aquatischen Pilzen sind erst wenige Typen bestimmt und auch über ihre Lebensformen ist im Vergleich zu den anderen Organismengruppen weniger bekannt. Auch die Pilze nutzen die organischen Kohlenstoffverbindungen als Lebensgrundlage und übernehmen so eine wichtige Rolle im mikrobiellen Stoffumsatz des unterirdischen Nahrungsgefüges.



**Aus dem Grundwasser isolierte Amöbe (wahrscheinlich Gattung *Vanella*) frisst ein Bakterium indem es dieses umfließt**

## Die Grundwasserfauna

Neben der vielfältigen Mikroflora leben im Grundwasser zahlreiche Grundwassertiere, die sich in den wassergefüllten Lücken und Klüften des Untergrundes bewegen. Das große Spektrum der Grundwassertiere umfasst Arten, von denen es oft Verwandte im Oberflächenwasser gibt. Die wichtigsten Gruppen sind die Krebstiere. Hinzu kommen Asseln, Schnecken, Würmer und Muscheln.

Die Grundwassertiere sind wegen ihres Körperbaus und ihrer Stoffwechselregulation an ihren Lebensraum angepasst – auch sie sind meist mikroskopisch klein. Häufig zu finden sind millimetergroße,





**Winzig klein und durchscheinend:  
die Assel (*Caecospheroma burgundum*) und der  
Höhlenflohkrebs (*Niphargus aquilex*)**

langgestreckte, wurmartige Körperformen, die den Tieren Leben und Fortbewegung in der räumlichen Enge ermöglichen. Augenlos und ohne Körperpigmente, aber mit Tastorganen ausgestattet, sind sie ebenso an Dunkelheit und Nahrungsarmut angepasst wie durch einen reduzierten Stoffwechsel und verlangsamte Lebens- und Fortpflanzungszyklen. Dadurch können sie bis zu 15-mal älter werden als artverwandte Organismen im Oberflächenwasser. Mit ihren biologischen Funktionen nehmen auch sie einen wichtigen Platz im systematischen Gefüge des Untergrundes ein. Sie beweiden den bakteriellen Aufwuchs im Untergrund und treiben darüber die mikrobiellen Umsetzungsprozesse an. Außerdem zerkleinern sie selbst kontinuierlich organisches Material. So halten sie das Lückensystem im Grundwasserleiter frei und verhindern ein Verstopfen der Poren. Das Wasser kann fließen, Nährstoff- und Energietransport bleiben erhalten.

## Schädliche Einflüsse und ihre Bewertung

Im Grundwasser steuern hydrologische, physikalische und geochemische Einflüsse das sensible Gleichgewicht der Biosphäre. Die Aktivitäten und Funktionen der einzelnen Organismen sind eng aufeinander abgestimmt, sie tragen durch Reinigungsleistungen zum Erhalt der Qualität des Grundwassers bei. Wird das empfindliche Milieu im Grundwasser gestört, hat dies negative Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit der Grundwasserorganismen, die „Selbstreinigungskraft“ des Grundwassers lässt nach.

Stets verursachen äußere Einflüsse diese Störungen. Beispielsweise geht wegen Grundwasserabsenkungen oder übermäßiger Wasserentnahmen wichtiger Lebensraum verloren. Große Temperaturschwankungen oder Schad- und Nährstoffeinträge können das System langfristig schädigen. Verschmutzungen machen Teile des Untergrundes für bestimmte Organismen unbewohnbar. Bei einem Überangebot an Nährstoffen wandern systemfremde Oberflächenorganismen ein und verdrängen die an Nahrungsarmut angepassten Grundwasserbewohner. Verschlechtern sich also die Lebensraumbedingungen für die Grundwasserorganismen, schränkt sich ihre Leistungsfähigkeit ein. Dadurch verschlechtert sich auch die Beschaffenheit und Qualität des Grundwassers. Allerdings ist das Ausmaß der äußeren Einflüsse nicht immer einfach einzuschätzen und zu bewerten, da Zustandsänderungen der Biologie für uns zunächst nicht sichtbar sind. Die bestehende Grundwasserbeobachtung (s. Kap. 5.1), die definierte chemisch-physikalische Parameter misst, ist perspektivisch, um ein biologisches Monitoring zu ergänzen. Dadurch ließe sich der Gesamtzustand der Grundwasserressourcen erfassen. Forschungsbedarf besteht in zweierlei Hinsicht: erstens geeignete Testorganismen zu finden, die als Bioindikatoren stellvertretend die Beeinflussung des Ökosystems anzeigen, und zweitens ein Referenzsystem festzulegen, an dem sich Veränderungen messen lassen.



## 2.3 Abhängige Landökosysteme

Die EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) definiert den Zustand des Grundwassers auch im Zusammenhang mit seinen Einflüssen auf Landökosysteme. Danach ist eine Voraussetzung für das Erreichen eines guten Grundwasserzustands, dass vom Grundwasser keine signifikanten Schäden für angeschlossene terrestrische Ökosysteme ausgehen. Terrestrische Ökosysteme können zum Beispiel Auengebiete, Feuchtwiesen oder Moore sein.

Landökosysteme werden als grundwasserabhängig oder „grundwasserbeeinflusste Ökosysteme“ bezeichnet, wenn der Abstand vom Boden bis zur Oberfläche des Grundwassers weniger als drei Meter beträgt. Dies entspricht etwa der Tiefe, bis zu der Pflanzen ihr Wasser noch direkt aus dem Grundwasser entnehmen können. Liegt der Grundwasserspiegel tiefer, steht den Pflanzen lediglich das Wasser zur Verfügung, das als so genanntes Haftwasser im Boden und Untergrund gebunden ist.

Beeinträchtigungen oder Schäden an Landökosystemen können entstehen, wenn zu wenig pflanzenverfügbares Wasser vorhanden ist. Würde der Grundwasserspiegel so weit sinken, dass Pflanzen nicht mehr genügend Wasser entnehmen könnten, wären Trockenschäden die Folge, das heißt, die Pflanzen würden verdorren. In manchen Fällen reichen hierfür schon geringe Änderungen im Grundwasserstand, durch die bestimmte Arten deutlich begünstigt werden, mit der Folge einer sich verändernden Zusammensetzung der terrestrischen Lebensgemeinschaft.

Schäden an Landökosystemen können auch entstehen, falls das Wasser zu viele (Schad-) Stoffe enthält und dies zu einer Schädigung der Pflanzen führen würde. Schäden an einzelnen Pflanzen sind jedoch

nicht unbedingt mit der Schädigung eines Ökosystems gleichbedeutend. Eine signifikante Schädigung ist es erst dann, wenn wegen einer vom Menschen verursachten Veränderung des Grundwasserzustandes die ursprünglich vorhandene naturraumtypische Lebensgemeinschaft nicht erhalten bleibt, zum Beispiel wenn durch erhöhte Salzkonzentrationen sich die Zusammensetzung der Flora verändert.

Im Gegensatz zu den Auswirkungen sinkender Grundwasserspiegel auf Landökosysteme sind Zusammenhänge zwischen einer Veränderung des (Schad-)Stoffgehalts im Grundwasser und Schäden an Ökosystemen wesentlich seltener und in der Re-

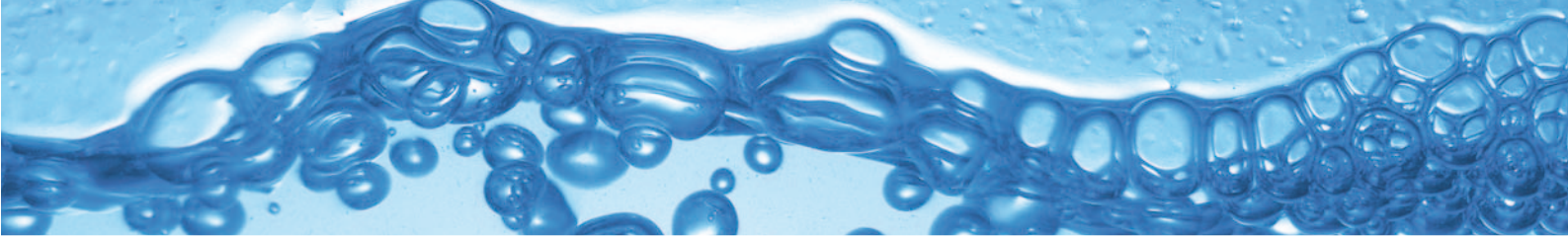


Moorlandschaft in Niedersachsen

gel nur schwer nachweisbar. Bekannte Beispiele sind zunehmende Salzgehalte im Grundwasser, die eine deutliche Veränderung/Schädigung der Ökosysteme bewirken und zur Bildung völlig neuer Ökosysteme – etwa Salzwiesen – führen können.

### Beispiel Hessisches Ried

Das Hessische Ried – das ist der nördliche Teil des Oberrheingrabens – ist wegen seiner natürlichen



## Grundwasser



### Salzwiesen am Schleswig-Holsteinischen Wattenmeer

Gegebenheiten ein riesiger Grundwasserspeicher, der für die Wasserversorgung im gesamten Rhein-Main-Gebiet wichtig ist.

Geprägt ist das circa 1100 Quadratkilometer (km<sup>2</sup>) große Gebiet vom periodischen Absinken und Ansteigen der Grundwasserstände. Mehrjährige Phasen besonders niedriger und auch besonders hoher Wasserstände wechseln sich dort ab und führen zu länger anhaltenden Trocken- oder Vernässungszeiten. Beide Phänomene sind mit großen ökologischen und materiellen Schäden verbunden. Der Mensch greift deshalb schon seit Jahrhunderten in die Natur ein, um den Wasserhaushalt nach seinen Bedürfnissen zu steuern.

Die wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Entwicklung wandelten die einst natürliche Flussauenlandschaft in eine intensiv genutzte Industrie- und Agrarregion mit ständig steigendem Wasserbedarf.

Am Beginn der wirtschaftlichen Nutzung standen vor allem die Gewinnung fruchtbarer Flächen und der Schutz vor Überflutungen. In der zweiten Hälfte

des 19. Jahrhunderts ging es mit der Begradigung des Rheins entscheidend voran, der Mensch zwang den Fluss in einen künstlich vorgehenden Verlauf. Die Trockenlegung ging mit einem großflächigen Meliorationsprogramm – das sind Maßnahmen zur Bodenverbesserung – in den 30er und 40er Jahren des 20. Jahrhunderts weiter. In der ehemals feuchten Fluss- und Auenlandschaft waren landwirtschaftlich nutzbare Flächen entstanden, mit der intensiven Bewirtschaftung und neuen Ansiedlung begann in der Region der wirtschaftliche Aufschwung. Dieser setzte sich in den kommenden Jahrzehnten fort. Der landwirtschaftlichen folgte die industrielle Entwicklung, neue Siedlungsgebiete entstanden, die Einwohnerzahl nahm rasant zu. Wirtschafts- und Bevölkerungswachstum führten zu einem erhöhten Wasserbedarf in den 1960er Jahren. Zur Sicherung des steigenden Trinkwasserbedarfs in den Städten und Gemeinden entstanden innerhalb kurzer Zeit mehrere große Wasserwerke, die zum Teil auch heute noch über Fernleitungen das gesamte Rhein-Main-Gebiet versorgen. Den wachsenden industriellen Bedarf decken die Unternehmen mit betriebseigenen Gewinnungsanlagen.



Die sehr hohe Grundwasserförderung führte zu einem starken Absinken der Grundwasserstände seit Ende der 1960er Jahre, beschleunigt wegen mehrerer, aufeinanderfolgender Trockenjahre.

Weitere Trockenperioden Mitte der 70er und Mitte der 90er Jahre ließen die Grundwasserstände weiter fallen. Die Folge war eine massive Störung des Wasserhaushalts:

- Trocken gefallene Brunnen,
- ausgetrocknete grundwasserabhängige Feuchtgebiete,
- Waldschäden wegen des Wassermangels,
- Schäden an Gebäuden, Straßen und Wegen als Folge von Geländesetzungen (Absinken und Nachgeben des Untergrundes),
- die Landwirtschaft war verstärkt auf künstliche Beregnung der Felder angewiesen.

Anfang der 1980er Jahre begann ein entscheidendes Umdenken bezüglich des Wasser- und des Naturhaushalts: Die Gewässer sind nicht mehr nur reine Nutz- und Abflussmedien. Vielmehr stehen seitdem die Gewässerökologie und die Rückhaltung des Wassers vor Ort im Mittelpunkt der gezielten und planmäßigen Gewässerbewirtschaftung.

Oberflächlich renaturierte man kleinere Fließgewässer und versetzte sie wieder in den naturnahen Zustand. Für den Grundwasserhaushalt leitete man Maßnahmen zur Steuerung und Stabilisierung des Wasserstandes ein. Schwerpunkt der wasserwirtschaftlichen Maßnahmen wurde und blieb bis heute die künstliche Grundwasseranreicherung. Dabei wird dem Grundwasser gezielt Wasser aus oberirdischen Quellen zugeführt. Im Hessischen Ried entstand dafür in den 1980er Jahren die Rheinwasseraufbereitungsanlage – eine Anlage, die Rheinwasser zunächst auf Trinkwasserqualität aufbereitet und dann über Infiltrationsbrunnen dem sauberen Grundwasser zuführt.

Inzwischen betreiben die meisten Wasserwerke Infiltrationsanlagen, mit denen man witterungsab-

hängig den periodisch auftretenden Trocken- und Nassperioden entgegensteuern kann. Je nach Situation erhöht man die Infiltrationsmenge, um ein Absinken der Grundwasserstände zu verhindern, oder drosselt sie oder stellt sie ein, um die naturbedingte Vernässungsgefahr der Siedlungen nicht weiter zu erhöhen.

Um die Grundwasserprobleme zu lösen, kamen zur wasserwirtschaftlich betriebenen Grundwasseranreicherung ökonomische und verwaltungstechnische Instrumente hinzu.

Seit Ende der 1990er Jahre bis zum Jahr 2003 waren alle, die Grundwasser entnehmen, verpflichtet, ein so genanntes Wasserentnahmeentgelt zu entrichten – ein ökonomischer Hebel mit doppelter Wirkung: Erstens fließt der öffentlichen Hand Geld zu, das in Hessen gezielt für Maßnahmen zur Stabilisierung des Grundwasserhaushaltes zum Einsatz kommt. Zweitens sind die Wassernutzer unter dem finanziellen Druck der Wasserkosten zum Wassersparen angehalten. Viele Industrieunternehmen führten wasserarme Produktionsverfahren und/oder Wasserkreislauftechniken ein, die dieselbe Wassermenge mehrfach nutzen. Die Kommunen sensibilisierten auch die privaten Haushalte mit gezielter Öffentlichkeitsarbeit für den bewussten Umgang mit Wasser und unterstützten die privaten Haushalte zum Teil bei der Anschaffung wassersparender Haushaltsgeräte finanziell.

Als kurzfristige Maßnahme in Trockenperioden kann sogar der Wassernotstand ausgerufen werden. Dann gelten für alle Wassernutzer Einschränkungen und Verbote, mit dem Ziel die Gesamtwasserentnahmen zeitweise zu senken.

Um auch die Folgen hoher Wasserstände gezielt abfedern zu können, hat das Land Hessen im Jahr 2002 ein 10-Punkte-Programm zur Vermeidung von Vernässungsschäden, die bei Wasseranstieg und Hochwasser auftreten können, beschlossen.



## 3 Nutzung des Grundwassers

### 3.1 Entnahme des Grundwassers

#### Trinkwassergewinnung

Ob als Trinkwasser, industrielles Prozess- und Kühlwasser oder für die landwirtschaftliche Beregnung – täglich entnehmen wir Wasser für verschiedene Zwecke aus den ober- und unterirdischen Ressourcen. Die öffentliche Wasserversorgung stellt Trinkwasser für nahezu alle Haushalte in Deutschland bereit, versorgt zudem kommunale Einrichtungen wie Schulen, Behörden und Krankenhäuser sowie kleinere gewerbliche Unternehmen.

Zuständig für die Trinkwasserversorgung sind deutschlandweit über 5.000 Unternehmen, die das Wasser zu fast zwei Dritteln aus Grund- und Quellwasser gewinnen. Der Rest des Wasserbedarfs wird aus Oberflächenwasser und Uferfiltrat gedeckt. In der wasserwirtschaftlichen Praxis werden verschiedene Wasserarten unterschieden, die auch die Wasserstatistiken des Bundes und der Länder erfassen. Die jüngste Erhebung aus dem Jahr 2004 zeigt für ganz Deutschland folgendes Bild: Bundesweit wurden rund 5,4 Mio. m<sup>3</sup> Wasser gefördert. Davon entstammen nahezu 4 Mio. m<sup>3</sup> aus Grund- und Quellwässern. Das sind – der längjährigen Statistik entsprechend – ungefähr 74 % des gesamten Wasseraufkommens. Zwischen den Bundesländern gibt es jedoch große Unterschiede (siehe Abbildung 12): Einige Bundesländer decken den Trinkwasserbedarf zu 100 % aus Grundwasservorkommen, andere nutzen auch natürliche oder künstliche Oberflächengewässer – also Seen, Flüssen oder Talsperren – sowie Uferfiltrat und künstlich angereichertes Grundwasser.

Die geförderte Wassermenge ging zwischen 1991 und 2004 um circa 18 % zurück. Ein Grund für den Rückgang der Wasserentnahmen in den letzten Jahren ist der sinkende Pro-Kopf-Verbrauch, der im

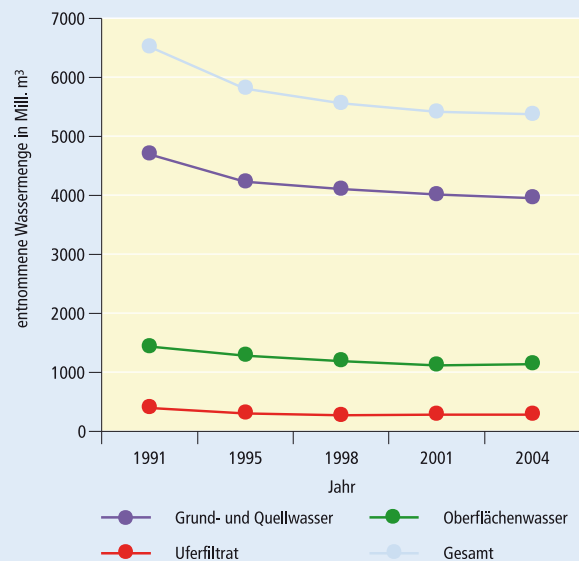
Jahr 2004 bei 126 Litern pro Einwohner und Tag lag. Damit verbrauchen die Einwohnerinnen und Einwohner in Deutschland heute täglich durchschnittlich rund 18 Liter weniger Wasser als noch im Jahr 1991.

Verwendung findet das Wasser für die verschiedenen Bedürfnisse des täglichen Lebens. Der größte Teil dient der Körperpflege und Hygiene, Wasser für die Ernährung macht den kleinsten Teil aus.

#### Grundwasserentnahme für Industrie und Energiegewinnung (Kühlung)

Den größten Wasserbedarf haben in Deutschland nicht die privaten Haushalte, die ihr Wasser über die öffentliche Versorgung erhalten, sondern die

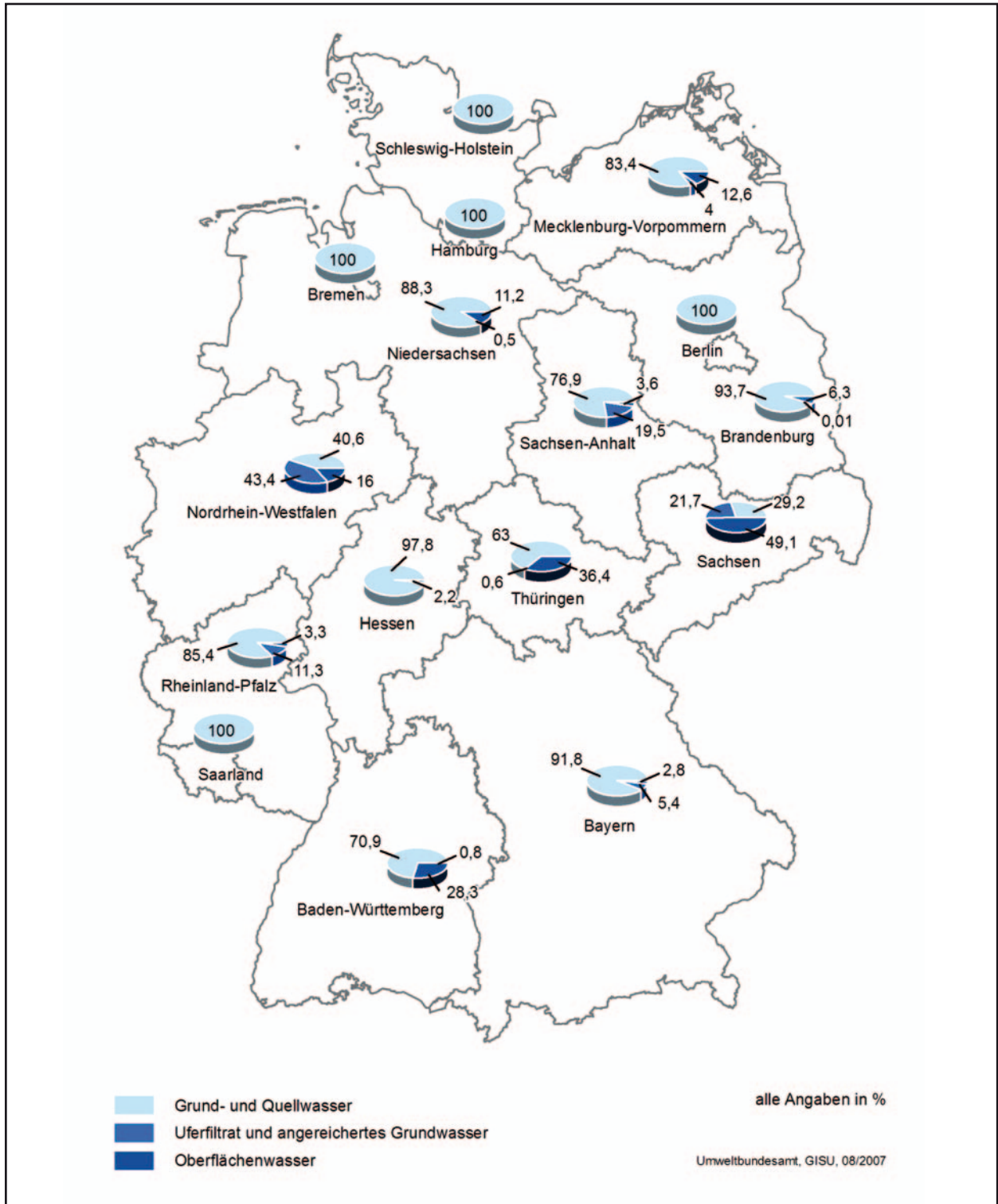
**Abbildung 11**  
Entnommene Wassermenge für die Öffentliche Wasserversorgung getrennt nach Wasserarten



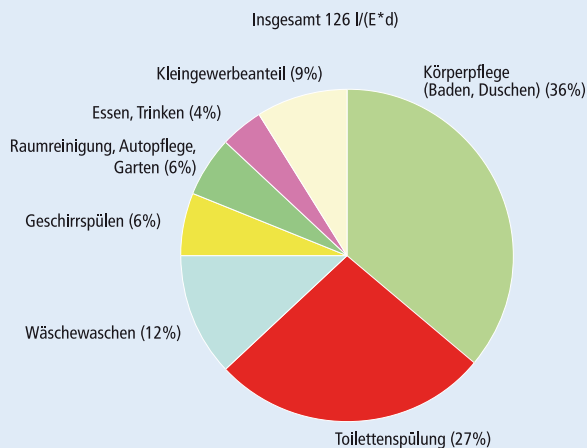
Quelle: Umweltbundesamt (UBA), 2007

Abbildung 12

Unterschiede bei den genutzten Wasserarten in den Bundesländern



**Abbildung 13**  
**Wasserverwendung im Haushalt 2004**  
 (Durchschnittswerte, bezogen auf die Wasserabgabe an Haushalte und Kleingewerbe)



Quelle: Bundesverband der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft e. V. 2006

produzierenden und verarbeitenden Industrien, die das innerbetrieblich benötigte Wasser fast ausschließlich mit eigenen Gewinnungsanlagen fördern. Die mit Abstand größten Wassernutzer sind in Deutschland Wärmekraftwerke, die die öffentliche Strom- und Fernwärmeversorgung sichern. Das Wasser, das sie hauptsächlich für Kühlzwecke einsetzen, stammt zu 99 % aus Oberflächengewässern. Grundwasser spielt nahezu keine Rolle. Auch die anderen Wirtschaftsektoren decken ihren Wasserbedarf zu mehr als 70 % aus Oberflächenwasser,

weniger als 30 % stammen aus den Grundwasserressourcen. Die Tabelle 2 zeigt die entnommenen Wassermengen für das Jahr 2004. Zu beachten ist, dass die Wasserressourcen im eigentlichen Sinne nicht verbraucht, sondern zu einem Großteil in den Wasserkreislauf wieder eingespeist werden.

### Grundwasserentnahme für landwirtschaftliche Bewässerung

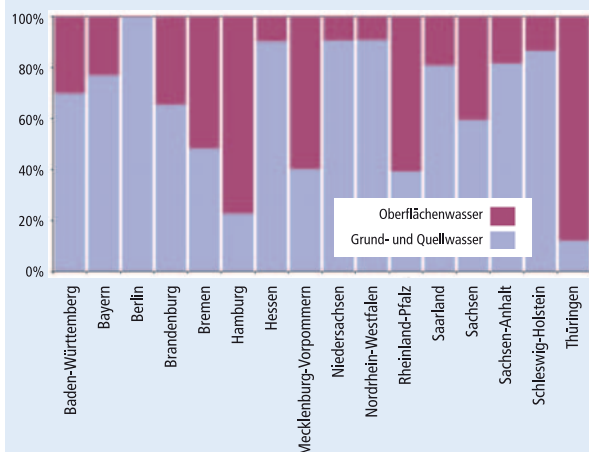
Global gesehen gehen circa 70 % des Wasserverbrauchs auf die Ansprüche der Landwirtschaft zurück. Damit stellt die Bewässerungslandwirtschaft weltweit nahezu 40 % der Nahrungsmittel her. Fast 20 % der gesamten Anbaufläche werden dazu weltweit bewässert. Regional bestehen jedoch große Unterschiede. Länder, die – wie Deutschland – in der gemäßigten Klimazone liegen, sind durch die natürlichen Standortfaktoren vergleichsweise begünstigt. Charakteristisch für unsere Breiten ist die Verteilung der Niederschläge über das gesamte Jahr. Eine Zusatzbewässerung dient vor allem der Ertragssicherheit und der Deckung der Wasserdefizite während der Wachstumsperiode. Bewässert werden landwirtschaftliche Kulturen – wie Getreide, Hackfrüchte (Kartoffeln, Rüben, Mais), Hülsenfrüchte (Erbsen, Bohnen, Linsen) und Ölfrüchte (Raps, Sonnenblume, Lein) – sowie gärtnerische Kulturen, unter anderem Gemüse, Zierpflanzen, Sämereien und Pflanzungen in Baumschulen, und Dauerkulturen. Hierzu zählen Obstgehölze und Weinbau. Die Förderung nachwachsender Rohstoffe wird in Zukunft den Wasserbedarf wegen der erhöhten Flächennutzung der Landwirtschaft steigern. Mehrjährige

Tabelle 2: Entnommene Wassermenge in Millionen Kubikmeter

	Wärmekraftwerke für die öffentliche Wasserversorgung	Produzierende und Verarbeitende Industrien
Gesamtentnahme in Mio. m <sup>3</sup>	22470,1	7715,1
davon Grund- und Quellwasser in Mio. m <sup>3</sup>	36,9	2043,0



**Abbildung 14**  
**Wasserentnahme für die Bewässerung - Anteile**  
**Grund- und Oberflächenwasser**



Quelle: Statistisches Bundesamt, Statistik der Wasserversorgung in der Landwirtschaft 2002, Wiesbaden 2004

Pflanzen sind aus Sicht des Gewässerschutzes zu bevorzugen, da sie generell einen geringeren Anspruch an Bewässerung und Pflanzenschutzmittel haben als beispielsweise Mais oder Raps.

Liegen in Europa die Wasserentnahmen des landwirtschaftlichen Sektors mit noch 35 % an zweiter Stelle hinter den Entnahmen der Elektrizitätswerke für Kühlzwecke, ist der Anteil der landwirtschaftlichen Wasserentnahmen in Deutschland eher gering. Laut Statistischem Bundesamt entnahm die Landwirtschaft im Jahr 2002 142 Mio. m<sup>3</sup> Wasser – mit Eigengewinnung. Mit 0,4 % ist der Anteil der landwirtschaftlichen Wasserentnahmen am Gesamtwasserbedarf in Deutschland sehr gering. Im deutschlandweiten Durchschnitt wurde der Bedarf zu über 75 % (109 Mio. m<sup>3</sup>) aus Grund- und Quellwasser gedeckt, die restlichen 33 Mio. m<sup>3</sup> stammen aus Oberflächengewässern. Auch hier gibt es deutliche Unterschiede zwischen den Bundesländern.

Die gesamte Bewässerungsfläche für das Jahr 2002 beträgt ca. 234.584 Hektar (ha), das sind nur etwa 1,4 % der gesamten landwirtschaftlichen Nutzflächen. In Deutschland kommen 1 bis 2 % des geförderten Wassers für Beregnungszwecke zum Einsatz.

### 3.2 Mineralwasser und Heilquellen

Niederschlagswasser versickert und bewegt sich durch wasserleitende Schichten in der Erdkruste, die in sehr unterschiedlichen Tiefen liegen können. Dieses Grundwasser steht in Poren und Klüften in direktem Kontakt zum anstehenden Gestein, aus dem es Mineral- und Spurenstoffe herauslöst. In Abhängigkeit von der Zusammensetzung und Löslichkeit der Gesteine kommt es zu einer Mineralisierung der Wässer, wobei höhere Wassertemperaturen und gesteigerte Gehalte an gelöster freier Kohlensäure die Löslichkeit des durchströmten Gesteins erhöhen können. Misch- und Ionenaustauschvorgänge bewirken schließlich, dass ein Wasser mit einer spezifischen stofflichen Zusammensetzung entsteht.

Der Verkauf des Wassers als Heil- oder Mineralwasser ist an bestimmte Gesetzesvorgaben gekoppelt. Sie benötigen als einzige Lebensmittel in Deutschland eine amtliche Zulassung. Dabei gelten für Heilwässer und Mineralwässer ähnliche gesetzliche Richtlinien. So müssen beide aus natürlich oder künstlich erschlossenen unterirdischen Quellen stammen, die auf keinen Fall verschmutzt sein dürfen und mikrobiologisch einwandfrei sein müssen. Für beide sind Mineralgehalte von mindestens 1000 mg/l vorgeschrieben. Diese Mineralkonzentration soll beim Heilwasser eine heilende Wirkung und beim Mineralwasser – unter der zusätzlichen Voraussetzung einer Konzentration von 250 mg/l Kohlensäure – eine ernährungsphysiologische Wirkung gewährleisten. Erfüllt ein Wasser diese Grenzwerte nicht, kann es auch dann noch als Heilwasser in den Verkauf gehen, falls es einen Mindestgehalt aufweist, der sich auf ein spezielles Mineral – zum Beispiel Fluor – bezieht.

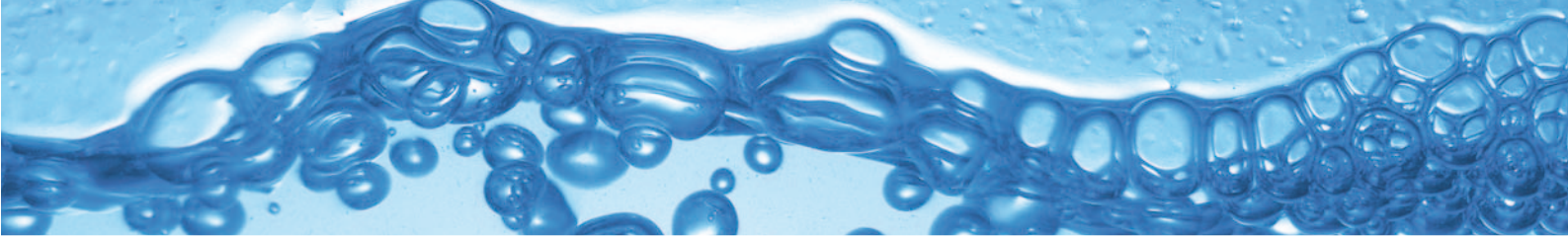


Tabelle 3: Mindestgehalte bzw. Grenzwerte von Heilwässern

Eisenhaltiges Wasser	ab 20 mg/l zweiwertigen Eisens
Fluoridhaltiges Wasser	ab 1 mg/l Fluorid
Jodhaltiges Wasser	ab 1 mg/l Jodid
Schwefelhaltiges Wasser	ab 1 mg/l Sulfidschwefel
Radonhaltiges Wasser	ab 666 Bq Radon
Säuerling für Badezwecke	ab 500 mg/l gelöstem Kohlenstoffdioxid
Säuerling für Trinkzwecke	ab 1000 mg/l gelöstem Kohlenstoffdioxid
Sole	ab 5,5 g/l Natrium und 8,5 g/l Chlorid, also ca. 14 g/l Natriumchlorid
Thermalwasser	die natürliche Temperatur am Austrittsort muss 20 Grad Celsius übersteigen

Ist keine dieser Voraussetzungen erfüllt, ist die Eignung als Heilmittel mit einem klinischen Gutachten nachzuweisen. In Deutschland gibt es ungefähr 60 Heilwässer. Werden sie abgefüllt und versandt, gelten sie als Fertigarzneimittel und bedürfen der Zulassung durch das Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM). Erfüllt das Mineralwasser eine der Mindestkonzentrationsmengen für den Mineralgehalt oder die Kohlensäure nicht, so muss seine ernährungsphysiologische Wirkung amtlich nachgewiesen werden. Heil- und Mineralwässer sind keine Grundnahrungsmittel. Der Gebrauch normalen Leitungswassers als Trinkwasser (Tafelwasser) gilt in der Regel in Deutschland als unbedenklich und für einen gesunden Menschen als ausreichend. Daher beträgt die Mehrwertsteuer für Heil- und Mineralwässer nicht 7 sondern 19 Prozent. Trotzdem hat sich der Mineralwasserverbrauch in Deutschland seit 1970 mehr als verzehnfacht und lag 2005 bei 127,8 Liter pro Jahr und Person. Mineralwasser und Heilwasser unterliegen, im Gegensatz zu Leitungswasser, nicht den strengen Anforderungen der Trinkwasserverordnung.

### 3.3 Geothermie

Geothermische Energie zur Stromerzeugung sowie zum Heizen und zum Kühlen steht unabhängig von Klima und Wetter, Tag und Nacht, rund um die Uhr zur Verfügung. Neben der Wasserkraft, der Biomasse und der Windenergie erscheint die „tiefe Geothermie“ als eine viel versprechende Option zur grundlastfähigen regenerativen Stromerzeugung, die gerade in den letzten Jahren innerhalb der energiewirtschaftlichen Diskussion merklich an Bedeutung gewann.

In den meisten Fällen der Nutzungen erschließt und gewinnt man die Erdwärme über Bohrungen. Bei jeder Bohrung sowie dem Betrieb geothermischer Anlagen und auch deren Stilllegung besteht allerdings die Gefahr schädlicher Einträge in das oder Veränderungen des Grundwassers. Hierin besteht genau der Interessenkonflikt bei der Nutzung der Erdwärme: Zum einen ist Grundwasser für einen effektiven Energietransport notwendig, zum anderen ist das Grundwasser wegen der Erschließung der Energievorkommen gefährdet. Bei einem unsachgemäßem Ausbau bzw. unzureichender Verfüllung von Bohrlöchern sind hydraulische Kurzschlüsse (unerwünschte



Verbindung zweier unterschiedlich tief gelegener Grundwasserleiter) möglich, mit der Folge unerwünschter physikalischer (z.B. Temperatur), chemischer (z.B. pH-Wert) und (mikro)biologischer (z.B. Bakterien) Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Grundwasserleitern. Hydrogeologisch ungünstige Standorte sind zum Beispiel solche, an denen wegen des Durchbohrens stockwerkstrennender Schichten die Schutzwirkung der jeweils darüber befindlichen Schichten vermindert wird.

Die Beurteilung geothermischer Energiepotenziale basiert auf dem im Untergrund gespeicherten Wärmeinhalt. Bis in eine Tiefe von etwa 10 bis 20 Meter unter der Erdoberfläche ist die Temperatur von der Sonneneinstrahlung und den klimatischen Temperaturschwankungen beeinflusst. Unterhalb dieses Einflussbereichs beträgt die Temperatur in unseren Breiten im Mittel circa 10 °C und nimmt – in Abhängigkeit vom Bau und der Zusammensetzung der Erdkruste – mit der Tiefe um 3 °C pro 100 Meter zu.

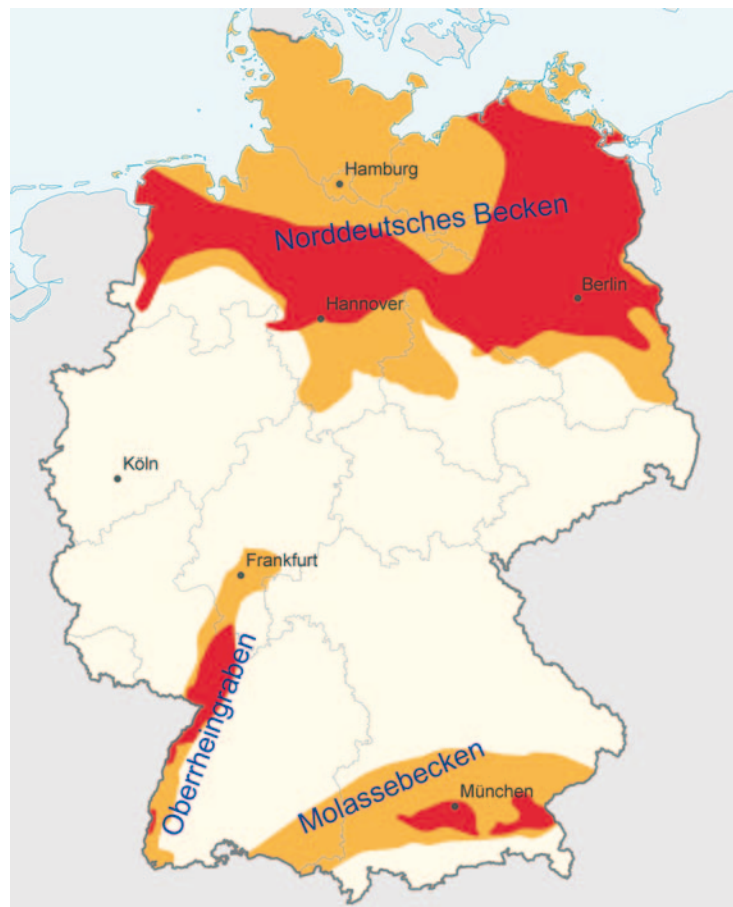
Hinsichtlich der Nutzung und der Tiefenlage geothermischer Systeme ist „tiefe Geothermie“ von „oberflächennaher Geothermie“ zu unterscheiden.

Die „tiefe Geothermie“ umfasst Systeme, bei denen man die geothermische Energie über Tiefbohrungen erschließt und deren Energie sich direkt nutzen lässt. Hierunter fallen insbesondere hydrothermale Systeme mit niedrigem Wärmeinhalt und direkter Nutzung des im Untergrund vorhandenen Grundwassers, beispielweise zur Speisung von Nah- und Fernwärmenetzen oder zur landwirtschaftlichen Nutzung. Ab ca. 100 °C ist eine Verstromung möglich. Für die geothermische Stromerzeugung kommen

#### Abbildung 15

Übersicht über Gebiete, die für eine tiefe hydrogeothermische Nutzung möglicherweise geeignet sind:

Regionen mit Aquiferen, deren Temperatur über 100 °C (rot), bzw. über 60 °C (gelb) beträgt; 100 °C ist für eine Stromerzeugung, 60 °C für die direkte Wärmenutzung erforderlich

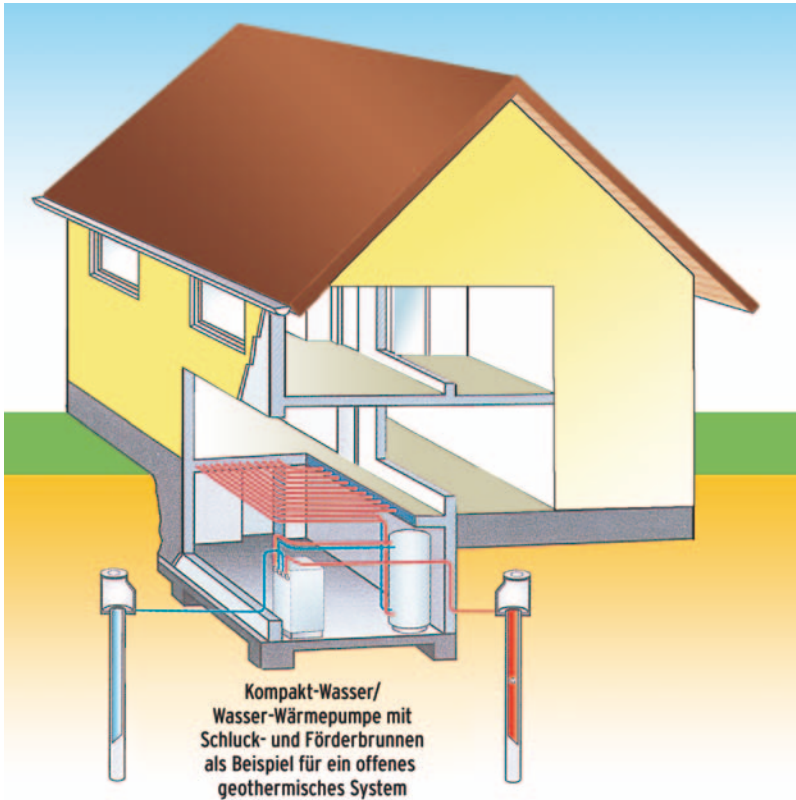


Quelle: Schulz, R., Agemar, T., Alten, A.-J., Kühne, K., Maul, A.-A., Pester, S. & Wirth, W. (2007): Aufbau eines geothermischen Informationssystems für Deutschland. - Erdöl Erdgas Kohle 123, 2: 76-81; Hamburg.

beim derzeitigen Stand der Erschließungstechnik vor allem bestimmte Schichten des Süddeutschen Molassebeckens, des Oberrheingrabens und des Norddeutschen Beckens in Frage (Abbildung 15).

Weithin akzeptiert für „oberflächennahe Geothermie“ ist eine Grenze von 400 Metern Tiefe, in Deutschland bestehen zur Zeit allerdings unterhalb

Abbildung 16 Nutzung oberflächennaher Erdwärme



200 Metern nur wenige einzelne Erdwärmesonden. „Oberflächennahe Erdwärme“ lässt sich zum Heizen und Kühlen nutzen – in Deutschland nimmt die Nachfrage zur Gewinnung der Erdwärme durch Sonden in 50 bis 100 Metern Tiefe kontinuierlich zu. Obwohl Erdwärme grundsätzlich überall verfügbar ist, sind einer wirtschaftlichen Nutzung in Deutschland geologische und technische Grenzen gesetzt.

Der Bau, der Betrieb und die Stilllegung geothermischer Anlagen führen zu einer physikalischen, chemischen und biologischen Veränderung des Grundwassers. Vor allem bei offenen geothermischen Systemen können die Temperatur- und Druckänderungen im Grundwasservorkommen gravierend sein. Entgasungen, Veränderungen der Wasserchemie, pH-Wert-Änderungen sowie Verschiebungen der Lösungsgleichgewichte verbunden mit Eisenhydroxid-

und Karbonatausfällungen sind möglich. Von einer Beeinflussung der biologischen Aktivität im Grundwasser durch den Betrieb oberflächennaher geothermischer Anlagen ist auszugehen, allerdings besteht hierzu noch Forschungsbedarf. Derartige Veränderungen der Grundwasserbeschaffenheit treten am Standort der Anlage und in ihrem Einflussbereich für die Dauer des Betriebes und möglicherweise darüber hinaus auf.

### 3.4 Salzeinleitungen (Verpressen)

Grundsätzlich ist die Einleitung von Schadstoffen in das Grundwasser nicht zulässig. Es gibt allerdings gewisse Ausnahmen. So ist z.B. unter bestimmten Bedingungen die Einleitung von Wasser erlaubt, das bei der Explora-

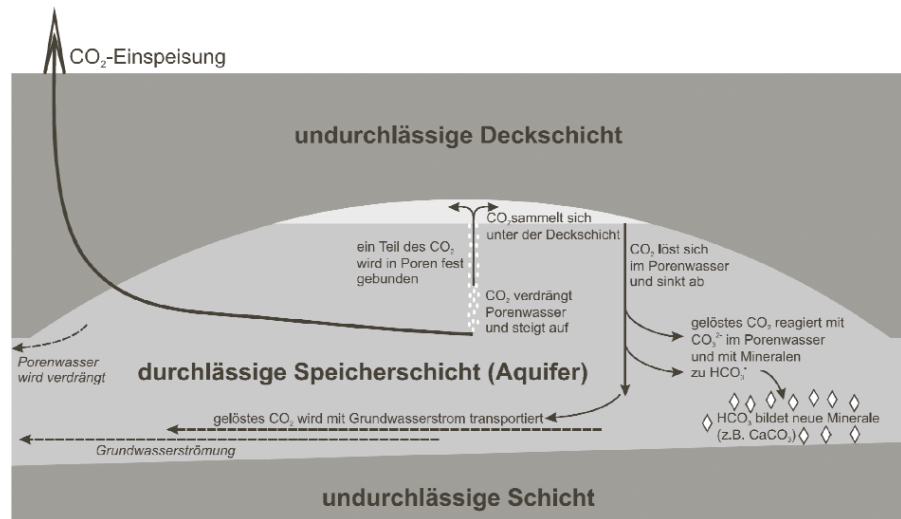
tion (Erkundung) und Förderung von Kohlenwasserstoffen oder bei Bergbauarbeiten anfällt (Erz, Kohle, Salz, Erdöl/Erdgas usw.). Ein bekanntes und teilweise sehr kontrovers diskutiertes Beispiel sind salzhaltige Wässer (Laugen) aus der Gewinnung und Aufbereitung von Kalisalz. Für die Entsorgung solcher Wässer gibt es verschiedene Möglichkeiten. Ein großer Teil der salzhaltigen Wässer wird direkt in Oberflächengewässer eingeleitet. Was in den betroffenen Wasserkörpern zu erheblichen ökologischen Schäden und Nutzungsänderungen führen kann. In Regionen, in denen die Aufnahmekapazität der Oberflächengewässer ausgeschöpft ist, d.h. eine weitere Aufsalzung der Oberflächengewässer nicht mehr möglich bzw. nicht erlaubt ist, hat man nach anderen Entsorgungsmöglichkeiten gesucht. Im Werragebiet werden seit Jahrzehnten Salzabwässer in den Untergrund verpresst. In diesem Gebiet hat man seit 1925 ca. eine Milliarde m<sup>3</sup> Abwasser



in den Plattendolomit verpresst. Bei dieser Gesteinsformation handelt es sich um einen Kluftgrundwasserleiter, der sowohl zu den darunterliegenden Salzlagerstätten, als auch zu den überlagernden süßwasserführenden Kluftgrundwasserleitern des Buntsandsteins gut abgedichtet ist. Diese Abdichtung ist jedoch nicht an allen Stellen komplett, so dass besonders an Störungszonen salzhaltige Wässer die süßwasserführenden Grundwasserleiter, aber auch die Oberflächengewässer nachteilig beeinflussen.

**Abbildung 17**

Die Grafik zeigt die geplante Speicherung von  $\text{CO}_2$  im Untergrund



Quelle: UBA-Forschungsvorhaben,  $\text{CO}_2$ -Abscheidung und Speicherung im Meeresuntergrund, Forschungskennzahl (FKZ) 206 25 200, noch nicht veröffentlicht

### 3.5 $\text{CO}_2$ -Einlagerung (CCS)

Eine weitere Gefährdung des Grundwassers kann aus zukünftigen Projekten zur Speicherung von  $\text{CO}_2$  aus Energieversorgungsanlagen im Untergrund resultieren. Die hier angewendete Technik heißt Carbon Capture and Storage, kurz CCS. Die Technik soll zur Verringerung des in die Atmosphäre emittierten  $\text{CO}_2$  beitragen. In 10 bis 15 Jahren wird sie voraussichtlich im großmaßstäblichen Umfang zur Verfügung stehen. Potentiell geeignete Speicherstätten sind vor allem entleerte Gas- und Ölfelder. Fachleute diskutieren auch eine Lagerung in salzwasserführenden Gesteinsschichten (saline Aquifere). Beim Kontakt von  $\text{CO}_2$  mit dem Grundwasser kann es zu einer Versauerung des Grundwassers kommen. Dadurch können unter anderem Schwermetalle freigesetzt und mit dem Grundwasser transportiert werden. Außerdem ist zu beachten, dass es sich bei dem gespeicherten  $\text{CO}_2$  nicht um ein reines Gas handelt, sondern um ein Stoffgemisch, das Anteile anderer – teilweise toxischer – Stoffe ent-

hält, die aus dem Produktionsprozess oder dem Abscheidungs-, Transport- oder Speichervorgang stammen. Sowohl die Versauerung des Grundwassers und die dadurch verursachte Freisetzung von Schadstoffen sowie der Eintrag von Schadstoffen mit dem  $\text{CO}_2$  selbst können sich negativ auf die Grundwasserbiologie auswirken. Besondere Probleme können sich bei der Einleitung von  $\text{CO}_2$  in saline Aquifere ergeben.

Grundsätzlich sind die Porenräume dieser Grundwasserleiter (Aquifere) mit Salzwasser gefüllt, welches das eingeleitete  $\text{CO}_2$  verdrängt. Dieses Salzwasser kann unter anderem in andere Grundwasserleiter eindringen und dort zu Verunreinigen führen. Besonders kritisch würde diese Situation, falls das Salzwasser in süßwasserführende Grundwasserleiter eindringt, die der Trinkwassergewinnung dienen oder dieser dienen können. Die Salzwässer können auch in andere Ökosysteme eindringen, wenn sie z.B. bis an die Erdoberfläche gelangen und zu Schäden in Oberflächengewässern (Flüssen, Seen) oder terrestrischen Ökosystemen führen.

## 4 Gefährdungen des Grundwassers

### 4.1 Landwirtschaft

#### Nährstoffe und Pflanzenschutzmittel

In der Europäischen Union sind anthropogene Nährstoffeinträge eine der Hauptbelastungsquellen für die Böden, das Grundwasser und die Oberflächengewässer. Die Landwirtschaft ist mitverantwortlich dafür, dass europaweit voraussichtlich zwei Drittel der Gewässer, in Deutschland 60 % der Oberflächengewässer und über 50 % der Grundwasserkörper nicht ohne weitere Maßnahmen die Ziele der EG-Wasserrahmenrichtlinie bis 2015 erreichen können. Dies ergab die Bestandsaufnahme aus dem Jahr 2004. Eine endgültige Einschätzung ist erst nach Auswertung der seit 2006 laufenden Monitoringprogramme in den Flussgebieten möglich.



**Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln – das Umweltbundesamt erstellt jährlich eine Liste der am häufigsten im Grundwasser nachgewiesenen Pflanzenschutzmittel**

(siehe Tabelle 4, S. 55)

Seit Jahrzehnten berichten die Medien kontinuierlich über die Verunreinigung des Grundwassers mit Nitrat. Dies ist deshalb von besonderer Bedeutung, weil Trinkwasser in Deutschland überwiegend aus dem Grundwasser gewonnen wird und für Trink-

wasser ein Nitratgrenzwert von 50 mg/l gilt. Grundwasser, das höhere Nitratgehalte aufweist, muss vor der Abgabe als Trinkwasser aufbereitet werden, was technisch aufwändig und dadurch mit hohen Kosten verbunden ist. Erhöhte Nitratgehalte des Grundwassers sind auch für die Oberflächengewässer und speziell für die Küstengewässer an Nord- und Ostsee kritisch. Ein Überangebot dieses Nährstoffes führt gemeinsam mit erhöhten Phosphorgehalten zu einer Nährstoffanreicherung (Eutrophierung) des Wassers, weil ein nicht unerheblicher Teil des Stickstoffs als Nitrat aus dem Grundwasser in Seen, die Flüsse und letztendlich in die Meere gelangt.

Der in der intensiv betriebenen Landwirtschaft bis Ende der 80er Jahre gestiegene Mineraldüngereinsatz, die hohen regional konzentrierten Viehbestände – mit entsprechendem Gülleanfall – und die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln führten in den letzten Jahrzehnten zu den bestehenden, zum Teil hohen Belastungen des Grundwassers. Mit der deutschen Einigung ist zwar ein deutlicher Rückgang zu verzeichnen, der auf die drastische Reduktion der Viehbestände in den neuen Bundesländern zurückzuführen ist, die 1996 erlassene Düngeverordnung hat jedoch bisher nur unwesentlich zur Reduktion des Stickstoffüberschusses landwirtschaftlich genutzter Böden beigetragen. Dass sich die Reduktion der Stickstoffüberschüsse bislang nur begrenzt im Oberflächenwasser bemerkbar macht, ist etwa auf die langen Fließzeiten im Grundwasser zurückzuführen, bevor dieses die Oberflächenwässer erreicht. Fachleute gehen davon aus, dass die deutschen Flussgebiete erst mit Verzögerungen von zwei bis zehn Jahren beim Rhein und 20 bis 30 Jahren bei der Elbe auf Belastungsveränderungen reagieren.

Neben der Belastung des Grundwassers mit Nitrat gibt nach wie vor die Belastung mit Pflanzenschutzmitteln Anlass zur Sorge. Auch der überwiegende Anteil der Pflanzenschutzmittelbelastungen stammt aus landwirtschaftlicher Anwendung sowie den da-



mit verbundenen Gerätereinigungen. Vielfach stehen Pflanzenschutzmittelfunde im Grundwasser in Zusammenhang mit einer intensiven landwirtschaftlichen Bodennutzung und insbesondere mit dem Anbau von Sonderkulturen. Weitere Ursachen können die Herbizidanwendung auf Nichtkulturland und Einträge aus oberirdischen Fließgewässern sein.

### Biomasse

In jüngster Zeit sind Veränderungen in der landwirtschaftlichen Flächennutzung festzustellen, die ein von der klassischen Landwirtschaft eigentlich weit entfernter Sektor verursacht – die Energiewirtschaft. Energiegewinnung aus Biomasse ist eine der Zukunftstechniken, die als erneuerbare Energien ausgebaut und gefördert werden. Technisch sind verschiedene Pflanzen bzw. Pflanzenteile, pflanzliche oder organische Rest- und Abfallstoffe nutzbar.



### Rapsanbau in Deutschland zur Gewinnung von Biodiesel

Bekannt ist die Gewinnung des Biodiesels aus Raps oder die Vergärung pflanzlichen Materials zu Biogas, welches der Strom- oder Wärmegewinnung dienen kann. In Deutschland sind dies bisher vor allem Raps und Mais, zudem ist die energetische Aufbereitung von Getreide, Zuckerrüben, Kartoffeln und mehrjährigen Pflanzen möglich.

Bioenergie hat zunehmend an Bedeutung gewonnen. Innerhalb der erneuerbaren Energien werden in Deutschland mittlerweile über 70 %<sup>1)</sup> der bereit-

gestellten Energie (Wärme, Strom und Biokraftstoffe) aus Biomasse gewonnen. Diese Entwicklung hat auch Auswirkungen auf Böden, Gewässer sowohl über die Flächennutzung als auch über die Energieerzeugung selbst:

- Der expandierende Anbau der Energiepflanzen hat negative Folgen für das Grundwasser, wenn immer mehr Standorte für eine intensive Biomasseproduktion genutzt werden, da für eine ertragsorientierte Produktion große Mengen an Dünge- und Pflanzenschutzmitteln eingesetzt werden. Dadurch besteht die Gefahr, dass die – ohnehin schon hohe – landwirtschaftlich verursachte Belastung der Gewässer noch weiter zunimmt. Wegen des hohen Einsatzes von Stickstoffdüngern und des damit verbundenen Risikos der Stickstoffverlagerung in die Gewässer sowie umfangreicher Pflanzenschutzmaßnahmen sind gerade die gegenwärtig dominierenden Kulturen problematisch. Mehrjährige Pflanzen haben einen geringeren Anspruch an Pflanzenschutzmittel- und Düngemiteleinsetz als Mais oder Raps und sind daher aus Sicht des Gewässerschutzes zu bevorzugen.
- Durch die Intensivierung und räumliche Konzentration der Rohstoffproduktion werden Maßnahmen zur gewässerschonenden Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Flächen, wie Agrarumweltprogramme und extensive Produktionsverfahren immer mehr zurückgedrängt.
- Bei der Biogasproduktion fallen nährstoffreiche Rückstände, die sogenannten Gärreste an. Die Verwendung der Gärreste als Düngemittel ist durchaus eine sinnvolle Verwertung, aber schon jetzt ist abzusehen, dass hier Probleme auftreten. Durch fehlende Standards für die Lagerung und Ausbringung der Gärreste werden lokal weitere Nährstoffanreicherungen befürchtet.
- Gravierende Mängel beim Bau und Betrieb von Biogasanlagen sowie die Nichteinhaltung der Verordnung im Umgang mit wassergefährdenden Stoffen, können im Umfeld von Anlagen zu Verunreinigungen von Grund- und Oberflächengewässern führen, z.B. wenn schadstoffbelastetes

1) Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (2008): Bioenergie Basisdaten Deutschland

## Gefährdungen des Grundwassers

Sickerwasser über Leckagen austritt oder Havarien bei Gärbehältern auftreten.

Neben den genannten Risiken bietet die Nutzung von Bioenergie auch Chancen zur Verbesserung der Gewässerqualität. Dazu gehören der Anbau von ertrag- und energiereichen Sorten, die eine höhere Energieausbeute je Hektar ermöglichen und ein gewässerschonendes Nährstoffmanagement ebenso wie die Einführung des Standes der Technik beim Bau und Betrieb von Biogasanlagen.

### 4.2 Altlasten

Altlasten sind (industrielle und gewerbliche) Altstandorte und Altablagerungen, die schädliche Bodenveränderungen oder sonstige Gefahren für den Einzelnen oder die Allgemeinheit hervorrufen. Das durch den Eintrag von Schadstoffen verursachte Gefahren-/Schadensausmaß wird maßgeblich durch die Art und Menge der Schadstoffe, ihre Ausbreitung über die relevanten Transferpfade und ihre Wirkung auf potenzielle Rezeptoren, die so genannten Schutzgüter, bestimmt.

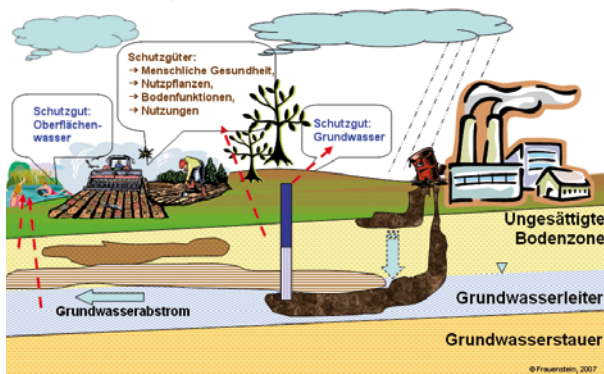
Anhaltspunkte für das Vorliegen einer Altlast sind immer dann gegeben, wenn Informationen vorliegen, dass auf Grundstücken stillgelegter Anlagen und sonstigen Grundstücken mit umgegangen worden ist (Altstandorte) oder dass auf stillgelegten Ab-

fallbeseitigungsanlagen und sonstigen Grundstücken umweltgefährdende Abfälle behandelt, gelagert oder abgelagert worden sind (Altablagerungen). Ob dadurch Schutzgüter gefährdet oder geschädigt sein können, muss die zuständige Behörde zunächst in einem gestuften Verfahren prüfen.

Sowohl punktuelle als auch diffuse Schadstoffquellen können schädliche Bodenveränderungen hervorrufen und ihrerseits wiederum zu Gefährdung oder Schädigung des Grund- und Oberflächenwassers führen.

Ist das Grundwasser (die wassergesättigte Bodenzone) wegen eines Schadstoffeintrags aus der wasserungesättigten Bodenzone gefährdet oder bereits geschädigt, sind Maßnahmen zur Gefahrenabwehr zu ergreifen. In den industriellen Kernregionen und in Ballungsräumen führen großräumige Kontaminationen des Untergrundes in den meisten Fällen dazu, dass das geschädigte Grundwasser bereits selbst eine Kontaminationsquelle darstellt, von der Gefahren für im Abstrom gelegene Schutzgüter ausgehen können. In diesen Fällen besteht ein Erfordernis von Gefahrenabwehrmaßnahmen zur Verhinderung weitergehender Schutzgutgefährdungen im Grundwasserabstrom – unabhängig von einem weiteren Schadstoffeintrag aus der ungesättigten Bodenzone in das Grundwasser sowie von den vorgesehenen Maßnahmen zur Behandlung des geschädigten Grundwassers. Jede Entscheidung über das „ob“ und „wie“ einer Sanierung erfordert von der zuständigen Behörde die qualifizierte Ausübung ihres Auswahl- und Entschließungsmeresses. Dabei sind im Zuge einer Verhältnismäßigkeitsprüfung Eignung, Erforderlichkeit und Angemessenheit von in Frage kommenden Gefahrenabwehr- bzw. Sanierungsmaßnahmen zu prüfen

Abbildung 18 Prinzipskizze Altlasten-Transferpfade – Schutzgüter



Quelle: Umweltbundesamt (UBA), 2007

### 4.3 Deponien

Mit steigendem Konsum infolge höheren Wohlstandes der Bevölkerung fielen immer mehr Abfälle an, die verträglich für Mensch und Umwelt entsorgt werden mussten. Deponien außerhalb der Wohnbe-



bauung erschienen als geeignete Möglichkeit, insofern sind Deponien bewusste Anhäufungen der Abfälle mit mehr oder weniger hohen Schadstoffgehalten. Hinzutretendes Niederschlagswasser führt erstens zu Umwandlungsprozessen mit Bildung klimaschädlicher Deponiegase. Zweitens werden beim Durchfließen des Deponiekörpers Schadstoffe ausgelaugt und bei fehlenden Abdichtungsmaßnahmen in den Untergrund und letztendlich in das Grundwasser ausgespült.

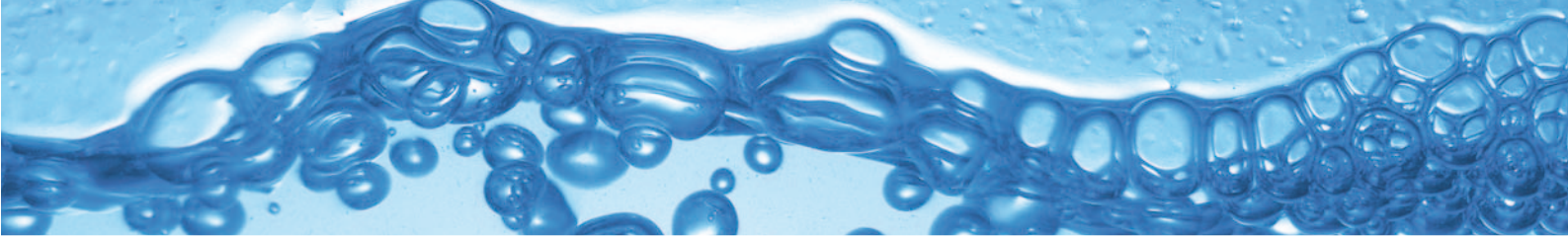
Handelte es sich noch vor 40 oder 50 Jahren um relativ geringe Ablagerungsmengen je „Müllkippe“ (jedes Dorf besaß oftmals mehrere davon) mit relativ „harmlosen“ Abfällen, deren Schadstoffaustrag die Selbstreinigungskräfte der Natur überwiegend noch bewältigen konnten, so änderten sich diese Gegebenheiten später grundlegend. Die Deponien wurden zentralisiert und wesentlich größer, die Haushaltsabfälle durch die Errungenschaften der Chemie weniger harmlos. Sie enthielten nun verstärkt Reinigungsmittel, Farbstoffe, Batterien, Arzneimittel, Metalle, Verbundstoffe und vieles andere, was sich auf natürlichem Wege kaum abbaut und dem Grundwasser erheblich schaden kann.

Zwar verfügen die Deponien nach und nach über immer wirksamere Schutzmaßnahmen, doch setzen sich bessere, zumeist kostenintensive Maßnahmen häufig nur nach schlechten Erfahrungen und im politischen Willensbildungsprozess langsam durch. Von Deponien oder Deponieabschnitten, die nach den heute geltenden strengen Anforderungen in Betrieb sind, gehen nach mehrheitlicher Auffassung keine Gefahren mehr für die Umwelt aus. Doch werden Deponien in der Regel über Jahrzehnte betrieben und deshalb abschnittsweise aufgebaut, wobei ältere Abschnitte nur den damals geltenden geringeren Anforderungen genügen brauchten. Darüber hinaus darf man nicht vergessen, dass auch längst stillgelegte Deponien – sei es wegen vollständiger Verfüllung oder unzureichender Schutzmaßnahmen – nicht aus der Umwelt verschwunden sind. Die Anhäufung der Abfälle und Schadstoffe bleibt existent. Zwar sind nachträgliche

technische Maßnahmen zur Verminderung der Auswirkungen auf das Grundwasser bekannt und möglich, doch sah man deren Notwendigkeit früher oftmals nicht, auch aus finanziellen Gründen. Insofern können Deponien, vor allem Altdeponien, durchaus das Grundwasser gefährden.

Heutige Deponien genügen dem so genannten „Multibarriersystem“. Das bedeutet, dass mehrere voneinander unabhängige Barrieren die Freisetzung und Ausbreitung von Schadstoffen nach dem Stand der Technik verhindern sollen. Hierzu gehören die Standortwahl, die Abdichtungen an der Basis und der Oberfläche, die Vorbehandlung der Abfälle sowie sämtliche Überwachungsmaßnahmen während des Betriebes und in der Nachsorgephase.

Als geeignete Standorte für Deponien gelten solche mit geringem Grundwasserfluss und mit feinkörnigen Böden mit hohem Schadstoffrückhaltepotential. Doch sollen die geeigneten Untergrundeigenschaften des Bodens im Normalbetrieb nicht in Anspruch genommen werden, sie haben eine Reservefunktion. Die Basisabdichtung aus mehreren Lagen verdichteter Tone und einer verschweißten Kunststoffdichtungsbahn sowie die darauf liegende Entwässerungsschicht aus gut durchlässigen Kiesen sorgen dafür, dass das schadstoffbelastete Sickerwasser nicht in den Untergrund eindringen kann, sondern an vorgegebenen Stellen aus der Deponie abgeführt und der Sickerwasser-Reinigungsanlage zugeführt wird. Ist ein Deponieabschnitt verfüllt, wird er auch an der Oberfläche mit einem ähnlichen Abdichtungssystem versehen, so dass kein Niederschlagswasser mehr eindringen kann, und mit einer mindestens einen Meter starken Rekultivierungsschicht für den Bewuchs bedeckt. Nach kurzer Zeit wird der Deponiehügel grün und passt sich mit seinem Bewuchs der umliegenden Landschaft an. Die Nachsorge kann jedoch noch Jahrzehnte andauern. Es wird weiterhin anfallendes Restsickerwasser und Deponiegas gefasst und das „Verhalten“ der Deponie überwacht, z.B. das Grundwasser mittels Kontrollbrunnen, aber auch die Setzungen des Deponiekörpers, das Funktionieren der Schutzsysteme oder die gasförmigen Emissionen.



## Gefährdungen des Grundwassers

Als eine weitere „Barriere“ gelten heute die Abfälle selbst. Ihre Schadstoffgehalte sind für die Ablagerung auf Deponien begrenzt, so dass die Abfälle häufig vorbehandelt werden müssen. Haushaltsabfälle werden z.B. nicht mehr direkt zur Deponie gebracht, sondern zuvor in Müllverbrennungsanlagen oder in mechanisch-biologischen Anlagen behandelt. Die behandelten Abfälle sind teilweise verwertbar oder weisen zumindest geringere Schadstoffgehalte und ein vermindertes Reaktionsvermögen bei der Ablagerung auf Deponien auf.

Eine unmittelbare Gefährdung des Grundwassers durch moderne Deponien ist quasi ausgeschlossen, ein Gefährdungspotential – wenn auch ein geringes – verbleibt jedoch, solange die Deponie, diese Anhäufung von Abfällen mit Schadstoffen, vorhanden ist.

### 4.4 Organische Abfälle

#### Umweltoffene Verwertung organischer Abfälle

In Deutschland sind etwa 17 Mio. ha Böden landwirtschaftlich genutzt. Auf 64 % dieser Fläche wird Ackerbau betrieben. Auf diesen Flächen kommen etwa 29 Mio. t Wirtschaftsdünger<sup>2)</sup>, 1,4 Mio. t Klärschlämme<sup>3)</sup> und 2,8 Mio. t Bioabfälle<sup>4)</sup> (insbesondere Komposte, zunehmend auch Gärrückstände aus der Biogasproduktion) landwirtschaftlich zum Einsatz. Mit den Düngemitteln gelangen auch Schwermetalle und zum Teil organische Schadstoffe in die Böden, die mit den Niederschlägen über das Bodensickerwasser in das Grundwasser gelangen können. Wissenschaftliche Untersuchungen wiesen eine Verlagerung dieser Stoffe exemplarisch nach.

Neben den klassischen Schadstoffen kann es aber auch zu Belastungen des Grundwassers durch Nitrat kommen. Dies liegt daran, dass organische Düngemittel in der konventionellen Landwirtschaft ackerbaulich nicht so zielgerichtet zum Einsatz kommen können, wie dies zum Beispiel über Mineraldünger möglich ist. Die Ackerkulturen haben zu

bestimmten Zeitpunkten einen hohen Bedarf an Nährstoffen, zu anderen Zeiten einen geringen. Pflanzen können Nährstoffe nur in Salzform aufnehmen. Die in den organischen Düngemitteln vorhandenen Nährstoffe müssen zunächst in die pflanzenverfügbare Form umgesetzt werden. Passiert dies zu einem Zeitpunkt, an dem die Pflanzen gar keine Nährstoffe benötigen, werden diese Nährstoffe in das Grundwasser ausgewaschen.

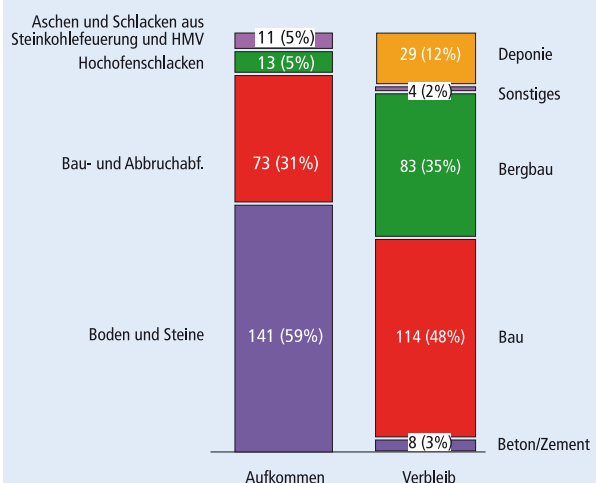
### 4.5 Recyclingbaustoffe

#### Umweltoffene Verwendung mineralischer Abfälle und Sekundärrohstoffe

In Deutschland fallen jährlich etwa 250 Mio. t mineralischer Abfälle und Sekundärrohstoffe an. Zu diesen gehören unter anderem Hochofenschlacken, Hüttensand, Stahlwerksschlacken aus der Erzeugung von Massen- und Qualitätsstählen, LD-

Abbildung 19

Aufkommen und Verbleib der mengenmäßig bedeutendsten mineralischen Abfälle und Materialien, ohne Rückstände aus Braunkohlefeuerungen circa 10 Mio. t und Gießereien circa 1,4 Mio. t



(Quelle: UBA-Forschungsvorhaben, aus: Aufkommen, Qualität und Verbleib mineralischer Abfälle, UBA-FKZ 204 33 325, bislang unveröffentlicht)

2) Eurich-Menden, B.; Wegener, H.-R. u. Hackenberg, S. 1997: Überregionale Konzepte zur Verwertung organischer Reststoffe und Wirtschaftsdünger notwendig; Müll und Abfall Heft 3.

3) Esch, B. 2000: Reale Mengen und Qualitäten der in Deutschland anfallenden Klärschlämme.

4) Reinhold, Jürgen 2000: Entwicklung und regionale Strukturen der Kompostqualität in Deutschland, Müllhandbuch Kenn-zahl 6583.



Schlacken, Elektroofenschlacke, Gießerei-Kupolofenschlacke, Gießereirestsande, Schmelzkammergranulat aus der Schmelzfeuerung von Steinkohle, Kesselasche aus der Steinkohlenfeuerung, Steinkohlenflugasche aus der Trocken- und Schmelzfeuerung, Hausmüllverbrennungsaschen, Recyclingbaustoffe (RC), aufbereiteter Bauschutt, aufbereiteter hydraulisch gebundener Straßenaufbruch und Bodenmaterial (BM).

Wie Abbildung 19 zeigt, stellen Bodenmaterial und Bau- und Abbruchabfälle mit 214 Mio. t den größten Teil mineralischer Abfälle dar.

Die verschiedenen mineralischen Materialien enthalten auch lösliche Stoffe, die in Abhängigkeit ihres Einbaus mit den Niederschlägen über das Bodensickerwasser in das Grundwasser gelangen können. Neben Salzen, wie Chlorid oder Sulfat, können dies auch Schwermetalle, wie Cadmium, Quecksilber oder Kupfer, oder organische Schadstoffe, wie PAK oder PCB sein.

Für die anfallenden mineralischen Abfälle stehen je nach Art und Eigenschaften, Schadstoffgehalt und Auslaugverhalten zahlreiche Verwertungsmöglichkeiten zur Verfügung. Hierzu gehören beispielsweise die Herstellung von Bauprodukten, der Einbau in technische Bauwerke, der Erdbau oder der Bergversatz. In der Regel werden diese Materialien in der wasserungesättigten Bodenzone eingebaut oder verfüllt.

Um die Einträge aus diesen Materialien in das Grundwasser auf ein Minimum zu begrenzen, gibt es in Deutschland verschiedene Regelungen, die in Abhängigkeit von der Einbausituation die freisetzbaren Stoffe begrenzen. Ziel ist, dass das Bodensickerwasser am Übergang der ungesättigten zur gesättigten Bodenzone nicht mehr als geringfügig belastet ist. Zu nennen sind hier die Versatzverordnung, sowie § 12 der Bundesbodenschutz- und Altlasten Verordnung sowie das in vielen Bundesländern eingeführte technische Regelwerk der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA). Im

Rahmen der Novelle der Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV) sowie im Rahmen der Erarbeitung einer Bundesverordnung zur Anwendung mineralischer Sekundärrohstoffe werden gegenwärtig die schutzgutbezogenen Anforderungen auf den neuesten Stand der Erkenntnisse gebracht.

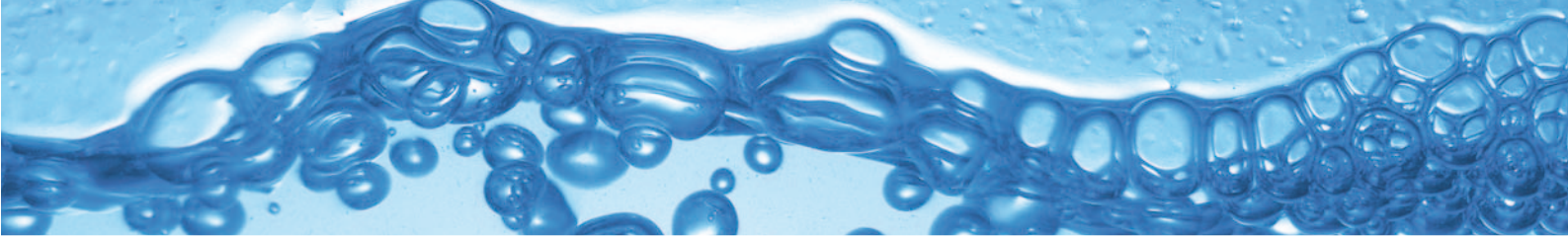
## 4.6 Bauprodukte

Dass Bauchemikalien im Rahmen größerer Bauprojekte Grundwasserschäden verursachen können, zeigte sich in Skandinavien vor zehn Jahren. Beim Bau eines Eisenbahntunnels durch den Halland-Berggrücken in Schweden gelangten große Mengen Acrylamid in die umgebenden Gewässer, später auch in das Grundwasser. Fische starben, Kühe und Tunnelarbeiter erkrankten: einer der größten Umweltskandale in Schweden war entstanden. Das verwendete Abdichtungsmittel, das den Eintritt von Wasser in den Tunnel verhindern sollte, reagierte nicht so wie vorgesehen und setzte in Folge unter anderem Acrylamid frei. Acrylamid ist stark neurotoxisch und krebserregend<sup>5)</sup>. Im selben Jahr (1997) führte die Anwendung des eingesetzten Abdichtungsmittels beim Bau des Eisenbahntunnels Romeriksporten in Norwegen ebenfalls zur hohen Acrylamid-Freisetzung, obwohl die Erfahrungen von anderen Tunnelbaustellen in den 1990er Jahren mit diesem Abdichtungsmittel weitgehend positiv verlau-



Eisenbahntunnel durch den Halland-Berggrücken in Schweden

5) Die offiziellen Schlussberichte zum Unglück sind auf Schwedisch sowie als inoffizielle Übersetzungen auf Englisch verfügbar unter <http://www.hallandsaskommitten.se/>



## Gefährdungen des Grundwassers

fen waren. In den beiden Problemfällen war jedoch die Geschwindigkeit des in den Tunnel eindringenden Wassers so groß, dass das Injektionsmittel nicht vollständig aushärten konnte.

Als Folge der beiden Unfälle stellte der Hersteller des Abdichtungsmittels dessen Produktion ein. Norwegen hat die Verwendung von Acrylamid als Abdichtungsmittel im Bauwesen verboten. Die EU erwägt zurzeit ein Verbot als Ergebnis einer Risikoabschätzung. Dass die Risiken toxischer und langlebiger Bauchemikalien für das Grundwasser vor der Anwendung zu prüfen sind, ist heute noch keine EU-weite Praxis. In Deutschland hat das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) in Zusammenarbeit mit Umweltbehörden ein Konzept zur Bewertung des Gefährdungspotentials durch Bauprodukte und Bauwerke erstellt.

Seit dem Jahr 2000 stehen in Deutschland die „Grundsätze zur Bewertung der Auswirkungen von Bauprodukten auf Boden und Grundwasser“ des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) als ein fachübergreifendes Konzept für den Grundwasserschutz bei Bautätigkeiten zur Verfügung. Der allgemeine Teil der Grundsätze beschreibt die für alle Bauprodukte gültigen Anforderungen zur Abwehr schädlicher Veränderungen der Beschaffenheit des Grundwassers. Im produktspezifischen Teil erfolgt eine Konkretisierung des Bewertungskonzeptes für einzelne Bauprodukte wie Betonausgangsstoffe und Beton. Zurzeit sind die produktspezifischen Grundsätze für Kanalrohrsaniierungsmittel und Bodeninjektionsmittel in Arbeit. Die Grundsätze finden bei der Erteilung allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassungen durch das DIBt Verwendung.

Der freie Handel mit Bauprodukten ist ein wichtiges wirtschaftliches Ziel in der EU. Um den freien Handel zu ermöglichen, sollten europäisch harmonisierte Normen und Zulassungen für Bauprodukte die Prüfanforderungen aller Mitgliedstaaten abdecken. So können Hersteller es vermeiden, ihr Produkt mehrmals entsprechend der Anforderungen verschiedener Länder prüfen zu müssen. Die aktuell

verlaufenden Harmonisierungsarbeiten unter der EG-Bauproduktenrichtlinie umfassen auch die Prüfungen zur Bewertung der Freisetzung gefährlicher Stoffe aus Bauprodukten in das Grundwasser. Aus deutscher Sicht bilden die DIBt-Grundsätze eine gute Grundlage für die europäische Arbeit.

Der Anfangs geschilderte Unfall in Schweden zeigt, wie wichtig geeignete Prüfmethode für den Grundwasserschutz sind. In Schweden konnten die Behörden Risikogebiete mit erhöhten Acrylamidgehalten erst ein halbes Jahr nach dem Unfall ausweisen, weil zuerst keine genügend empfindliche, validierte Methode zur Bestimmung von Acrylamid im Wasser vorlag. Um die Auswirkungen größerer Bauprojekte auf das Grundwasser bewerten zu können, muss für das Monitoring des Sickerwassers immer eine Prüfmethode zur Verfügung stehen, die die Auswaschung der tatsächlich verwendeten Bauchemikalien ermitteln kann.



**Baugrube im Grundwasserbereich**

Wie groß ist das Grundwassergefährdungspotential durch Bauprodukte und Bauwerke? Zur Beantwortung dieser Frage fehlen noch Daten. Sehr viele Baustoffe mit sich ständig verändernden Rezepturen kommen im Bauwesen zur Anwendung. Die genaue Rezeptur genormter Bauprodukte ist nur dem Hersteller des Produktes bekannt. Fehlende Kenntnisse über die Zusammensetzung der Bauprodukte und fehlende Prüfmethode machen generelle Aus-



sagen über Risiken schwierig. Um die vorhandenen Kenntnislücken zu schließen und den Schutz des Grundwassers zu sichern, sollten alle Bauprodukte, die mit Grundwasser oder Sickerwasser in Berührung kommen, ihre Unbedenklichkeit nachweisen.

Für den Weiterbau des Hallandsås-Tunnels im Jahr 2004 hat man in Schweden eine neue Dichtungsmethode ausgewählt, bei der der Tunnel mit einem aus vorgefertigten Segmenten bestehenden Betonmantel abgedichtet wird. Diese Methode ist für die Beschaffenheit des Grundwassers unbedenklich. Ein weiteres Absinken des Grundwasserspiegels ist dennoch eine mögliche Folge des Tunnelbaus. Denn in der Bauphase und auch in der Nutzungsphase läuft Bergwasser in den Tunnel und versickert wiederum aus diesem, falls dieser nicht vollständig abgedichtet ist. Dem versucht man mit Gefrierverfestigung des Gesteins in den kritischen Zonen vor dem Bau entgegenzuwirken.

### 4.7 Unfälle

Unfälle, bei denen Stoffe unbeabsichtigt in die Umwelt gelangen, stellen eine Gefahr für das Grundwasser, für Flüsse, Seen und auch das Meer dar. Dies können nicht nur flüssige sondern auch gasförmige oder feste Stoffe sein, die zusammen mit Niederschlagswasser in den Boden und weiter in Grund- oder Oberflächenwasser transportiert werden. Hierzu gehören sowohl Produkte der Mineralöl- und Chemieindustrie – wie Heizöl, Kraftstoffe oder chlorierte Kohlenwasserstoffe – als auch „Naturprodukte“ – wie Gülle oder Mist –, die etwa durch enthaltene Nährstoffe, Keime oder Rückstände aus dem Einsatz von Pharmazeutika Gewässer verunreinigen können.

Aus diesem Grund gibt es die Klassifizierung der Stoffe anhand ihrer physikalischen und chemischen Eigenschaften in „nicht wassergefährdend“, „schwach wassergefährdend“, „wassergefährdend“ und „stark wassergefährdend“. Wer mit derartigen schwach bis stark wassergefährdenden Stoffen umgeht, unterliegt besonderen Pflichten wegen des

Wasserhaushaltsgesetzes und des einschlägigen Landesrechts. Dies betrifft vorrangig die Betreiber von Anlagen zur Lagerung, Abfüllung, zum Handhaben, Behandeln, Verwenden oder zum Umschlagen wassergefährdender Stoffe.

Zu beachten ist, dass darüber hinaus jedermann, der eine Anlage zum Lagern wassergefährdender Stoffe befüllt oder entleert, diesen Vorgang überwachen und sich vor Beginn der Arbeiten vom ordnungsgemäßen Zustand der dafür erforderlichen Sicherheitseinrichtungen überzeugen muss. Dies trifft dann zum Beispiel nicht nur den Tankwagenfahrer beim Beliefen einer Tankstelle, sondern auch den Kunden, der dort sein KFZ mit wassergefährdenden Stoffen betankt.

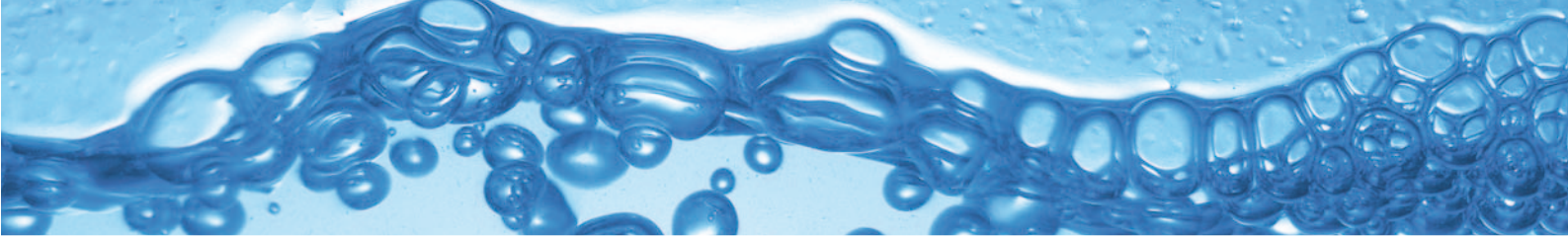
Gleichwohl kommt es beim Betrieb der Anlagen, die mit wassergefährdenden Stoffen arbeiten, immer wieder zu Unfällen. Das Austreten eines wassergefährdenden Stoffes von einer nicht nur unbedeutenden Menge ist unverzüglich der zuständigen Behörde oder der nächsten Polizeidienststelle anzuzeigen, sofern die Stoffe in ein oberirdisches Gewässer, eine Abwasseranlage oder in den Boden eingedrungen sind oder aus sonstigen Gründen eine Verunreinigung oder Gefährdung eines Gewässers nicht auszuschließen ist. Diese Anzeigen wertet das Statistische Bundesamt auf der Grundlage des Umweltstatistikgesetzes jährlich aus und veröffentlicht die Ergebnisse<sup>6)</sup>.

### Unfälle mit wassergefährdenden Stoffen in Deutschland

Betrachtet man die statistisch erhobenen Unfälle bei der Beförderung und dem Umgang mit wassergefährdenden Stoffen, so ergibt sich von 1998 bis 2005 ein leichter Rückgang der Unfälle. Dem steht mit einer leicht zunehmenden Tendenz das bei diesen Unfällen freigesetzte Volumen wassergefährdender Stoffe entgegen.

Bei meldepflichtigen Unfällen gelangten im Zeitraum der Jahre 2002 bis 2005 im Durchschnitt nur

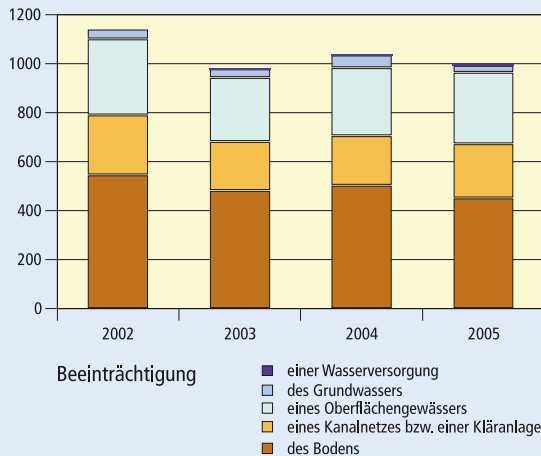
6) Statistisches Bundesamt: Umwelt – Unfälle mit wassergefährdenden Stoffen, Fachserie 19; Reihe 2.3



## Gefährdungen des Grundwassers

**Abbildung 20**

**Folgen der Unfälle beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen 2002 bis 2005  
(Mehrfachnennungen je Unfall sind möglich)**



Quelle: Umweltbundesamt (UBA), 2007

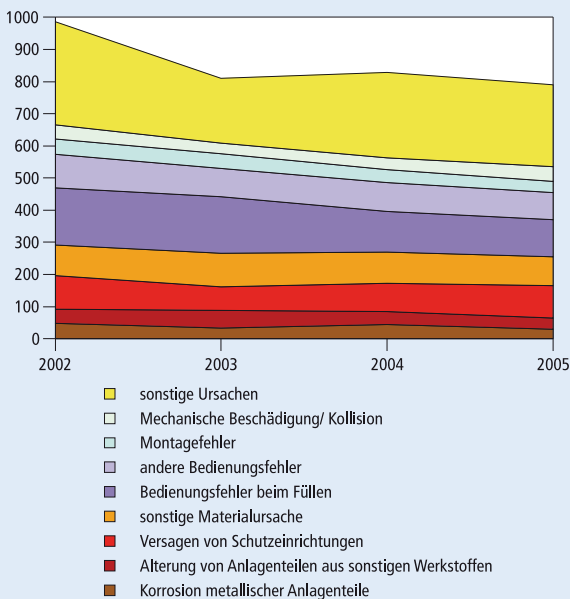
4 % der wassergefährdende Stoffe in das Grundwasser, 27 % hingegen in ein Oberflächengewässer, 21 % in die Kanalisation und 48 % in den Boden (Abbildung 20).

Zu berücksichtigen ist natürlich, dass wegen der Meldepflichten Maßnahmen zur Schadensbegrenzung ergriffen wurden, ohne die in vielen Fällen ein Transport der wassergefährdenden Stoffe aus dem unfallbedingt kontaminierten Boden in das Grundwasser erfolgt wäre.

Betrachtet man die Hauptursachen der Unfälle beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen, so haben dies zu 31 % technische und zu 38 % menschliche Ursachen (Abbildung 21).

**Abbildung 21**

**Unfälle beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen nach Hauptursachen 2002 bis 2005**



Quelle: Umweltbundesamt (UBA), 2007

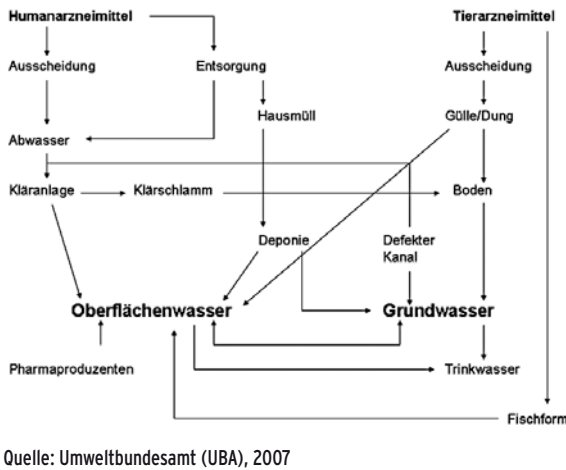
Während die Bedienungsfehler im Zeitraum 2002 bis 2005 leicht zurückgingen, ist dies bei den technischen Ursachen nicht der Fall. Bedenklich ist vor allem der Beitrag des Versagens der Schutzeinrichtungen (gemeint sind vor allem Überfüllsicherungen und Grenzwertgeber für die Befüllung), der zwischen 2003 und 2005 sogar eine leicht zunehmende Tendenz zeigt.

## 4.8 Arzneimittel

Eine weitere Gruppe der Stoffe, die aus diffusen Quellen in das Grundwasser gelangen können, sind Arzneimittel. Sie finden in großen Mengen sowohl in der Human- als auch in der Veterinärmedizin Anwendung. Jährlich werden viele tausend Tonnen dieser Stoffe eingenommen oder verabreicht. Einen erheblichen Teil der Humanarzneimittel scheiden wir mit dem Urin und Kot wieder aus. Somit gelangen sie über das Abwasser in die Kläranlagen. Arzneimittel werden in den Kläranlagen nur teilweise abgebaut und gelangen von dort über den Ablauf der Kläranlage in die Oberflächengewässer bzw. verbleiben im Klärschlamm. Tierarzneimittel gelangen mit den Ausscheidungen in die Gülle. Diese wird – vergleichbar mit dem Klärschlamm – häufig immer noch als Wirtschaftsdünger auf die landwirtschaftlichen Flächen ausgebracht. Daneben



**Abbildung 22**  
**Eintragungspfade von Arzneimitteln in die Gewässer**



führt die Behandlung von Tieren mit Tierarzneimitteln, die ausgeschieden werden, auch direkt zum Eintrag in die Umwelt.

Da es bisher nur eine relativ geringe Zahl an Untersuchungen zur Belastung des Grundwassers durch Arzneimittel gibt, lassen sich gegenwärtig noch keine Angaben darüber machen, ob und in welchem Umfang diese Stoffe das Grundwasser tatsächlich beeinträchtigen.

Etwas anders stellt sich die Situation für die Belastung des Oberflächenwassers dar. Eine Vielzahl an Messungen belegte, dass Arzneimittel bzw. Arzneimittelrückstände häufig im Oberflächenwasser zu finden sind. Es ist ebenfalls nachgewiesen, dass diese Stoffe aus dem Oberflächengewässer in das angrenzende Grundwasser gelangen können.

Arzneimittelfunde im Trinkwasser lassen sich mit dem Eintrag der Arzneimittel aus einem Oberflächengewässer in das angrenzende Grundwasser erklären. Bei der so genannten Uferfiltration, bei der man sich die Reinigungswirkung des Untergrundes zu Nutze macht, um das Oberflächenwasser auf natürlichem Wege von Schadstoffen zu reinigen, werden nicht alle Arzneimittel entfernt. Die Uferfiltration und künstliche Grundwasseranreicherung wer-

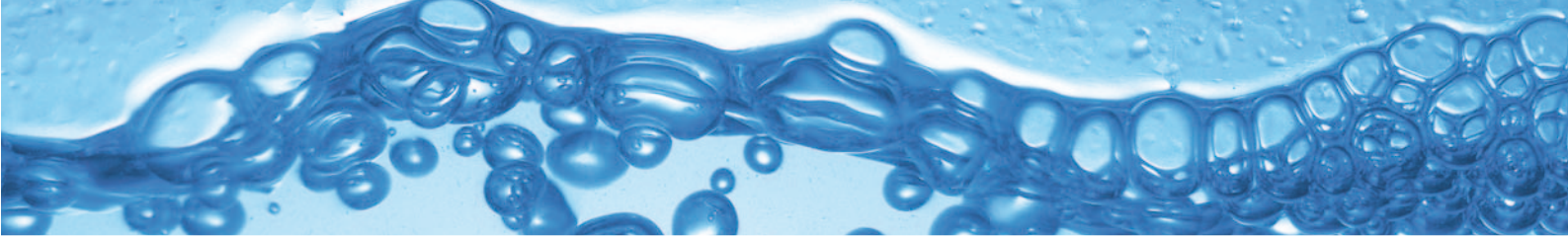
den seit langem als natürliches Reinigungsverfahren genutzt. Die Uferfiltration und die künstliche Grundwasseranreicherung sind in der Lage, Rückstände von Pharmaka aus kontaminierten Oberflächengewässern zu entfernen bzw. deren Konzentrationen deutlich zu verringern, sie sind jedoch nicht zur vollständigen Entfernung aller Arzneimittelrückstände geeignet.

Aus umwelthygienischer Sicht ist das Vorkommen der Arzneimittelrückstände im Trinkwasser unerwünscht, aus heutiger Sicht ist ein toxikologisches Risiko für den Menschen jedoch auszuschließen. Dennoch ist die Optimierung der Trinkwasseraufbereitungsmethoden und die der vorgelagerten Abwasserreinigung notwendig. Seit einigen Jahren prüft das Umweltbundesamt bei der Zulassung von Arzneimitteln auch mögliche Umweltrisiken, unter anderem einen möglichen Eintrag in das Grundwasser. Um längerfristig den Eintrag von Arzneimitteln in die Umwelt zu verringern, ist eine Reduzierung des Einsatzes durch verbesserte Haltungsbedingungen in der Tierzucht sowie Verhaltensänderungen bei Ärzten, Apothekern sowie Verbraucherinnen und Verbrauchern erforderlich.

## 4.9 Undichte Kanäle

In Deutschland gibt es ein öffentliches Abwassernetz von rund 486.000 km Länge. Davon sind circa 50 Prozent Mischwasserkanäle, der Rest reine Schmutz- und Regenwasserkanäle. Die privaten Grundstücksentwässerungsleitungen sind schätzungsweise 900.000 km lang.

Bei Undichtigkeiten sind sowohl Infiltrationen, also das Eindringen von Niederschlagswasser und Grundwasser in den Kanal, als auch Exfiltrationen von Abwasser, das heißt dessen Eindringen in Boden und Grundwasser, möglich. Bei der Infiltration führen teilweise erhebliche Grundwassermengen zu Überlastungen der Kanäle. Durch die Verdünnung des Schmutzwassers in den Kanälen kommt es zu einer erhöhten hydraulischen Belastung der Kläranlagen und zu einer Abnahme der Reini-



## Gefährdungen des Grundwassers

gungsleistung, was letztendlich zu einem erhöhten Eintrag der Schadstoffe in die Gewässer führt.

Relevante Stoffeinträge durch Exfiltrationen aus undichten Kanälen in das Grundwasser sind zu erwarten, falls die Kanäle in grobkörnigen Mittelsanden bis Kiesen liegen, schwere bis mittlere Schäden an den Kanälen vorhanden sind und der Abstand der Rohrsohle zum Grundwasser unter einem Meter bei Kies oder unter 0,5 Meter bei Mittelsand beträgt. Bei tonigem oder feinsandigem Sediment mit einer Deckschicht größer als einen Meter bleiben die Einträge in der Regel auf das Sediment beschränkt.

Seit 1984 führt die Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) Umfragen zum Zustand der öffentlichen Kanalisation in Deutschland durch. Während sich bei den ersten Umfragen zeigte, dass ein sehr geringer Kenntnisstand bei den Betreibern der Abwasseranlagen zum Zustand ihrer Netze vorherrschte, verbesserte sich dieser Zustand danach wesentlich. So sind derzeit circa 80 % der Netze inspiziert, die Genauigkeit der Aussagen zum erforderlichen Sanierungsbedarf stieg deutlich. In ihrer letzten Umfrage aus dem Jahre 2004 erhob die DWA Daten von 187 Kommunen und Abwasserverbänden aus dem gesamten Bundesgebiet und erfasste somit circa 23 Mio. Einwohner. Die Auswertung der Ergebnisse zeigte, dass rund 20 % der öffentlichen Kanalisation kurz- bzw. mittelfristig sanierungsbedürftig sind. Bei einer Gesamtlänge von circa 486.000 km der öffentlichen Kanalisation in Deutschland betrifft dies also circa 97.000 km.

Die Altersverteilung weist aus, dass circa 70 % der erdverlegten Rohrleitungen in den letzten 50 Jahren gebaut wurden, aber auch noch Kanäle genutzt werden, die älter als 100 Jahre sind. Die statistische Auswertung der Kanalschäden verdeutlicht, dass schadhafte Anschlüsse (20 %), Risse (17 %) und Abflusshindernisse (16 %) überwiegen und Lageabweichungen, Korrosionsschäden, Wurzeleinwuchs und undichte Muffen mit etwa gleichen Anteilen von 7 bis 12 % folgen.

Unter Zugrundlegung der mittleren Kosten für die Kanalsanierung – ermittelt aus den Kostenangaben zu Reparatur, Renovierung und Erneuerung – ergibt sich nach den Schätzungen der DWA aus dem Jahre 2004 ein Gesamt-sanierungsbedarf für die öffentliche Kanalisation in Deutschland in einer Größenordnung von 50 bis 55 Milliarden Euro.

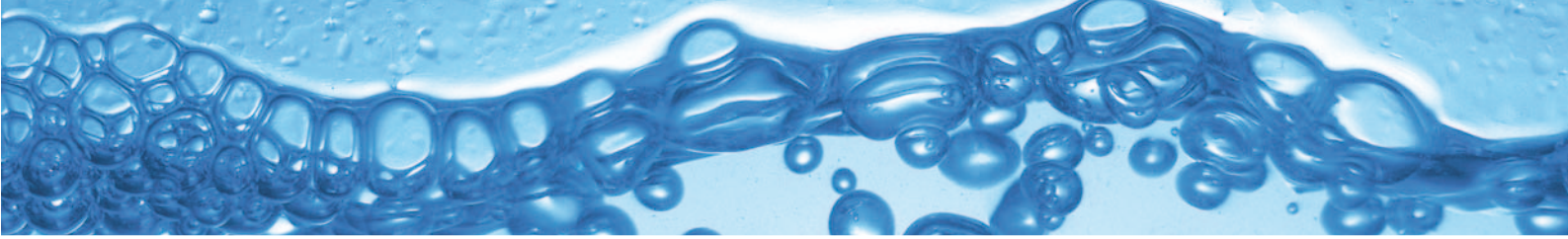
### 4.10 Absenkungen (Bergbau, Bautätigkeiten)

Zur Gewährleistung des Braunkohleabbaus im Tagebauverfahren musste das Grundwasser rund um die Tagebaue weiträumig und bis zu 80 m tief abgesenkt werden. Die Gesamtfläche der betroffenen Regionen entspricht annähernd der Größe des Saarlandes. Das dabei entstandene Grundwasserdefizit wird mit circa 13 Milliarden m<sup>3</sup> beziffert. Von diesen 13 Milliarden m<sup>3</sup> entfallen 4,5 Milliarden m<sup>3</sup> auf die Tagebaurestlöcher selbst und circa 8,5 Milliarden m<sup>3</sup> auf die Absenkung des umgebenden Grundwassers. Daher ist die Wiederherstellung eines ausgeglichenen Wasserhaushaltes eine der anspruchsvollsten Aufgaben im Rahmen der Braunkohlesanierung. Das bedeutet, dass nicht weniger als 135 ehemalige Tagebaue unter Beachtung quantitativer und qualitativer Anforderungen zu fluten sind. Dem Problem der Versauerung des in den Tagebaurestlöchern aufsteigenden Grundwassers bzw. des bereits dort anstehenden Wassers ist nach heutigem Erkenntnisstand nicht ohne die rasche Einleitung zusätzlichen, gut gepufferten Oberflächenwassers beizukommen.

Aber das Wasserdargebot der die Braunkohlegebiete durchziehenden Fließgewässer und die Grundwasserneubildungsrate sind vom Menschen nur wenig beeinflussbar.

Die Verfügbarkeit des Oberflächenwassers ist in den Braunkohlerevieren unterschiedlich. So ist die Lausitz arm an Niederschlägen und die Flüsse führen vergleichsweise wenig Wasser. Eine Wasserentnahme erfordert insbesondere bei Grenzgewässern, wie beispielsweise bei der Neiße als Grenzfluss zu





**Grundwasserwiederanstieg in einem Tagebaurestloch**

Polen, ein komplexes und langwieriges nationales und bilaterales Genehmigungsverfahren.

Weiterhin sind ökologisch notwendige Mindestabflüsse in den Flusseinzugsgebieten sicherzustellen, um Nutzungen wie die Trinkwasserversorgung und den Schutz und den Erhalt von Naturräumen, wie dem Spreewald, nicht nachhaltig zu gefährden. Dies macht deutlich, dass die Bergbausanierung ein langfristiges Wassermanagement als Teil der Flussgebietsbewirtschaftung der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) erfordert. Der jahrzehntelange Eingriff in das überregionale Grundwasserregime lässt sich nicht in kurz- und mittelfristigen Zeiträumen reparieren.

Für das Lausitzer Revier wurde eine Flutungszentrale eingerichtet, welche länderübergreifend die Wasserverteilung auf der Grundlage der Bewirtschaftungsgrundsätze der Wasserbehörden Berlins, Brandenburgs und des Freistaats Sachsen sowie unter Berücksichtigung der Belange Polens steuert.

### 4.11 Versiegelung

#### Auswirkungen von Bodenversiegelungen

Auf versiegelten Flächen kann kein Regen- oder Oberflächenwasser in den Boden einsickern. Die

Grundwasseranreicherung verringert sich, der Abfluss in die Oberflächengewässer und ggf. die Kanalisation nimmt zu. Als Folge übermäßiger Bodenversiegelung können vermehrte Dürreschäden einerseits sowie häufigere und stärkere Hochwasser andererseits auftreten. Letzteres ist angesichts des fortschreitenden Klimawandels mit sich mehrenden Starkregenereignissen besonders bedeutsam. Zusätzlich besteht auf versiegelten Bau-, Gewerbe- und Verkehrsflächen die Gefahr, dass Nähr- und Schadstoffe, die durch Risse in der versiegelten Oberfläche oder durch Kanalundichtigkeiten punktuell in den Boden eindringen, weniger durch Regenwasser verdünnt werden und deshalb in erhöhter Konzentration im Boden vorliegen. Dadurch kann die Leistungsfähigkeit des Bodens als Filter- und Puffermedium überschritten werden, so dass Nähr- und Schadstoffe in diesem Bereich am Ende auch in hoher Konzentration in das Grundwasser gelangen. Versiegelung und Bebauung wirken sich folglich nicht nur auf die Menge des Grundwassers, sondern auch auf dessen Qualität aus.

#### Wichtigste Ursache der Bodenversiegelung

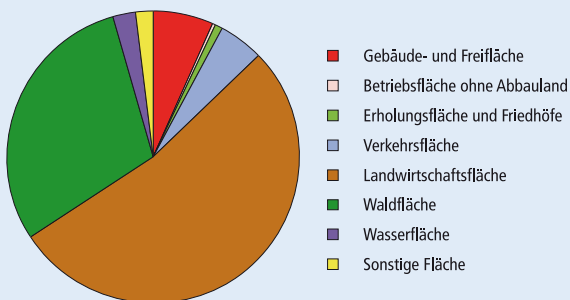
Wichtigste Ursache für die Bodenversiegelung ist die Flächeninanspruchnahme durch Siedlungen und Verkehr (SuV). Die Bundesrepublik ist insgesamt von viel Wald und Landwirtschaft geprägt. Deutschland gehört weltweit allerdings auch zu den Staaten mit der höchsten Siedlungs- und Infrastrukturdichte.

Vorrangige Ziele einer grundwasserschützenden Bauungs- und Flächennutzungsplanung sind daher

- mit Grund und Boden sparsam und schonend umzugehen und dabei Bodenversiegelungen auf das notwendige Maß zu begrenzen (siehe Bodenschutzklausel des Baugesetzbuches),
- für die Versickerung des Niederschlagswassers geeignete Böden sowie Bereiche mit besonderen Filter- und Pufferfunktionen für die Grundwasserneubildung möglichst nicht zu bebauen,

### Abbildung 23

Am 31.12.2005 waren in Deutschland bereits 12,9 % (4,6 Millionen Hektar) der Fläche des Bundesgebietes (35,7 Millionen Hektar) Siedlungs- und Verkehrsfläche, wobei große regionale Unterschiede auftreten. In den Stadtstaaten liegt der Anteil zwischen 56 % (Bremen) und 70 % (Berlin), in den Flächenländern zwischen 8 % (Mecklenburg-Vorpommern) und 22 % (Nordrhein-Westfalen)



Quelle: Umweltbundesamt (UBA), 2007

- Nutzungsbeschränkungen zum Schutz des Grundwassers festzulegen, ggf. Baurechte auch zurückzunehmen,
- Flächen für Regenrückhaltebecken und Anlagen zur Wiederversickerung von Niederschlagswasser auszuweisen,
- keine Handlungen zu unternehmen, die dem Schutzzweck von wasserrechtlich festgesetzten Gebieten zuwiderlaufen,
- bei der Standortbestimmung für Nutzungen mit hohem Verschmutzungsrisiko empfindliche Grundwasserbereiche zu meiden.

Bei bestimmten Nutzungen mit sehr hohem Verschmutzungspotenzial – etwa bei Deponien – ist hingegen eine komplette Abdichtung des Bodens aus Gewässerschutzgründen erforderlich, damit Schadstoffe des gelagerten Abfalls nicht in das Grundwasser eintreten können.

Vorschläge des Umweltbundesamtes für Maßnahmen und Instrumente zur Reduzierung der Flächeninanspruchnahme und Bodenversiegelung

Die so genannte Bodenschutzklausel im Baugesetzbuch (BauGB § 1a (2)) fordert: „Mit Grund und Boden soll sparsam und schonend umgegangen werden; dabei sind zur Verringerung der zusätzlichen Inanspruchnahme von Flächen für bauliche Nutzungen die Möglichkeiten der Entwicklung der Gemeinde insbesondere durch Wiedernutzbarmachung von Flächen, Nachverdichtung und andere Maßnahmen zur Innenentwicklung zu nutzen sowie Bodenversiegelungen auf das notwendige Maß zu begrenzen. Landwirtschaftlich, als Wald oder für Wohnzwecke genutzte Flächen sollen nur im notwendigen Umfang umgenutzt werden.“

Allerdings unterliegt der Bodenschutz im Bau- und Planungsrecht der Abwägung mit anderen Belangen, zum Beispiel der Versorgung der Bevölkerung mit Wohneigentum oder Belangen der Wirtschaft und des Verkehrs. Darüber hinaus gibt es eine Vielzahl finanzieller Anreize, um weiter neue Flächen in Bauland umzuwidmen: von den planungsbedingten Bodenwertgewinnen, von denen Grundstückseigentümer oder Gemeinden profitieren können, über die Hoffnung auf höhere Steuereinnahmen für die Gemeinden bis hin zu Subventionen der Länder, des Bundes und der EU für Wohnungsneubau, Eigenheime, Verbesserung der Wirtschaftsstrukturen.

Die hier verankerten Grundsätze zum sparsamen Umgang mit Böden müssen deshalb in der Praxis oft hinter wirtschaftlichen Überlegungen der Gemeinden und Grundstückseigentümer zurückstehen. Das Bauplanungsrecht in seiner jetzigen Form reicht deshalb alleine nicht aus, den Trend zur Flächenneuanspruchnahme zu dämpfen.

Forschungsvorhaben des Umweltbundesamtes untersuchten deshalb mehrere Ansatzpunkte zur Verringerung der Flächenneuanspruchnahme, zur Förderung der Wiedernutzung von brachgefallenen Siedlungsflächen und zur Vermeidung von Bo-



denneuersiegelung weiter – mit folgenden Untersuchungsschwerpunkten

- Abbau kontraproduktiver Subventionen,
- Umgestaltung der Grundsteuer und der Grunderwerbsteuer,
- Effektivierung des Planungsrechtes und Stärkung der Raumordnung,
- Begrenzung der Flächenneuanspruchnahme auf der Ebene des Bundes, der Länder und der Regionen sowie Einführung eines Handels mit Flächenausweisungszertifikaten.

## 4.12 Regenwasserversickerung

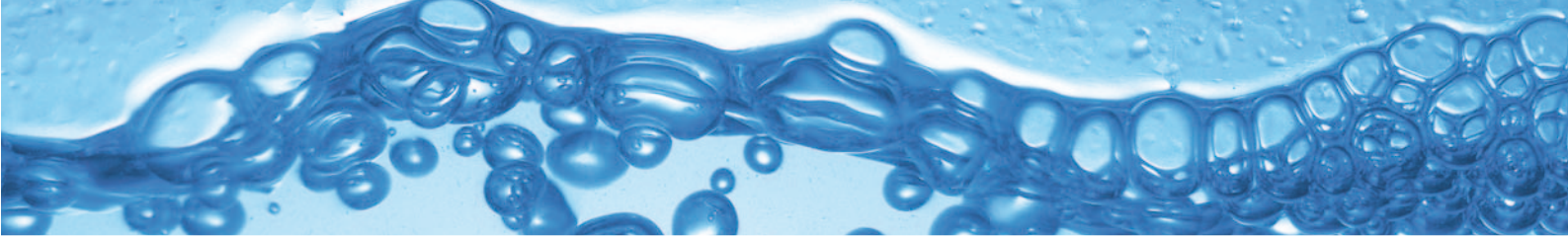
Regenwasser gelangt heute in den meisten bebauten und versiegelten Gebieten nicht mehr auf natürlichem Wege in den Wasserkreislauf. Dass es sich bei den anfallenden Niederschlägen um gewaltige Wassermengen handelt, wird deutlich, wenn man sich die riesigen, begehbaren Sammlersysteme vergegenwärtigt, die den Untergrund von Siedlungsgebieten durchziehen.

Mittlerweile findet ein Umdenken statt: weg von der Ableitung des Niederschlagwassers in die Kanalnetze hin zur Entsigelung und Versickerung in den Untergrund. Mit einer gezielten Versickerung von Regenwasser wird das Ziel verfolgt, das Wasser dort, wo es auf die Erde trifft, wieder dem natürlichen Wasserkreislauf zuzuführen, um so einen positiven Effekt für den lokalen Boden- und Grundwasserhaushalt zu erreichen. Allerdings kann in einigen Fällen der Anstieg des Grundwasserspiegels problematisch sein, da die Verstädterung und die damit einhergehende Versiegelung in der Vergangenheit zu einer Grundwasserabsenkung führte und Gebäude oftmals während der zur Bauzeit herrschenden niedrigen Grundwasserstände entstanden. Ein späterer Grundwasseranstieg ist bei geringen Flurabständen oftmals die Ursache von Kellervernässungen.



Sammler vor dem Einbau

Aber auch Boden und Grundwasser können durch gelöste und abgeschwemmte Stoffe im versickernden Niederschlagswasser beeinträchtigt werden. Bei der Versickerung von Niederschlagswasser werden hauptsächlich abgeschwemmte Partikel und die an sie gebundenen Stoffe auf der Bodenoberfläche sedimentiert, wobei ein Teil der Stoffe in die oberen Zentimeter des Bodens eindringt. Gelöste Stoffe können mit dem Sickerwasser bis zum Grundwasser wandern. Daher sind nicht alle Böden gleichermaßen für die Einleitung von Regenwasser geeignet, da sie sich in ihrer Wasserdurchlässigkeit erheblich unterscheiden. So sind Böden mit hohem Tonanteil normalerweise wegen ihrer Stauwirkung ungeeignet, ebenso Untergründe mit einer sehr hohen Durchlässigkeit wie Kies, da hier keine ausreichende Reinigung des Regenwassers wegen der relativ geringen Verweildauer bei der Bodenpassage erfolgt. Entscheidend für die Reinigungsleistung ist neben der Adsorptionskapazität und der Homogenität die biologische Aktivität des Oberbodens, denn dort findet ein erhöhter Schadstoffabbau statt. Das Versickern des Regenwassers von Gründächern, Wiesen und Dachflächen ohne, beziehungsweise mit einem vernachlässigbaren Anteil von Kupfer, Zink und Blei ist problemlos möglich. Von bestimmten Flächen jedoch kann das abfließende



## Gefährdungen des Grundwassers

Regenwasser stärker mit Schadstoffen belastet sein, weswegen eine Vorbehandlung oder das Einleiten in das Kanalnetz erforderlich ist. Solche Flächen sind zum Beispiel:

- Hofflächen und Straßen in Gewerbe- und Industriegebieten,
- unüberdachte Lagerflächen mit Wertstoffen (Biokompost, Papier, Abfall),
- Hauptverkehrsstraßen, Autobahnen.

### 4.13 Auswirkungen des Klimawandels auf das Grundwasser

Im Jahr 2007 ist der vierte Sachstandsbericht der „Zwischenstaatlichen Sachverständigengruppe für Klimafragen“ (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) erschienen. Dieser Bericht verdeutlicht, dass der größte Teil des im 20. Jahrhundert beobachteten Anstiegs der Lufttemperatur sehr wahrscheinlich von uns Menschen verursacht ist. Allein die weltweite Konzentration des Treibhausgases Kohlendioxid in der Atmosphäre stieg von 280 ppm (parts per million) vor Beginn der Industrialisierung auf 379 ppm im Jahr 2005. Dies führte zu einer weltweiten Erwärmung im Durchschnitt von etwa 0,8°C in den letzten 100 Jahren. Wir beobachten zudem einen Anstieg des Meeresspiegels, einen Rückgang des Meereises und der Gletscher, die langfristige Veränderung der Niederschläge sowie eine deutliche Zunahme extremer Wetterereignisse wie Starkniederschläge und Stürme.

Neben der Beobachtung und Auswertung der Daten aus der Vergangenheit hat die Modellierung des Klimas in Zukunft eine große Bedeutung. Die Modellergebnisse geben uns einen Eindruck, mit welchen Klimaveränderungen wir künftig rechnen müssen. Daher wird mit Hilfe von Modellen und Szenarien, also Bildern, wie die weltweite wirtschaftliche Entwicklung und die Entwicklung der Bevölkerungszahl aussehen könnten, die Veränderungen der Temperatur und des Niederschlags in der Zukunft „berechnet“. Da die Ergebnisse jeweils

von den verwendeten Modellen und Szenarien abhängen, sprechen die Wissenschaftler von Projektionen in die Zukunft.

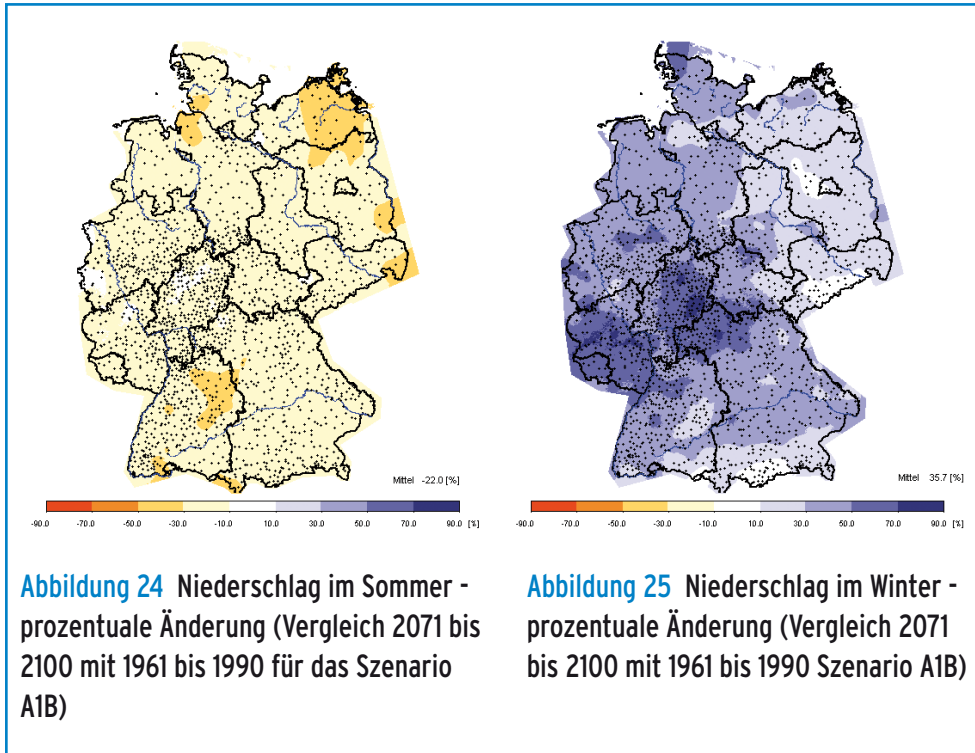
Die Ergebnisse aus den weltweiten Modellen lassen sich über weitere Modelle auf die regionale Ebene „verfeinern“. Wichtig ist, dass das Ergebnis nicht eine Zahl sein wird, sondern eine Bandbreite von möglichen Werten – je nach gesetzten Rahmenbedingungen und verwendetem Modell. Daher ist es vorteilhaft verschiedene Modelle mit unterschiedlichen Szenarien berechnen zu lassen.

Das Umweltbundesamt unterstützt laufende Forschungsarbeiten und lässt zum Beispiel die Klimaänderungen, die wir für Deutschland erwarten, mit verschiedenen Modellen projizieren (REMO- und WETTREG-Modell). Erste Ergebnisse des WETTREG – Modells zeigen für ein Szenario, das eine global orientierte Entwicklung mit starkem Wirtschaftswachstum darstellt (A1B), eine deutliche Temperaturzunahme in Deutschland von durchschnittlich 2,3°C für den Zeitraum 2071 bis 2100. Dabei wird als Vergleichstemperatur die Temperatur der Zeitperiode 1961 bis 1990 zugrunde gelegt.

Von großer Bedeutung für Fragen der Wasserwirtschaft sind jedoch nicht nur die projizierten Veränderungen der Temperatur, sondern auch des Niederschlags. Das WETTREG – Modell ermittelt eine Abnahme der Niederschläge im Sommer von etwa 20 % in Deutschland. Dabei vergleicht die Untersuchung auch in diesem Modell eine zukünftige Zeitspanne 2071 bis 2100 mit einer in der Vergangenheit liegenden Zeitspanne (1961 bis 1990, Abbildung 24). Der winterliche Niederschlag hingegen nimmt um etwa 30 % zu (Abbildung 25). Sowohl im Sommer als auch im Winter zeigen sich Unterschiede in den einzelnen Regionen. So ist der Nordosten Deutschlands von abnehmenden Niederschlägen stärker betroffen, im Westen Deutschlands nehmen im Winter die Niederschläge stärker zu.

Die veränderte Temperatur und die veränderten Niederschläge wirken auf die verschiedenen Grö-





**Abbildung 24** Niederschlag im Sommer - prozentuale Änderung (Vergleich 2071 bis 2100 mit 1961 bis 1990 für das Szenario A1B)

**Abbildung 25** Niederschlag im Winter - prozentuale Änderung (Vergleich 2071 bis 2100 mit 1961 bis 1990 Szenario A1B)

Süddeutschland stützen diese Ergebnisse. Sie zeigen eine Erhöhung der Grundwasserneubildung von circa 10 % bis 20 %.

Ein ganz anderes Bild zeichnen die Projektionen für die östlichen Bundesländer, zum Beispiel in Brandenburg. Erste Studien gehen von einem Rückgang der Grundwasserneubildung von bis zu 40 % aus.

Aus diesen unterschiedlichen Entwicklungen resultieren

Ben des Wasserkreislaufs (vgl. Abb. Wasserkreislauf). Wegen steigender Temperaturen erhöht sich unter anderem die Verdunstung. Die veränderten Niederschläge beeinflussen den Abfluss an der Oberfläche sowie die Grundwasserneubildung. Auf diesem Weg wirken die veränderten Klimabedingungen auch auf das Grundwasser.

Wichtig ist, dass sich die Grundwasserstände nicht nur durch die Auswirkungen des Klimawandels verändern, auch die Nutzung des Grundwassers – etwa für landwirtschaftliche Bewässerung oder die Trinkwassergewinnung – spielt eine Rolle. Erste Untersuchungen konzentrieren sich daher auf die Veränderung der Grundwasserneubildung unter variierenden Klimabedingungen.

Untersuchungen für Hessen zeigen eine Zunahme der Grundwasserneubildung um etwa 25 % bis 2050 im Vergleich zum Referenzzeitraum 1971 bis 2000. Die zukünftigen mittleren Verhältnisse werden voraussichtlich den ausgesprochenen Nassperioden der Vergangenheit entsprechen. Untersuchungen für

unterschiedliche Folgen für die Nutzung der betroffenen Flächen.

Bei steigender Grundwasserneubildung und dadurch steigenden Grundwasserständen können etwa Ackerflächen vernässen oder auch Auswaschungen aus Ackerflächen – zum Beispiel Nitrat – verstärkt auftreten. Aber nicht nur die Landwirtschaft ist betroffen. Aufsteigendes Grundwasser kann auch Gebäude schädigen. Es ist daher wichtig, die regional unterschiedlichen Erkenntnisse rechtzeitig in die Ausweisung von Baugebieten und die Planung von Bauwerken aufzunehmen.

Die Entwicklungen für die östlichen Bundesländer machen andere Anpassungsmaßnahmen notwendig. Hier sind zum Beispiel Maßnahmen zu etablieren, die das Wasser länger in der Fläche halten und so die Grundwasserneubildung unterstützen. Die dezentrale Versickerung des Regenwassers oder die Einschränkung der Flächenversiegelung sind Beispiele hierfür.

## 5 Die aktuelle Situation

Die vorhergehenden Kapitel zeigten, wie Grundwasser genutzt wird und welchen Gefährdungen Grundwasser ausgesetzt ist. Im Folgenden wollen wir darstellen, wie sich das auf den aktuellen Zustand, also auf Qualität und Menge des Grundwassers auswirkt.

### 5.1 Grundwasserüberwachung

Die Überwachung der Grundwasserbeschaffenheit ist in der Bundesrepublik Deutschland Aufgabe der Bundesländer. Zu diesem Zweck bauten die Länder in den letzten Jahrzehnten systematisch Grundwassermessnetze auf. Ziele der Grundwasserüberwachung sind:

- nachteilige Veränderungen der Beschaffenheit des Grundwassers rechtzeitig zu erkennen,
- Ursachen der Verunreinigungen festzustellen,
- entsprechend den Verunreinigungsursachen zielgerichtet Sanierungs- und Vermeidungsstrategien entwickeln zu können und
- die Wirksamkeit dieser Schutzmaßnahmen zu beurteilen.

Die Bundesländer betreiben neben den verschiedenen länderspezifisch ausgerichteten Messnetzen auch zwei länderübergreifende Netze (Abbildung 26).

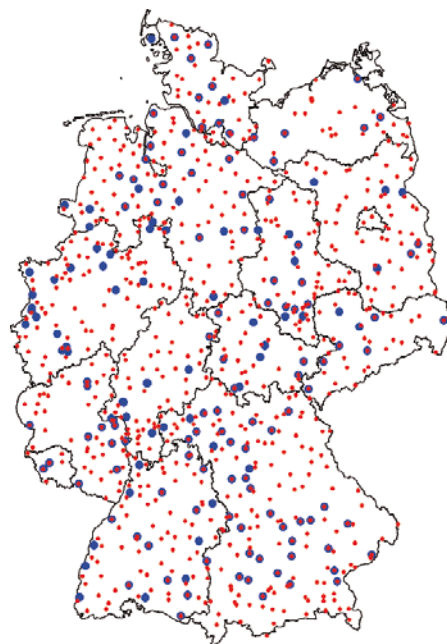
Beide Netze dienen dazu, die Datengrundlagen für die Berichterstattung der Bundesrepublik Deutschland gegenüber der Europäischen Union und der Europäischen Umweltagentur zu schaffen.

#### Das EUA-Messnetz (rot)

Dieses Messnetz liefert die notwendigen Daten für die Berichterstattung Deutschlands an die Europäische Umweltagentur (EUA) in Kopenhagen. Das Umweltbundesamt erstellt diese Berichte aus den Daten der Länder und übermittelt sie an die EUA.

Abbildung 26

Die Messstellen des EUA Messnetzes (rot) und des EU-Nitratmessnetzes (blau)



Quelle: Umweltbundesamt (UBA), 2006

Dem Messstellenkonzept liegen folgende Kriterien zugrunde:

- es sollte ein repräsentatives Messnetz sein und einen Überblick über die Beschaffenheit des Grundwassers in ganz Deutschland geben,
- es sollte nach Maßgabe der Länder aus ca. 800 Messstellen bestehen,
- diese Messstellen sollten gleichmäßig über das ganze Bundesgebiet verteilt sein und
- vorwiegend im obersten Hauptgrundwasserleiter liegen.

Die Bundesländer liefern dem Umweltbundesamt jährlich die Messergebnisse dieses Netzes. Das Umweltbundesamt erfasst und prüft diese Daten und übermittelt sie an die Europäische Umweltagentur. Die EUA ihrerseits nutzt diese Daten, um daraus ein



Bild der Grundwassersituation in Europa zu zeichnen.

### Das EU-Nitratmessnetz (blau)

Dieses Messnetz wurde von den Ländern für die speziellen Überwachungsanforderungen der EG-Nitratrichtlinie (91/676/EG – siehe Kap. 6) konzipiert. Die Daten sollen zeigen, wie sich die verschiedenen Maßnahmenprogramme auf die Beschaffenheit des Grundwassers auswirken. Berichte sind alle vier Jahre zu erstellen und der Europäischen Kommission zuzuleiten. Für die Auswahl der Messstellen gelten folgende Kriterien:

- Die Messstellen sollen im oberflächennahen Grundwasserleiter liegen. Untersucht wird vorrangig das oberste Grundwasserstockwerk.
- Die Messstellen sollen deutlich erhöhte Nitratgehalte (>50 mg/l, mindestens aber >25 mg/l NO<sub>3</sub>) aufweisen.
- Die erhöhten Nitratgehalte müssen sich eindeutig auf landwirtschaftliche Einträge zurückführen lassen.
- Die ausgewählten Messstellen müssen für ein möglichst großes Einzugsgebiet repräsentativ sein, das heißt, sie müssen die Auswirkungen diffuser Stoffeinträge zeigen.

Das Messnetz umfasst circa 180 Messstellen, an denen im Regelfall zwei- bis viermal im Jahr die Nitratkonzentration im Grundwasser gemessen wird. Das Nitratmessnetz erfasst ganz gezielt die Grundwasserverunreinigung in Belastungsgebieten (Worst-Case-Szenario) und ist – anders als das EUA-Messnetz – nicht repräsentativ für die Belastung des Grundwassers in Deutschland.

### Messnetze der Länder zur Berichterstattung der Bundesrepublik Deutschland über die Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)

Nach den Vorgaben der WRRL stellen die Mitgliedstaaten geeignete Messnetze auf, mit denen man

den Zustand des Grundwassers erfassen und bewerten kann. Die Richtlinie unterscheidet zwischen der großräumigen „Überblicksüberwachung“ und der kleinräumigen „operativen Überwachung“ für den chemischen Grundwasserzustand. Außerdem muss man den mengenmäßigen Grundwasserzustand mithilfe eines Messnetzes zuverlässig bewerten können. Die „Überblicksüberwachung“ erfolgt mit Hilfe eines festen, relativ grobmaschigen Messnetzes. Sie erfasst langfristige Veränderungen durch natürliche und menschliche Einflüsse, etwa die Belastung mit Nährstoffen oder Schadstoffen wie Schwermetallen, halogenierten Kohlenwasserstoffen und bestimmten Pflanzenschutzmitteln. Sie muss auch in der Lage sein, Veränderungen infolge des Klimawandels oder geänderter Landnutzungen aufzuzeigen.

Die „operative Überwachung“ ist für Grundwasserkörper vorgesehen, für die nach den Ergebnissen der Überblicksüberwachung das Risiko besteht, dass sie den von der WRRL geforderten guten Zustand ohne weitere Maßnahmen nicht erreichen.

Deutschland meldete im März 2007 insgesamt 13.270 Grundwassermessstellen an die EU-Kommission. Von diesen Messstellen dienen 8.959 der Überwachung des mengenmäßigen Zustands, 5.682 Messstellen der „Überblicksüberwachung“ und 3.979 der „operativen Überwachung“.

## 5.2 Grundwasserkörper und ihre Beurteilung durch die Bundesländer

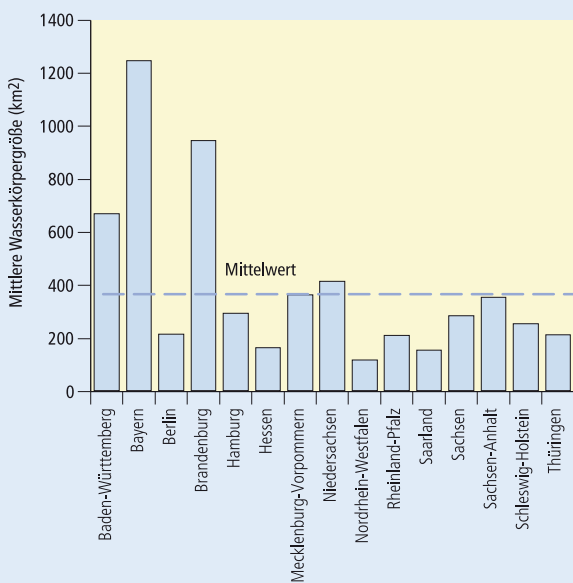
Nach den Vorgaben der EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) haben die Mitgliedstaaten dafür zu sorgen, dass die Gewässer, darunter auch das Grundwasser, bis 2015 einen guten Zustand erreichen. Die Bewertung des Grundwassers erfolgt dabei auf der Ebene von Grundwasserkörpern, die jeweils ein abgegrenztes Grundwasservolumen innerhalb eines oder mehrerer Grundwasserleiter beschreiben.

In Deutschland haben die Bundesländer circa 980 Grundwasserkörper ausgewiesen. Die Größe dieser

## Die aktuelle Situation

Körper liegt zwischen einigen Quadratkilometern und mehr als 1000 km<sup>2</sup>. Wie in Abbildung 27 dargestellt, variiert die mittlere Größe der GW-Körper je nach Bundesland zwischen 120 km<sup>2</sup> (Nordrhein-Westfalen) und 1250 km<sup>2</sup> (Bayern). Für Deutschland liegt die mittlere Größe aller Grundwasserkörper bei ca. 400 km<sup>2</sup>. Diese großen Unterschiede sind zum Teil auf verschiedenartige natürliche (hydrologische und hydrogeologische) Gegebenheiten, aber auch auf methodische Unterschiede bei der Festlegung der Grundwasserkörper zurückzuführen.

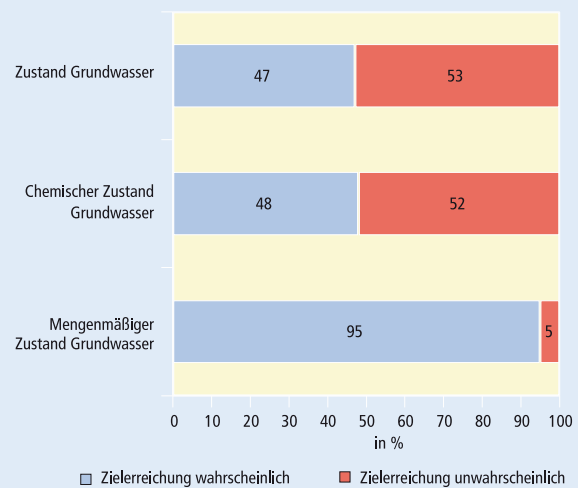
**Abbildung 27**  
Mittlere Größe der Grundwasserkörper in den verschiedenen Bundesländern



Quelle: Umweltbundesamt (UBA), 2005

Bei der ersten Bestandsaufnahme der Belastungen schätzten die EU-Mitgliedstaaten Ende 2004, welche Grundwasserkörper bis 2015 möglicherweise den guten Zustand ohne weitere Maßnahmen nicht erreichen werden. Hierbei berücksichtigten sie neben dem chemischen auch den mengenmäßigen Zustand des Grundwassers. Grundwasserkörper stuften sie nur dann als nicht gefährdet ein, wenn weder mengenmäßige Probleme noch Probleme im Hinblick auf die chemische Beschaffenheit zu erkennen oder zu erwarten waren.

**Abbildung 28**  
Ergebnisse der ersten Bestandsaufnahme der Grundwasserkörper in Deutschland



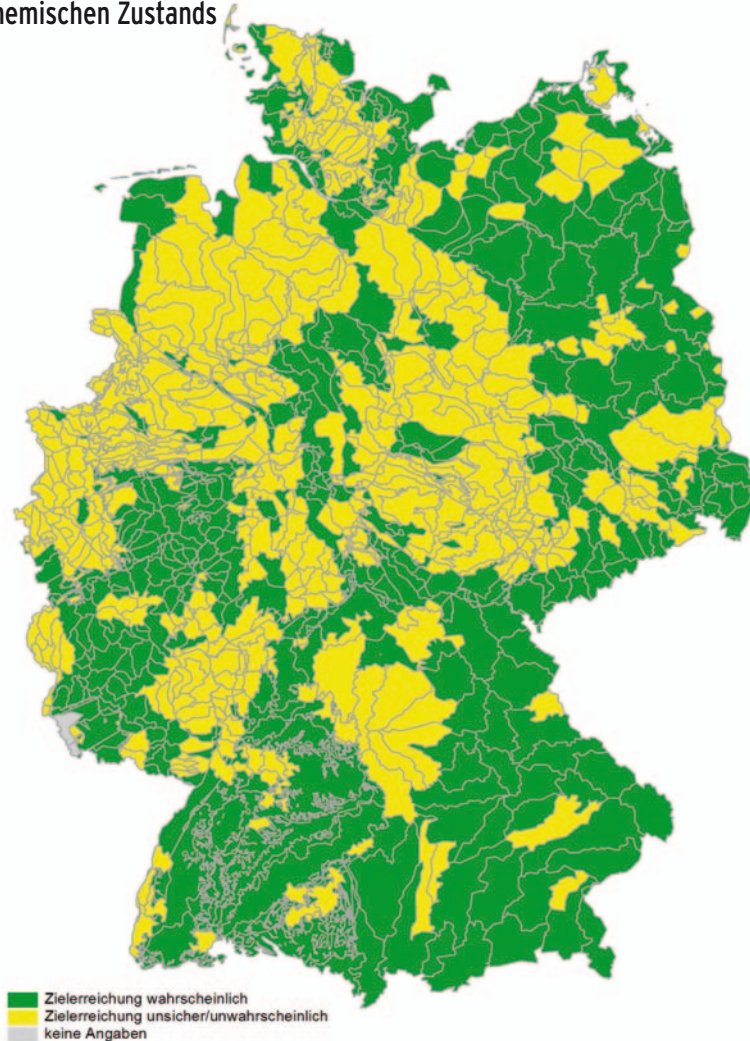
Quelle: Umweltbundesamt (UBA), 2005

Die 16 deutschen Bundesländer stuften insgesamt 53 % der deutschen Grundwasserkörper als gefährdet ein (siehe Abbildung 28). Dies entspricht etwa 45 % der Gesamtfläche der Bundesrepublik Deutschland (siehe Abbildung 29).

Wegen der in Deutschland positiven Wasserbilanz zwischen Wasserdargebot und Wasserverbrauch (siehe Kapitel 3.1), gibt es – abgesehen von einigen lokalen Problemen – kaum Wassermangelgebiete. Nur insgesamt 5 % der Grundwasserkörper in Deutschland wurden von den Bundesländern im Hinblick auf Wassermengenprobleme als gefährdet eingestuft. Mengenprobleme stehen häufig im Zusammenhang mit Bergbauaktivitäten, speziell mit dem Braunkohleabbau etwa in Nordrhein-Westfalen, Sachsen und Brandenburg. In diesen Gebieten wurden über Jahrzehnte die Grundwasserstände künstlich abgesenkt, um den Bergbau möglich zu machen. Es wird Jahrzehnte dauern, bis das Grundwasser seinen natürlichen Stand wieder erreicht und der gute mengenmäßige Zustand wieder hergestellt sein wird.



**Abbildung 29** Ergebnisse der Bestandsaufnahme für die Grundwasserkörper der Bundesrepublik Deutschland hinsichtlich des chemischen Zustands



Stand: 25.05.2007

Quelle: Umweltbundesamt, Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)

### 5.3 Welche Stoffe finden wir im Grundwasser?

#### Nitrat

Auf der Basis des EUA-Grundwassermessnetzes ergibt sich für das Jahr 2005 folgendes Bild über die Belastung des Grundwassers mit Nitrat in Deutschland:

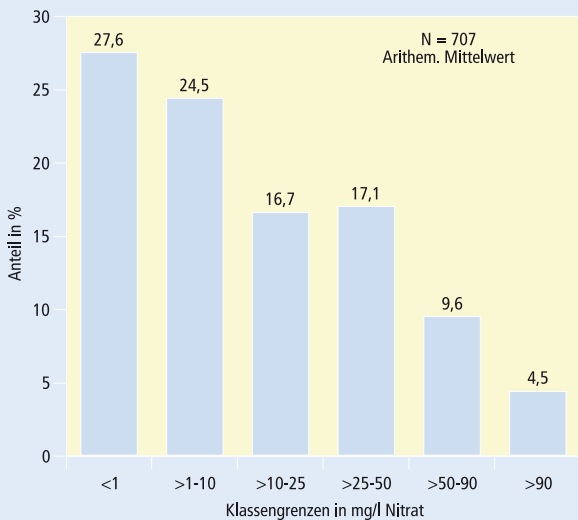
Für 707 der circa 800 Messstellen des EUA-Messnetzes lagen für das Jahr 2005 Untersuchungsergebnisse zum Nitratgehalt des Grundwassers vor. 52 % aller Messstellen zeigen Nitratkonzentrationen zwischen 0 und 10 mg/l und sind damit nicht oder nur geringfügig belastet. Bei 34 % der Messstellen liegt der Nitratgehalt zwischen 10 und 50 mg/l. Diese Messstellen sind deutlich bis stark durch Nitrat belastet. Die übrigen 14 % der Messstellen sind so stark mit Nitrat belastet, dass sie nicht ohne weiteres der Trinkwassergewinnung dienen können, da sie den Grenzwert der Trinkwasserverordnung von 50 mg/l zum Teil erheblich überschreiten.

Die Eintragsursachen für Stickstoff reichen von den punktförmigen Einträgen aus undichten Kanalsystemen sowie Gülle- und anderen Lagerbehältern über diffuse Einträge aus der Düngung bzw. Abfallbeseitigung bis hin zu den atmosphärischen Einträgen, die etwa aus Verbrennungsprozessen oder anderen gasförmigen Emissionen stammen. Hinweise darauf, wo jeweils die Haupteintragsursachen zu suchen sein könnten, geben Vergleiche zwischen den vorherrschenden Landnutzungen im Umfeld einer Messstelle und den Nitratgehalten im Grundwasser. In der Gruppe

der Messstellen, in deren Umfeld Wald dominiert, findet man insgesamt die geringste Nitratbelastung. An weniger als 4 % aller Messstellen kommt es zu Überschreitungen der Konzentrationen von 50 mg/l. Dominiert Grünland – mit Wiesen und Weiden – das Umfeld der Messstellen, so steigt die Zahl der mit Nitrat höher belasteten Messstellen auf circa 7 %. Befinden sich im Umfeld der Messstellen größere Siedlungsflächen bzw. Ackerflächen, so steigt der Anteil der Messstellen mit Nitratgehalten

## Die aktuelle Situation

**Abbildung 30**  
**Überblick über die Nitratgehalte im Grundwasser der Bundesrepublik Deutschland für das Jahr 2005 (im EUA-Grundwassermessnetz)**



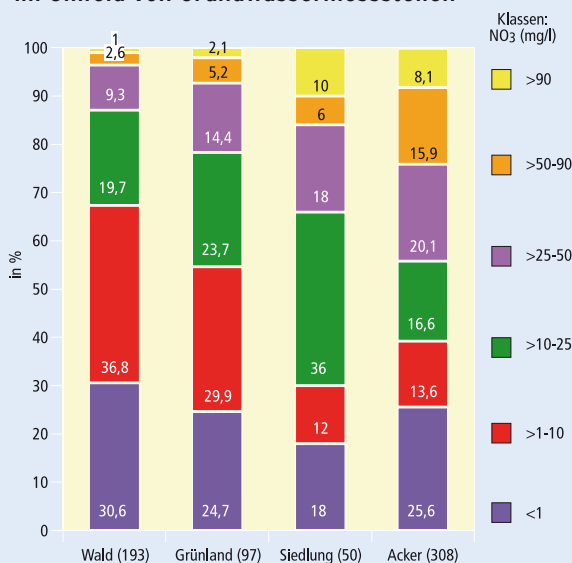
Quelle: Umweltbundesamt (UBA), 2007

von mehr als 50 mg/l auf 16 % bzw. 24 %. Hiermit lässt sich belegen, dass der Eintrag von Stickstoff aus der Landwirtschaft (s. Kapitel 4.1) tatsächlich die wesentliche Ursache für die Belastung des Grundwassers mit Nitrat ist.

## Nitratbericht zur EG-Nitratrichtlinie

Stickstoffeinträge aus der Landwirtschaft führen in erheblichem Umfang zur Belastung des Grundwassers. Um Grundwasser in Regionen mit intensiver landwirtschaftlicher Nutzung zu schützen, hat die EU im Jahr 1991 die „Richtlinie (91/676/EWG) zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigungen durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen“ erlassen. Die Nitratrichtlinie verlangt die Einhaltung der „guten fachlichen Praxis“ in der Landwirtschaft und die Durchführung weitergehender Reduktionsmaßnahmen im Rahmen von Aktionsprogrammen. Die Mitgliedstaaten müssen darüber hinaus die Wirksamkeit der Aktionsprogramme durch eine gezielte Gewässerüberwachung nachweisen. Alle vier Jahre haben die Mitgliedstaaten gegenüber der Kommission den Erfolg ihrer Maßnahmen in einem Bericht zu dokumentieren. Die Datenbasis für diese Berichte liefert im Grundwasserbereich das EU-Nitratmessnetz. Dieses erfasst, bedingt durch die Auswahlkriterien für die Messstellen, im Wesentlichen die Regionen, in denen die höchsten Nitratbelastungen des Grundwassers festzustellen sind. Im Vergleich zum EUA-Messnetz liefert das Nitratmessnetz Angaben für die Gebiete mit Spitzenbelastungen, es ist aber nicht repräsentativ für die Nitratbelastung des Grundwassers in Deutschland insgesamt.

**Abbildung 31**  
**Verteilung der Nitratgehalte im Grundwasser gegliedert nach der dominierenden Landnutzung im Umfeld von Grundwassermessstellen**

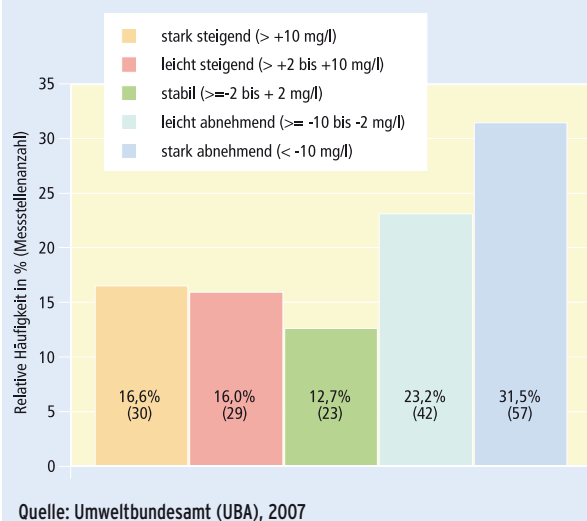


Quelle: Umweltbundesamt (UBA)

Nachdem in Deutschland seit mehr als 10 Jahren zahlreiche Programme der Länder, des Bundes sowie Kooperationen zwischen Wasserversorgern und Landwirtschaft zur Verminderung der Nitratbelastung durchgeführt worden sind, sollte dies auch zu einer Verringerung der Grundwasserbelastung durch Nitrat geführt haben. Dass dem so ist zeigten, die Untersuchungen, die im Rahmen der Berichterstattung zur Umsetzung der Nitratrichtlinie untersuchten Bund und Länder deshalb genauer,



**Abbildung 32**  
Häufigkeitsverteilung der Veränderungen der Mittelwerte der Nitratgehalte zwischen dem Überwachungszeitraum 1992 bis 1994 und dem Überwachungszeitraum 2000 bis 2002



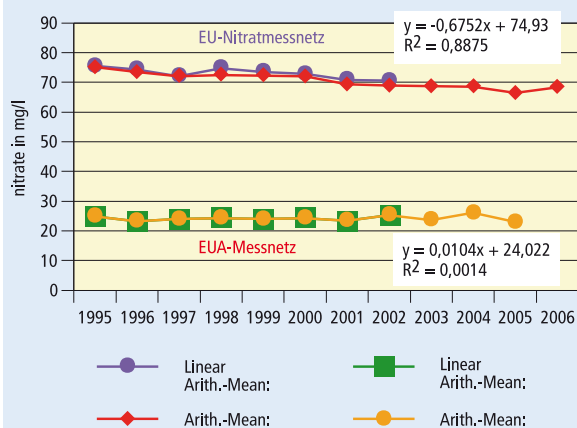
Quelle: Umweltbundesamt (UBA), 2007

wie sich die Nitratgehalte an den hoch belasteten Messstellen des EU-Nitratmessnetzes entwickelten. Im dritten Bericht<sup>7)</sup> über den Gesamtzeitraum der bisher durchgeführten Aktionsprogramme von 1992 bis 2002 zeigen mehr als die Hälfte aller Messstellen des EU-Nitratmessnetzes eine leichte bzw. starke Abnahme der Nitratkonzentrationen. Damit bestätigt sich der Trend, der sich bereits im zweiten Nitratbericht andeutete. Maßnahmen, die in den verschiedenen Aktionsprogrammen durchgeführt wurden, haben vielfach zu einem verminderten Stickstoffeintrag in den Boden und das Sickerwasser beigetragen. Auswirkungen auf die Nitratgehalte des Grundwassers können sich aber stark verzögern, weil die Fließzeit vom Boden durch die wasserungesättigten Deckschichten bis in das Grundwasser teilweise Jahre oder gar Jahrzehnte betragen kann. Die Untersuchungsergebnisse zeigen neben diesen Erfolgen allerdings auch, dass an etwa einem Drittel der Messstellen (32,6 %) noch immer leicht bzw. stark steigende Nitratgehalte zu beobachten sind.

Es ist deshalb dringend erforderlich, die Maßnahmen zur Verminderung der Stickstoffeinträge auch zukünftig fortzusetzen, da trotz aller Erfolge auch 2002 noch bundesweit an fast 15 % aller Grundwassermessstellen der Nitratgehalt über 50 mg/l lag.

Abbildung 33 stellt die Entwicklung der mittleren Nitratgehalte für das EU-Nitratmessnetz und das EUA-Messnetz über den Zeitraum von 1995 bis 2005 bzw. 2006 dar. Für die hoch belasteten Messstellen des EU-Nitratmessnetzes nimmt die mittlere Nitratbelastung insgesamt langsam ab. Eine vergleichbare Entwicklung lässt sich dagegen aus den Daten des EUA-Messnetzes nicht ableiten. Die mittlere Nitratbelastung des Grundwassers in Deutschland veränderte sich demnach von 1995 bis 2005 nicht signifikant. Ursache dafür könnte sein, dass die zuständigen Behörden ihre Maßnahmenprogramme vorwiegend in Regionen mit sehr hohen Belastungen und seltener in gering oder nur mäßig belasteten Gebieten durchführen. Die Maßnahmenprogramme vermindern also vorrangig die Spitzenbelastungen, haben aber praktisch keinen Einfluss auf die mittlere Belastung des Grundwassers insgesamt.

**Abbildung 33**  
Entwicklung der mittleren Nitratbelastung des Grundwassers in Deutschland für das EUA-Messnetz und das EU-Nitratmessnetz



Quelle: Umweltbundesamt (UBA), 2007

7) Bund und Länder erstellen zur Zeit den vierten Bericht, der den Zeitraum 2002 bis 2006 auswertet.

## Die aktuelle Situation

Die Belastung des Grundwassers mit Nitrat war auch der Hauptgrund für die Einschätzung der Bestandsaufnahme der Belastungen nach WRRL, dass voraussichtlich 52 % aller Grundwasserkörper in Deutschland ohne weitere Maßnahmen nicht den guten chemischen Zustand bis 2015 erreichen werden.

## Pflanzenschutzmittel

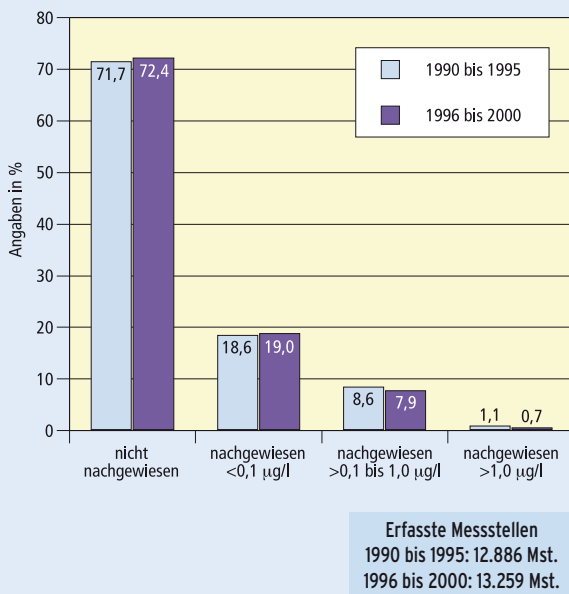
Daten zur Belastung des Grundwassers mit Pflanzenschutzmittel (PSM) liegen in Deutschland seit 1989 systematisch vor. Die Bundesländer übermitteln dem Umweltbundesamt einmal jährlich Untersuchungsergebnisse über die Belastung des Grundwassers mit Pflanzenschutzmittel und deren Abbauprodukte (Metabolite). Das Umweltbundesamt erstellt jährlich eine Liste der „am häufigsten im

Grundwasser nachgewiesenen Pflanzenschutzmittel und Metabolite“ (siehe Tabelle 4). In unregelmäßigen Abständen erarbeitet die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) gemeinsam mit dem Umweltbundesamt einen zusammenfassenden Bericht über die Belastung des Grundwassers mit Pflanzenschutzmittel. Der letzte Bericht aus dem Jahr 2004 gibt einen Überblick über die Belastung des Grundwassers im Zeitraum von 1996 bis 2000. Im Vergleich zum Berichtszeitraum des ersten Pflanzenschutzmittelberichts der LAWA, 1990 bis 1995, verminderte sich die Grundwasserbelastung nicht wesentlich (Abbildung 34).

Zwischen 1996 und 2000 überschritten immer noch 8,6 % der 13.259 untersuchten Messstellen im oberflächennahen Grundwasser den Grenzwert von 0,1 Mikrogramm pro Liter ( $\mu\text{g/l}$ ).

**Abbildung 34**

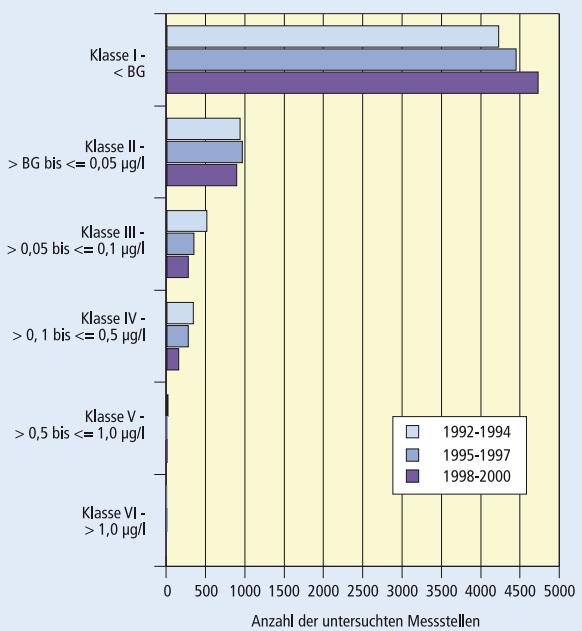
Häufigkeitsverteilungen der PSM-Befunde in oberflächennah verfilterten Messstellen im Grundwasser Deutschlands in den Zeiträumen 1990 bis 1995 und 1996 bis 2000



Quelle: „2. Bericht zur Grundwasserbeschaffenheit - Pflanzenschutzmittel“ (LAWA, 2004)

**Abbildung 35**

Häufigkeitsverteilungen von Atrazin im oberflächennahen Grundwasser Deutschlands; BG = Bestimmungsgrenze



Quelle: „Bericht zur Grundwasserbeschaffenheit - Pflanzenschutzmittel“ (LAWA, 2004)



Neben der Beschreibung der aktuellen Belastungssituation ist vor allem die Ermittlung der zeitlichen Entwicklung der PSM-Belastung von Interesse. Im LAWA-PSM-Bericht (2004) wurden für Atrazin, Desethylatrazin, Diuron und Bentazon entsprechende Auswertungen vorgenommen. Es ist festzustellen, dass die Zahl der Messstellen, die mittlere bis sehr hohe Atrazingehalte aufweisen (Abbildung 35), abnimmt.

Vor allem die Anzahl der Messstellen, die durch extrem hohe Atrazinkonzentrationen gekennzeichnet sind ( $> 1 \mu\text{g/l}$  Atrazin), sank im Gesamtzeitraum von 1992 bis 2000 von 14 auf drei Messstellen. Eine ähnliche Entwicklung ist auch für Desethylatrazin zu beobachten.

Anders stellt sich die Situation für Diuron und Bentazon dar. Die Gesamtanzahl der Messstellen, die

Diurongehalte oberhalb der Bestimmungsgrenze (BG) aufweisen, bleibt in den betrachteten Zeitintervallen nahezu gleich. Dies trotz eines Anwendungsverbotes auf Gleisanlagen, die wesentliche Eintragsursache für Diuron in das Grundwasser. Bei Bentazon ist sogar von einer gewissen Zunahme der Grundwasserbelastung auszugehen.

Insgesamt bleibt festzuhalten, dass die Verminderung der PSM-Belastung des Grundwassers im Wesentlichen auf eine Abnahme der Atrazin- bzw. Desethylatrazinfunde zurückzuführen und damit eine Folge des seit 1991 in Deutschland bestehenden Anwendungsverbotes ist.

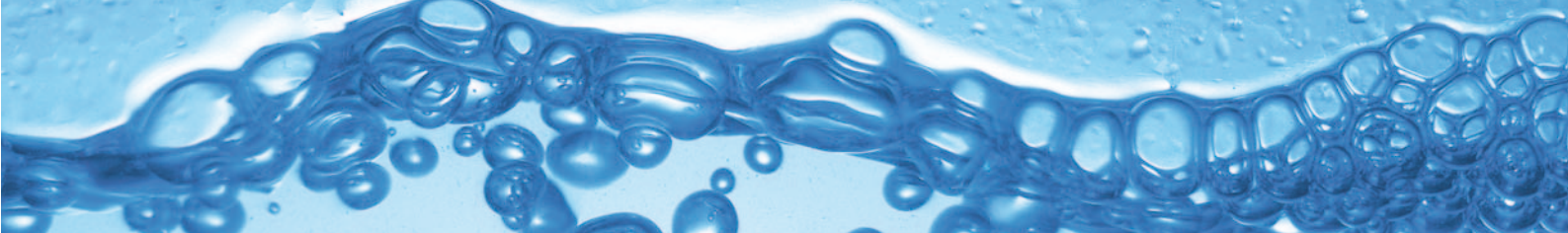
### Sulfat

Sulfat ist natürlicherweise im Grundwasser vorhanden. Es ist Reaktionsprodukt natürlicher Schwefel-

Tabelle 4: Untersuchungsergebnisse 2005 <sup>8)</sup>

Wirkstoff/ Metabolit	Anzahl der Messstellen				nachgewiesen $> 0,1 \mu\text{g/l}$ und in ( % )	
	Anzahl Länder	insgesamt untersucht	höchster Messwert je Messstelle			
Desethylatrazin *	14	7212	1356	211	(2,93)	
Atrazin*	15	7272	889	101	(1,39)	
2,6-Dichlorbenzamid*	7	4234	218	71	(1,68)	
1,2-Dichlorethan*	6	953	92	64	(6,72)	
Bromacil*	12	5715	109	63	(1,10)	
1,2-Dichlorpropan*	3	811	63	48	(5,92)	
Bentazon	14	3300	114	35	(1,06)	
Simazin	15	7133	357	35	(0,49)	
Hexazinon	12	6132	79	23	(0,38)	
Desisopropylatrazin*	14	6438	218	20	(0,31)	
Propazin	13	6465	163	13	(0,20)	
Diuron	14	3489	46	13	(0,37)	
Ethidimuron	4	798	14	12	(1,50)	
Mecoprop	13	3104	28	9	(0,29)	
Desethylterbuthylazin**	10	5549	62	9	(0,16)	
Terbutylazin	14	7128	64	8	(0,11)	
Isoproturon	14	3622	45	8	(0,22)	
2,4-DDT*	7	423	28	7	(1,10)	
4,4-DDT*	9	687	44	7	(1,02)	
Prometryn	11	1143	23	6	(0,52)	

8) In der Spalte „Anzahl der Länder“, ist die Anzahl der Bundesländer angegeben, die Untersuchungen auf den entsprechenden Wirkstoff/Metabolit im Grundwasser vorgenommen hat. *Kursiv*: Metabolite; \* Wirkstoff oder Metabolit, der im betreffenden Jahr nicht zugelassen war



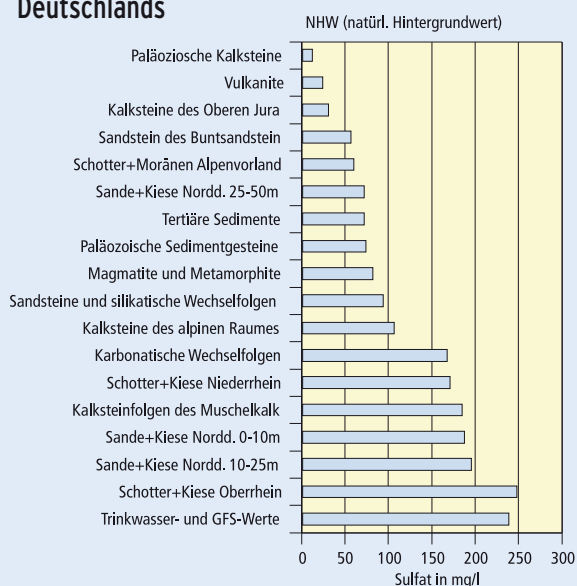
## Die aktuelle Situation

verbindungen (Sulfide) oder stammt zum Beispiel aus Gips, der in vielen geologischen Formationen vorhanden ist. Auch Meerwasser und Tiefenwässer enthalten zum Teil erhebliche Sulfatkonzentrationen, die in angrenzende Grundwasservorkommen gelangen können. Vom Menschen verursachte Einträge stammen unter anderem aus Schwefelemissionen von Kohlekraftwerken und anderen Verbrennungsanlagen, aus Düngemitteln, aus Bauschutt sowie aus Bauwerken selbst.

Die Verteilung der natürlichen Sulfatgehalte wichtiger hydrogeologischer Einheiten in Deutschland (siehe Abbildung 8) ist in Abbildung 36 zusammengestellt. Die natürlichen Gehalte schwanken dabei zwischen 13 mg/l in den Kalksteinen des alpinen Raumes und 249 mg/l in den Schottern und Kiesen des Oberrheins. Der Sulfatgrenzwert der Trinkwasserverordnung liegt bei 240 mg/l und damit nahe an den natürlichen Hintergrundgehalten einiger Grundwassereinheiten.

**Abbildung 36**

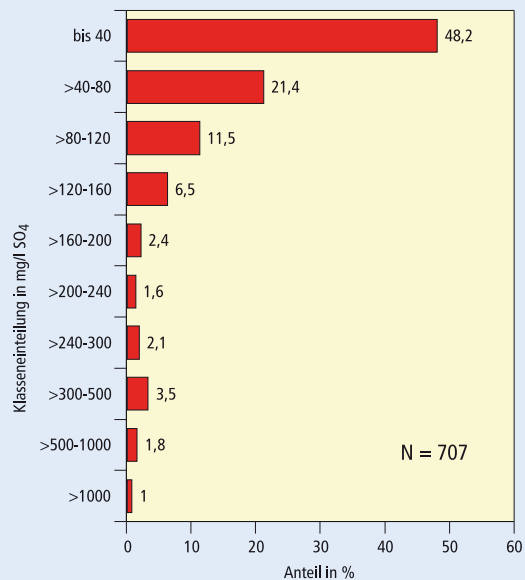
### Verteilung der natürlichen Hintergrundgehalte von Sulfat in wichtigen Hydrogeologischen Einheiten Deutschlands



Quelle: Umweltbundesamt (UBA), 2007

**Abbildung 37**

### Verteilung der Sulfatkonzentrationen im EUA-Grundwassermessnetz für das Jahr 2005



Quelle: Umweltbundesamt (UBA), 2007

Abbildung 37 zeigt, dass 81 % aller Messstellen Sulfatgehalte zwischen 0 und 120 mg/l aufweisen, also weniger als die Hälfte des Trinkwassergrenzwertes. Bei weiteren 10,5 % liegt der mittlere Sulfatgehalt unterhalb von 240 mg/l, und lediglich bei 8,5 % überschreitet er den Grenzwert der Trinkwasserverordnung. Wie eine erste Analyse zeigt, scheinen an einigen Grundwassermessstellen salzhaltige Wässer aufgeschlossen worden zu sein, wie sie im Umfeld von Salzlagerstätten auftreten. An anderen Stellen kann es sich auch um Grundwasser aus sehr tief liegenden Grundwasserleitern handeln, bei denen ebenfalls häufig sehr hohe Salz- und speziell Sulfatgehalte auftreten.

## Chlorid

Chlorid ist in der Natur weit verbreitet und kommt natürlicherweise im Grundwasser vor. Es wird im Boden und im Untergrund praktisch nicht gebunden. Meerwasser aber auch tiefe Grundwässer haben sehr hohe Chloridgehalte von bis zu mehreren



tausend mg/l. Im Untergrund können diese hohen Gehalte aus Salzablagerungen stammen, die durch Grundwasser gelöst wurden. Besonders im Umfeld von Salzstöcken treten gelegentlich stark salzhaltige Wässer (Sole) auf, die teilweise als Heilwässer zur Anwendung kommen.

Anthropogene Verunreinigungen des Grundwassers mit Chlorid können durch die Verwendung von Streusalz aber auch durch häusliche und industrielle Abwässer bedingt sein. Weitere Eintragsquellen sind Kalidünger, die sehr häufig als Chloridsalz vermarktet werden, sowie salzhaltige Grubenwässer.

Auch die Übernutzung des Grundwassers kann indirekt zum Einströmen salzhaltiger Wässer – im Küstenbereich zum Eindringen von Meerwasser – führen.

Die Verteilung der natürlichen Chloridgehalte wichtiger hydrogeologischer Einheiten (siehe Abbildung 8) ist in der Abbildung 38 zusammengestellt. Die natürlichen Gehalte schwanken dabei zwischen

1 mg/l in den Kalksteinen des alpinen Raumes und 106 mg/l in den Schottern und Kiesen des Niederrheins. Der Chloridgrenzwert der Trinkwasserverordnung liegt bei 250 mg/l und damit in der Regel deutlich über den natürlichen Hintergrundgehalten aller Grundwassereinheiten.

Abbildung 39 zeigt, dass 87 % aller Messstellen Chloridgehalte zwischen 0 und 50 mg/l, also weniger als ein Fünftel des Trinkwassergrenzwertes enthalten. Bei weiteren 12 % liegt der mittlere Chloridgehalt zwischen 50 und 250 mg/l und bei lediglich 1,6 % aller Messstellen wird der Grenzwert der Trinkwasserverordnung (250 mg/l) überschritten. Wie eine erste Analyse zeigt, scheinen an einigen Grundwassermessstellen salzhaltige Wässer aufgeschlossen worden zu sein, wie sie unter anderem im Umfeld von Salzlagerstätten auftreten. An anderen Stellen kann es sich auch um Grundwasser aus sehr tief liegenden Grundwasserleitern handeln, bei denen ebenfalls häufig sehr hohe Salz- und speziell Chloridgehalte zu beobachten sind.

Abbildung 38

Verteilung der natürlichen Hintergrundgehalte von Chlorid in wichtigen hydrogeologischen Einheiten Deutschlands

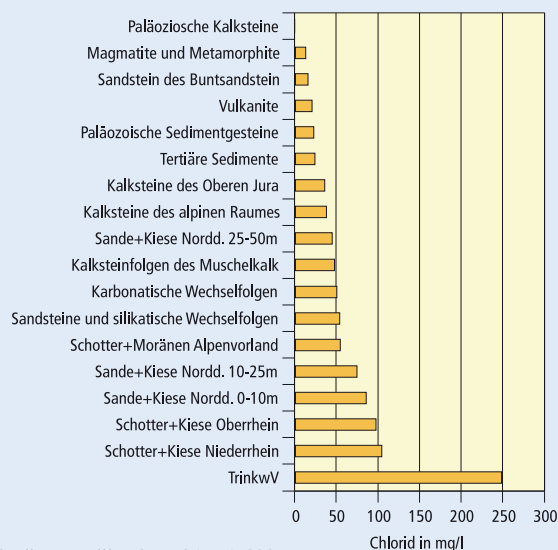
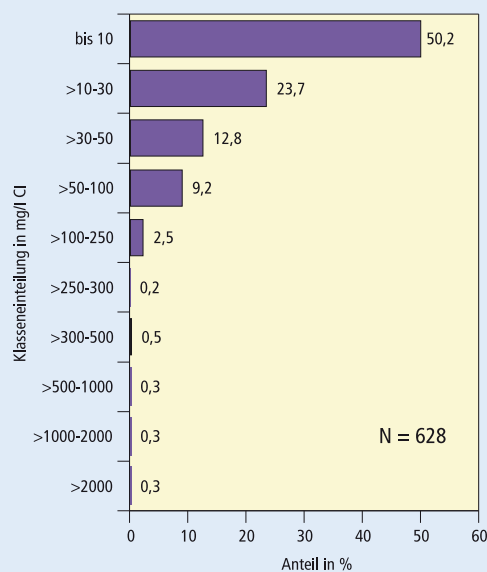


Abbildung 39

Verteilung der Chloridkonzentrationen im EUA-Grundwassermessnetz für das Jahr 2005



## 6 Regelungen zum Schutz des Grundwassers

### 6.1 Europarecht

Die EG-Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EG – WRRL) enthält die wesentlichen Voraussetzungen für den Schutz der Gewässer in Europa, mithin auch des Grundwassers.

Für den Schutz des Grundwassers ist daneben die so genannte Grundwasser-Tochtrichtlinie (2006/118/EG – GWRL) bedeutsam, die in diversen Grundwasserbelangen die WRRL konkretisiert.

Ferner setzt die so genannte Nitratrichtlinie (91/676/EWG) weitere Anforderungen an den Schutz des Grundwassers, die bei der Ausbringung von Düngemitteln zu beachten sind.

Schließlich ergeben sich auch aus einigen weiteren Rechtsakten der EG Anforderungen an den Schutz des Grundwassers.

#### 6.1.1 EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)<sup>9)</sup>

Die WRRL trat am 22. Dezember 2000 in Kraft<sup>10)</sup>. Sie eröffnete eine neue Dimension in der europäischen Gewässerschutzpolitik. Über Staats- und Ländergrenzen hinweg sollen zukünftig alle Gewässer durch ein koordiniertes Vorgehen innerhalb der Flusseinzugsgebiete bewirtschaftet werden.

Das zentrale Ziel der Wasserrahmenrichtlinie ist es, dass sich alle Gewässer in der Gemeinschaft (Fließgewässer, Seen, Küstengewässer, Grundwasser) bis 2015 im „guten Zustand“ befinden. Damit legt sie

erstmalig verbindliche Qualitätsziele für die Gewässer fest, an denen sich die Nutzungen orientieren müssen. Der Grundgedanke des „guten Zustandes“ ist aber nicht, dass die Gewässer in einem „ursprünglichen“, „unbeeinflussten“ Zustand sein sollen. Es wird vielmehr ein Ausgleich zwischen den Veränderungen und Beeinträchtigungen durch menschliche Nutzung auf der einen Seite und den ökologischen Funktionen des Gewässers auf der anderen Seite gesucht.

In Bezug auf den guten Zustand des Grundwassers verlangt die Wasserrahmenrichtlinie, dass das Grundwasser durch die direkte oder indirekte Entnahme von Wasser nicht beeinträchtigt sein darf und dass die Konzentrationen bestimmter Schadstoffe im Grundwasser nicht überschritten sein dürfen („guter mengenmäßiger und chemischer Zustand des Grundwassers“).

Die Bedingungen für den guten mengenmäßigen Zustand regelt die WRRL abschließend. Dafür fordert sie, dass der Grundwasserspiegel im Grundwasserkörper so beschaffen sein muss, dass die langfristige mittlere jährliche Entnahme nicht die verfügbare Grundwasserressource überschreitet. Weiterhin darf der Grundwasserspiegel keinen anthropogenen Veränderungen unterliegen, die zu einem Verfehlen der ökologischen Qualitätsziele für die mit dem Grundwasserkörper in Verbindung stehenden Oberflächengewässer, zu einer signifikanten Verringerung der Qualität dieser Gewässer oder zu einer signifikanten Schädigung der unmittelbar vom Grundwasserkörper abhängigen Landökosysteme führen würden. Auch ein Zustrom von Salzwasser oder sonstige Zuströme – so genannte Intru-

9) RL 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23.10.2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik, ABl. EG Nr. L 327, S. 1 ff

10) Details dazu s. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): „Die Wasserrahmenrichtlinie – Neues Fundament für den Gewässerschutz in Europa“, Kurzfassung, Bonifatius, Paderborn, September 2004 und Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): „Die Wasserrahmenrichtlinie – Neues Fundament für den Gewässerschutz in Europa“, Langfassung, Bonifatius, Paderborn, September 2004



sionen – infolge einer anthropogen verursachten Änderung der Strömungsrichtung stellen den guten mengenmäßigen Zustand in Frage.

Neben diesem Ziel gebietet die Wasserrahmenrichtlinie die Vermeidung oder die Reduzierung weiterer Schadstoffeinträge. Zur Operationalisierung dieses Ziels ist die so genannte Ermittlung und gegebenenfalls die Umkehr signifikanter und anhaltender Trends der Steigerung der Schadstoffkonzentrationen vorgesehen.

Nach einer Bestandsaufnahme über den Zustand der Gewässer bis 2004 und der Durchführung der Überprüfung der gefundenen Ergebnisse bis 2006 müssen die Mitgliedstaaten bis Ende 2009 Bewirtschaftungspläne und Maßnahmenprogramme für die Flusseinzugsgebiete aufstellen. Die Bewirtschaftungspläne enthalten alle relevanten Informationen über das jeweilige Flusseinzugsgebiet. In den Maßnahmenprogrammen sind die Maßnahmen aufgeführt, die zur Erreichung des guten Zustands bis 2015 erforderlich sind. Bei der Aufstellung der Bewirtschaftungspläne und Maßnahmenprogramme ist eine intensive Beteiligung der Öffentlichkeit erforderlich.

Von dem Ziel des guten Zustands im Jahr 2015 kann zwar grundsätzlich durch eine Verlängerung der Fristen oder durch das Setzen weniger strenger Ziele abgewichen werden. Dies ist aber nur bei Beachtung enger Voraussetzungen zulässig. Auf die deutsche Wasserwirtschaft kommen daher in den nächsten Jahren große Herausforderungen zu.

### 6.1.2 Grundwasser-Tochterraichtlinie (GWRL) <sup>11)</sup>

Details hinsichtlich des guten chemischen Zustands des Grundwassers, der Trendanalyse und Trendum-

kehr sowie in Bezug auf die Vermeidung und Verminderung von Schadstoffeinträgen regelt die WRRL nicht abschließend, sondern behielt diese Regelungen einer gesonderten Richtlinie, Grundwasser-Tochterraichtlinie genannt, vor. Diese trat im Dezember 2006 in Kraft. Die Mitgliedstaaten müssen sie bis Anfang 2009 in nationales Recht überführen.

Die Grundwasser-Tochterraichtlinie ersetzt die alte Grundwasserrichtlinie (80/86/EWG)<sup>12)</sup> aus dem Jahr 1980, die noch bis 2013 weiter gilt. Die alte Richtlinie hat einen wesentlich engeren Anwendungsbereich als die neue Richtlinie. Sie enthält lediglich Einleitungsverbote und -begrenzungen für bestimmte Stoffe, die die Tochterraichtlinie übernimmt und um qualitative Elemente erweitert.

Nach der Grundwasser-Tochterraichtlinie müssen für die Erreichung des guten chemischen Zustands des Grundwassers erstens die beiden folgenden, europaweit geltenden Qualitätsnormen beachtet werden.

- für Nitrate: 50 mg/l
- für Wirkstoffe in Pestiziden (Oberbegriff für Pflanzenschutzmittel und Biozide), einschließlich relevanter Stoffwechsel-, Abbau- und Reaktionsprodukte: 0,1 µg/l für den Einzelstoff, 0,5 µg/l für die Summe aller einzelnen Stoffe.

Zweitens sind die Mitgliedstaaten verpflichtet, für neun weitere Parameter (Arsen, Cadmium, Blei, Quecksilber, Ammonium, Chlorid, Sulfat, Trichlorethylen und Tetrachlorethylen) sowie für die Leitfähigkeit so genannte Schwellenwerte aufzustellen. Für die Ableitung der Schwellenwerte enthält die Grundwasserrichtlinie inhaltliche Vorgaben. Deutschland betonte vor den Verhandlungen immer wieder, dass eine gesonderte Ableitung für jedes Flusseinzugsgebiet eigentlich keinen Sinn mache, da die Qualitätsanforderungen sich europaweit nicht unterscheiden sollten.

11) Richtlinie 2006/118/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Dezember 2006 zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung, ABl. EG Nr. L 372/19.

12) RL des Rates vom 17.12.1979 über den Schutz des Grundwassers gegen Verschmutzung durch bestimmte gefährliche Stoffe, ABl. EG Nr. L 20, S. 43 ff.

## Regelungen zum Schutz des Grundwassers

Für die Entscheidung, ob sich ein Grundwasserkörper in einem guten oder schlechten chemischen Zustand befindet, sieht die Grundwasserrichtlinie ein bestimmtes Verfahren vor. Danach ist ein guter Zustand anzunehmen, wenn an allen Messstellen keine Überschreitung der Qualitätsnormen oder Schwellenwerte festzustellen sind. Wenn hingegen an einer oder mehreren Messstellen die Werte überschritten werden, ist zu prüfen, ob sich die Überschreitung auf den gesamten Grundwasserkörper auswirkt. Nur in diesem Fall muss der Grundwasserkörper als „in einem schlechten Zustand befindlich“ eingestuft werden. Fälle, bei denen sich eine Überschreitung nicht auf den Grundwasserkörper auswirkt, können etwa Verunreinigungen aus Punktquellen wie Altlasten sein oder andere Landnutzungen, die nur einen geringen Anteil des Grundwasserkörpers belasten. Allerdings sind, obwohl der Grundwasserkörper trotz solcher Punktquellen als gut eingestuft wird, im Umfeld der belasteten Messstelle gleichwohl Maßnahmen zur Vermeidung weiterer Beeinträchtigungen zu ergreifen.

Nach der Grundwasser-Tochtrichtlinie sind die Trendermittlung und –umkehr nur bei solchen Grundwasserkörpern erforderlich, bei denen nicht sicher ist, ob sie ohne zusätzliche Maßnahmen den guten Zustand erreichen (sog. Grundwasserkörper at risk). Eine Trendermittlung ist erforderlich, falls 75 % der Qualitätsnormen oder Schwellenwerte erreicht würden. Bei Austrägen aus Altlasten soll eine Trendermittlung immer dann vorgenommen werden, wenn die Erreichung des Ziels „guter Zustand“ gefährdet sein könnte.

Schließlich verlangt die Grundwasser-Tochtrichtlinie, weitere Einträge bestimmter, in der WRRL genannter Schadstoffe (zum Beispiel organohalogene Verbindungen, organische Phosphorverbindungen, organische Zinnverbindungen, persistente Kohlenwasserstoffe, Zyanide, bestimmte Metalle, Arsen, Biozide, Pflanzenschutzmittel) in das Grundwasser generell zu vermeiden. Der Eintrag anderer Stoffe soll möglichst vermindert werden. Diese Pflicht gilt unabhängig davon, ob der Eintrag direkt in das Grund-

wasser oder erst nach einer Bodenpassage erfolgt. Maßnahmen zur Begrenzung der Schadstoffeinträge müssen den besten verfügbaren Techniken und der besten Umweltpraxis Rechnung tragen. Allerdings erlaubt die Grundwasser-Tochtrichtlinie ausnahmsweise von der Verpflichtung abzusehen, falls etwa die Vermeidung weiterer Einträge unverhältnismäßige Kosten verursachen würde oder falls die Konzentrationen oder Mengen so gering wären, dass keine Risiken für das Grundwasser zu erwarten sind.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass sich zukünftig alle potenziellen Belastungen (= Emissionen) daran ausrichten müssen, ob sie die EG-rechtlich geforderten und fixierten Vorsorgeanforderungen sowie die Qualitätsziele und Schwellenwerte einhalten können.

### 6.1.3 Nitratrichtlinie<sup>13)</sup>

Ziel der Nitratrichtlinie ist es, die durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen verursachte oder ausgelöste Gewässerverunreinigung zu verringern und weiterer Gewässerverunreinigung vorzubeugen. Dazu müssen die Mitgliedstaaten folgende Maßnahmen ergreifen:

- Festlegung gefährdeter Gebiete (= Einzugsgebiete von Grundwasservorkommen und von Binnengewässern, wenn die Nitratkonzentration den Grenzwert der Trinkwasserrichtlinie von 50 mg/l erreicht oder zu erreichen droht, sowie Einzugsgebiete von eutrophierungsgefährdeten Oberflächengewässern, einschließlich Küstengewässern), in denen bestimmte Anforderungen gelten. Die Mitgliedstaaten können diese Anforderungen aber auch flächendeckend umsetzen. Von dieser Option hat Deutschland Gebrauch gemacht, da der Großteil der Landesfläche ohnehin in den eutrophierungsgefährdeten Einzugsgebieten der Nord- und Ostsee liegt.
- Flächendeckende verbindliche Einführung von an die regionalen Verhältnisse angepassten Regeln der „guten landwirtschaftlichen Praxis“

13) RL des Rates vom 12.12.1991 zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen, ABl. EG Nr. L 375, S. 1 ff.



- Aufstellung von Aktionsprogrammen, die eine Reihe obligatorischer Maßnahmen enthalten müssen, wie Zeiträume, in denen das Aufbringen von Düngemitteln untersagt ist, Festlegung des Fassungsvermögens für Dunglagerbehälter und Festlegung von Dunghöchstmengen pro Hektar.

Die Anforderungen der Nitratrichtlinie hat Deutschland mit der Düngeverordnung (s.u. 6.2.4 Düngeverordnung) in nationales Recht überführt.

### 6.1.4 Weitere relevante EG-Richtlinien

- Die Richtlinie über die Qualität des Wassers für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserrichtlinie – 98/83/EG)<sup>14</sup>, stellt an das Wasser zum menschlichen Gebrauch besondere Qualitätsanforderungen. Sie wirkt sich zumindest indirekt Grundwasser schützend aus. Denn das Hauptanliegen der Trinkwasserversorger ist es, möglichst naturbelassenes Rohwasser verwenden zu können. Die strengen Grenzwerte der Trinkwasserrichtlinie, zum Beispiel für den Gehalt von Pflanzenschutzmitteln und Nitrat im Trinkwasser, waren Maßstab für die Grundwasserqualitätsziele in der Grundwasser-Tochterrichtlinie.
- Die Richtlinie über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (IVU-RL) (96/61/EG)<sup>15</sup> stellt medienübergreifende Anforderungen an ausgewählte Industriebereiche und ist ein wichtiges Instrument für die Genehmigung von Industrieanlagen. Die Genehmigungsbehörden sollen Auswirkungen auf die Luft und das Wasser sowie im Abfallbereich gegeneinander abwägen und integriert betrachten.

- Die Richtlinie über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln (91/414 EWG)<sup>16</sup> regelt die Zulassungsanforderungen für Pflanzenschutzmitteln und benennt das Schutzgut Grundwasser ausdrücklich.
- Die Biozidrichtlinie (98/8/EG) über das Inverkehrbringen von Biozid-Produkten<sup>17</sup> regelt die Zulassungsanforderungen für Biozide. Auch sie benennt das Schutzgut Grundwasser ausdrücklich.
- Für den Bereich der Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen spielen die EG-Richtlinien zur Beherrschung der Gefahren bei schweren Unfällen mit gefährlichen Stoffen (96/82/EG)<sup>18</sup>, über Bauprodukte (89/106/EWG)<sup>19</sup> sowie das Normungsverfahren im Rahmen des Europäischen Komitees für Normung (Comité Européen de Normalisation – CEN) eine wichtige Rolle.

## 6.2 Nationales Recht

Im nationalen Recht sehen vor allem das Wasserhaushalts- und das Bundesbodenschutzgesetz Regelungen zum Schutz des Grundwassers vor. Daneben enthalten noch zahlreiche weitere Gesetze Bestimmungen, die zumindest mittelbar dem Schutz des Grundwassers dienen. Zu erwähnen sind hier vor allem die Düngeverordnung und die Trinkwasserverordnung.

Die Verfassungsreform 2006 teilte die Gesetzgebungskompetenzen in Bezug auf den Umweltschutz zwischen Bund und Länder neu auf. Für den Bereich Wasserhaushalt hat nunmehr der Bund die konkurrierende Gesetzgebungskompetenz, so dass

14 RL vom 3.11.1998 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch, ABl. EG Nr. L 330, S. 32 ff.

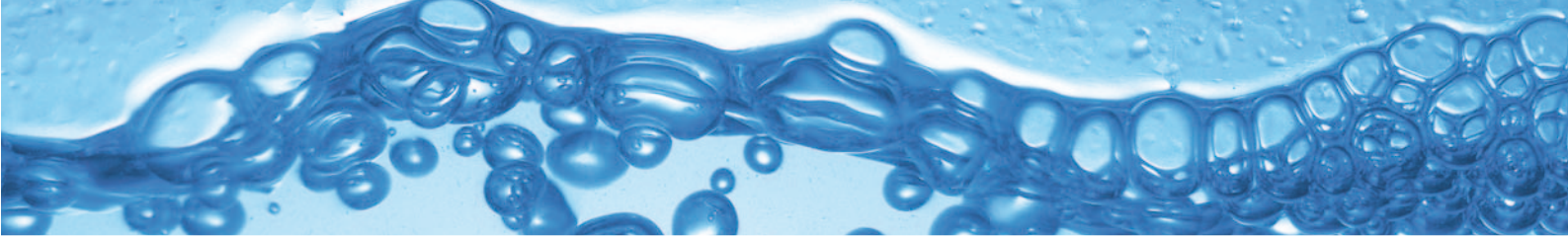
15 RL vom 24.09.1996, ABl. EG Nr. L 257, S. 26 ff.

16 RL vom 15.07.1991, ABl. EG Nr. L 230, S. 1 ff., diverse Male geändert zur Ausfüllung der Anhänge.

17 RL vom 16.02.1998, ABl. EG Nr. L 123, S. 1 ff.

18 RL vom 9.12.1996, ABl. EG Nr. L 10, S. 13 ff.

19 RL vom 22.12.1988 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedsstaaten über Bauprodukte, ABl. EG Nr. L 40, S. 12 ff.



## Regelungen zum Schutz des Grundwassers

er umfassende Regelungen treffen kann (s.u. 6.2.6 Umweltgesetzbuch – Teil Wasserwirtschaft).

Derzeit erarbeitet der Bund den Entwurf für ein Umweltgesetzbuch, das auch ein Kapitel Wasserwirtschaft umfasst.

### 6.2.1 Wasserhaushaltsgesetz

Das Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz – WHG)<sup>20</sup> trifft als Rahmengesetz des Bundes grundlegende Bestimmungen über die Gewässerbewirtschaftung (Wassermengen- und Wassergütwirtschaft). Es schreibt vor, die Gewässer als Bestandteil des Naturhaushaltes und als Lebensraum für Tiere und Pflanzen zu sichern und so zu bewirtschaften, dass sie dem Wohl der Allgemeinheit und im Einklang mit ihm auch dem Nutzen Einzelner dienen und dass vermeidbare Beeinträchtigungen ihrer ökologischen Funktionen unterbleiben (Vorsorgeprinzip). Dabei ist ein hohes Schutzniveau für die Umwelt insgesamt zu gewährleisten (integrierter Umweltschutz).

Die Gewässer (oberirdische Binnengewässer, Küstengewässer und das Grundwasser) bewirtschaftet grundsätzlich der Staat. Gewässerbenutzungen (zum Beispiel das Einleiten von Stoffen oder die Entnahme von Wasser) bedürfen, von weniger bedeutenden Ausnahmefällen abgesehen, einer behördlichen Zulassung. Diese sollen Beeinträchtigungen des Wasserhaushalts verhindern und einen vorsorgenden Gewässerschutz durchsetzen. Die Zulassung steht grundsätzlich im Ermessen der zuständigen Wasserbehörde (Bewirtschaftungsermessen). Dieses Ermessen ist in bestimmten Fällen zum Schutz der Gewässer eingeschränkt. So kann die zuständige Wasserbehörde weitergehende Anforderungen, auch Einleitungsverbote im Einzelfall unter Immissionsgesichtspunkten stellen, etwa um die angestrebte Gewässerqualität zu erreichen oder be-

stimmte prioritäre Gewässernutzungen (wie die öffentliche Wasserversorgung) zu ermöglichen.

Die 7. Novelle des WHG aus dem Jahr 2002 überführte die Vorgaben der EG-Wasserrahmenrichtlinie in deutsches Recht. Für alle Gewässer formuliert sie Bewirtschaftungsziele, die nach den durch das Landesrecht umgesetzten Vorgaben der Richtlinie bis 2015 zu erreichen sind. Ferner müssen bis 2009 Bewirtschaftungspläne und Maßnahmenprogramme aufgestellt werden. Für das Grundwasser legt § 33a WHG die grundsätzlichen Bewirtschaftungsziele der WRRL (guter mengenmäßiger und chemischer Zustand, Verschlechterungsverbot, Trendumkehrgebot) fest.

Außerdem gilt für das Grundwasser ein umfassender Schutz, der im Besorgnisgrundsatz des § 34 WHG zum Ausdruck kommt. Auch die Anlagenbezogenen Regelungen des WHG (§§ 19g ff.) sollen mit dem dort geforderten Schutzniveau, das ebenfalls am Besorgnisgrundsatz ausgerichtet ist, sicherstellen, dass keine unfallbedingten Stoffeinträge in das Grundwasser erfolgen. Diese Verpflichtungen gelten unabhängig davon, ob das möglicherweise betroffene Grundwasser als Trinkwasserquelle genutzt wird oder ob gegebenenfalls schon eine Vorbelastung besteht. Grundwasser ist nach der deutschen Philosophie flächendeckend und als solches vor jeder Beeinträchtigung zu bewahren.

Dementsprechend kann an Grundwasser auch kein Privateigentum bestehen. Das Grundwasser ist vielmehr ein öffentliches Gut und kann und soll daher auch staatlicherseits bewirtschaftet werden.

Um den Schutzanspruch des Besorgnisgrundsatzes zu konkretisieren, haben Bund und Länder im Jahr 2004 so genannte Geringfügigkeitsschwellen abgeleitet und der Vollzugspraxis zur Anwendung empfohlen. Diese bezeichnen die Grenze zwischen einem unerheblichen Eintrag, der noch hingenom-

20) Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (WHG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 19.08. 2002 (BGBl. I S. 3245) zuletzt geändert am 25.06.2005 durch Artikel 2 des Gesetzes zur Einführung einer Strategischen Umweltprüfung und zur Umsetzung der Richtlinie 2001/42/EG (SUPG) (BGBl. I S. 1746).



men werden kann und einem lokalen Grundwasserschaden, der zu vermeiden ist.

Ein weiteres Instrument zum Schutz des Grundwassers stellt die Festlegung der Wasserschutzgebiete dar. Wasserschutzgebiete dienen unter anderem der Sicherung der öffentlichen Trinkwasserversorgung und der Anreicherung des Grundwassers. Da Trinkwasser in Deutschland überwiegend aus Grundwasser gewonnen wird, kommt auch diese Regelung unmittelbar dem Grundwasserschutz zugute. Die zuständigen Länderbehörden weisen Wasserschutzgebiete durch Rechtsverordnung aus. Diese kann bestimmte schädigende Handlungen verbieten oder beschränken, wie zum Beispiel das Ausbringen von Pflanzenschutzmitteln und Düngern, oder Grundstückseigentümer zu Schutzmaßnahmen verpflichten. Im Gegenzug kann die Verordnung vorsehen, Land- und Forstwirten einen angemessenen Ausgleich bei Nutzungseinschränkungen zu gewähren.

### 6.2.2 Grundwasserverordnung

Die Grundwasserverordnung von 1979<sup>21)</sup> dient der Umsetzung der alten EG-Grundwasserrichtlinie (80/68/EWG – s.o. 6.1.2 Grundwasser-Tochtrichtlinie (GWRL)). Sie enthält Verbote und Beschränkungen für Einträge bestimmter Schadstoffe in das Grundwasser.

Die Grundwasser-Tochtrichtlinie (2006/118/EG – s.o. 6.1.2 Grundwasser-Tochtrichtlinie (GWRL)) erfordert die Erarbeitung einer völlig neuen Grundwasserverordnung bis zum 16. Januar 2009. Dabei sind vor allem die folgenden Punkte einzuarbeiten:

- Konkretisierung der Bewirtschaftungsziele für das Grundwasser durch

- Überführung der EG-Qualitätsnormen in das nationale Recht;
- Festlegung bundesweit gültiger Schwellenwerte für die neun obligatorisch zu erstellen Parameter;
- Festlegung weiterer nationaler Qualitätsziele;
- Konkretisierung der Anforderungen zur Herstellung des guten Grundwasserzustands durch Regelungen zur
  - Festlegung eines Verfahrens für die Beurteilung des guten chemischen Zustands;
  - Zusammenstellung und Beurteilung der Belastungen;
  - Überwachung des Grundwasserzustands;
  - Einstufung und Darstellung des Grundwasserzustands;
  - Überführung der Anforderungen an die Trendermittlung und –umkehr in das nationale Recht;
- Verbindliche Festlegung der Vorsorgeanforderungen (Vermeidung und Verminderung von Stoffeinträgen) auf der Grundlage des Geringfügigkeitsschwellenkonzepts.

### 6.2.3 Bundes-Bodenschutzgesetz und Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung

Wesentliche Einträge in das Grundwasser resultieren aus schädlichen Bodenveränderungen und Altlasten. Das Bundes-Bodenschutzgesetz<sup>22)</sup> von 1998 bestimmt, dass der Verursacher und dessen Gesamtrechtsnachfolger, der Grundstückseigentümer, der ehemalige Eigentümer, derjenige, der das Eigentum aufgegeben hat, sowie der handelsrechtlich Einstandspflichtige von der Behörde zur Sanierung

21) Verordnung zur Umsetzung der Richtlinie 80/68/EWG des Rates vom 17. Dezember 1979 über den Schutz des Grundwassers gegen Verschmutzung durch bestimmte gefährliche Stoffe vom 18.03.1997 (BGBl. I S. 542).

22) Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (BBodSchG) vom 17. März 1998 (BGBl. I S. 502) zuletzt geändert am 9. Dezember 2004 durch Artikel 3 des Gesetzes zur Anpassung von Verjährungsvorschriften an das Gesetz zur Modernisierung des Schuldrechts (BGBl. I S. 3214).

23) Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 12. Juli 1999 (BGBl. I Nr. 36 vom 16.07.1999 S. 1554) zuletzt geändert am 23. Dezember 2004 durch Artikel 2 der Verordnung zur Anpassung der Gefahrstoffverordnung an die EG-Richtlinie 98/24/EG und andere EG-Richtlinien (BGBl. I Nr. 74 vom 29.12.2004 S. 3758).

## Regelungen zum Schutz des Grundwassers

von Grundwasserschäden verpflichtet werden können, die durch schädliche Bodenveränderungen oder Altlasten entstanden sind. Sind die Prüfwerte aus der Bodenschutzverordnung<sup>23)</sup> überschritten, muss der Sanierungspflichtige in der Regel genauere Untersuchungen durchführen. Bestätigt sich der Verdacht, kann er bei Beachtung der Verhältnismäßigkeit zur Sanierung herangezogen werden. Die Anforderungen an die Sanierung ergeben sich aus dem Wasserrecht. Insofern besteht auch ein Bedarf, die zukünftigen Vorsorgewerte der Grundwasserverordnung und die Prüfwerte der BBodSchV zu harmonisieren.

### 6.2.4 Düngeverordnung<sup>24)</sup>

Die Düngeverordnung (DüV) regelt auf der Grundlage des Düngemittelgesetzes<sup>25)</sup> (namentlich des § 1a) die gute fachliche Praxis beim Düngen. Düngemittel, Wirtschaftsdünger, Sekundärrohstoffdünger, Bodenhilfsstoffe, Kultursubstrate und Pflanzenhilfsmittel dürfen nur nach guter fachlicher Praxis zur Anwendung kommen. Die DüV dient insbesondere der Umsetzung der EG-Nitratrichtlinie (91/676/EWG – s.o. 6.1.3 Nitratrichtlinie) in nationales Recht und wurde wegen Beanstandungen durch die EU-Kommission 2006 überarbeitet und 2007 neu veröffentlicht.

Sie befasst sich vorrangig mit Stickstoffverbindungen) und Phosphat, da diese Stoffe große Umweltrelevanz besitzen. Die Grundsätze für die Anwendung von Düngemitteln sind aber auch bei anderen Nährstoffen wie Kalium, Magnesium, Calcium oder Schwefel sowie Spurenelementen zu berücksichtigen. Düngemittel sollen möglichst effizient zum Einsatz kommen und zu optimalen Erträgen führen. Sie sollen den Landwirten nützen und der Umwelt nicht schaden. Umweltrelevante Überschüsse und Verluste sind daher aus ökonomischer wie ökologischer Sicht gleichermaßen zu minimieren.

Zu den Grundsätzen für die Anwendung gehören u. a.:

- die Ermittlung des Düngedarfs,
- die Ausbringung von Nährstoffen möglichst parallel zum Pflanzenbedarf,
- die Berücksichtigung der Nährstoff-Nachlieferung aus dem Boden während der Vegetationsperiode.

Zusätzlich gelten einige Bestimmungen, die speziell dem Schutz der Gewässer dienen sollen. So ist unter anderem

- ein Abstand von 3 Metern zur Böschungsoberkante von Gewässern einzuhalten,
- dafür zu sorgen, dass kein Abschwemmen in oberirdische Gewässer erfolgt,
- das Aufbringen zu unterlassen, wenn der Boden überschwemmt, wassergesättigt, gefroren oder durchgängig höher als fünf Zentimeter mit Schnee bedeckt ist.

Geräte zum Ausbringen der Düngemittel, Bodenhilfsstoffe etc. müssen den „allgemein anerkannten Regeln der Technik“ entsprechen. Dieses Anforderungsniveau ist relativ schwach. So wird etwa bei Industrieanlagen nach dem Immissionsschutzrecht der anspruchsvollere „Stand der Technik“ gefordert.

Für Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft (Jauche, Gülle, Mist) gilt darüber hinaus eine Obergrenze von 170 Kilogramm Stickstoff pro Hektar (kg N/ha). Auf Grünland und auf Feldgras dürfen im Einzelfall und nach behördlicher Genehmigung bis zu 230 kg N/ha aufgebracht werden. Um Ammoniak- und Geruchsemissionen zu minimieren sind Wirtschaftsdünger auf unbestelltem Ackerland unverzüglich in den Boden einzuarbeiten. Vielfach wird auch der Einsatz von emissionsarmen Ausbringungsgeräten wie Schleppschlauch-, Schleppschuh- und Injektionsgeräten gefördert. Die Betriebsinhaber sind fer-

24) Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung – DüV) in der Fassung der Bekanntmachung vom 27. Februar 2007, BGBl. I S. 221.  
25) Düngemittelgesetz vom 15.11.1977 (BGBl. I S. 2134), zuletzt geändert durch Gesetz vom 21.10.2005 (BGBl. I S. 3012).



ner verpflichtet, Nährstoffbilanzen (nur Flächenbilanzen) zu erstellen. Für die zulässigen Überschüsse gelten derzeit degressive Obergrenzen. Ab 2011 darf der Stickstoffüberschuss nach Flächenbilanz (die gasförmigen Verluste bleiben außen vor) nicht mehr als 60 kg N/ha betragen.

Die Düngeverordnung soll außer einem verbesserten Gewässerschutz einen wesentlichen Beitrag dazu leisten, die Ziele der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung (80 kg N-Überschuss/ha als nationale Hoftorbilanz) und der NEC-Richtlinie der EU (550 Kilotonnen (kt) Ammoniak-Emissionen pro Jahr) bis 2010 zu erreichen. Von beiden Zielen ist Deutschland derzeit noch ein Stück weit entfernt: der nationale N-Bilanzüberschuss schwankt um 100 kg/ha, die Ammoniak-Emissionen liegen bei knapp 600 kt/a.

### 6.2.5 Trinkwasserverordnung<sup>26)</sup>

Auf der Grundlage des Infektionsschutzgesetzes sowie des Lebensmittel- und Bedarfsgegenstände-gesetzes (LMBG)<sup>27)</sup> wurde die Trinkwasserverordnung erlassen, die zugleich der Umsetzung der EG-Trinkwasserrichtlinie dient (s. o. – 6.1.4 Weitere relevante EG-Richtlinien). In der Trinkwasserverordnung sind spezielle Anforderungen an die Beschaffenheit des Trinkwassers und die des Wassers für Lebensmittelbetriebe sowie an die Trinkwasseraufbereitung festgeschrieben. Vor allem sind in der Verordnung Grenzwerte für gesundheitsschädliche Stoffe – etwa für Schwermetalle, Nitrat, organische Verbindungen – und Krankheitserreger verankert. Die Anforderungen an das Trinkwasser haben auch Bedeutung für das verwendbare Rohwasser, das in Deutschland überwiegend aus Grundwasser gewonnen wird.

### 6.2.6 Umweltgesetzbuch - Teil Wasserwirtschaft

Nach der Föderalismusreform 2006 kann der Bund nunmehr auch den Bereich des Wasserhaushalts umfassend regeln. Der Referentenentwurf für ein Umweltgesetzbuch (UGB) liegt seit November 2007 vor, der auch einen Teil zur Wasserwirtschaft (UGB II) enthält.

Für den Schutz des Grundwassers bleibt es weitgehend bei der bisherigen gesetzlichen Konzeption. Weiterhin sind alle Nutzungen des Grundwassers grundsätzlich zulassungspflichtig. Die Behörde hat das Grundwasser zu bewirtschaften und hat ihre Entscheidungen am Wohle der Allgemeinheit auszurichten. Von der Zulassungspflichtigkeit kann zukünftig das Einleiten von Niederschlagswasser ausgenommen werden. Die Voraussetzungen und Anforderungen können durch Rechtsverordnung festgelegt werden.

Ferner gelten weiterhin die Bewirtschaftungsziele der WRRL, die bereits im WHG verankert sind. Neu ist, dass der Besorgnisgrundsatz für grundwasserrelevante punktuelle Einträge dadurch konkretisiert wird, dass das bisher rechtlich nicht verbindliche Geringfügigkeitsschwellenkonzept verrechtlicht werden soll. Demnach gilt der Besorgnisgrundsatz als eingehalten, wenn der Schadstoffgehalt und die Schadstoffmenge beim Eintritt in das Grundwasser als geringfügig anzusehen sind. Konkrete Werte und der Ort der Beurteilung können wiederum durch Rechtsverordnung festgelegt werden.

26) Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (TrinkwV) vom 21. Mai 2001 (BGBl. I S. 959) zuletzt geändert am 25. November 2003 durch Artikel 263 der Achten Zuständigkeitsanpassungsverordnung (BGBl. I S. 2304).

27) Gesetz über den Verkehr mit Lebensmitteln, Tabakerzeugnissen, kosmetischen Mitteln und sonstigen Bedarfsgegenständen) in der Fassung vom 9.9.1997 (BGBl. I S. 2296), zuletzt geändert durch Gesetz zur Neuordnung des Lebensmittel- und des Futtermittelrechts vom 1.9.2005 (BGBl. I S. 2618).

## 7 Was kann jeder Einzelne tun? - 10 Tipps zum Grundwasserschutz

1

### Kaufen Sie Produkte aus ökologischem Landbau!



Stickstoffeinträge und Pflanzenschutzmittel aus der Landwirtschaft belasten die Qualität unseres Grundwassers, dies belegen die Daten in Kapitel 5 zur aktuellen Situation. Der ökologische Landbau zielt auf die Vermeidung von Stoffausträgen aus der Landwirtschaft in Grund- und Oberflächengewässer. Dies wird erreicht durch ein Einsatzverbot chemisch-synthetischer Pflanzenschutzmittel. Stickstoff-Mineraldünger werden ersetzt durch Anbau von Leguminosen in Verbindung mit vielfältigeren Fruchtfolgen – problematische Nitratverlagerungen ins Grundwasser sind selten. Ein intakter Boden und Bodenwasserhaushalt sind für den ökologischen Landbau wesentliche Voraussetzung und führt dadurch auch zu einer verbesserten Grundwasserneubildung. Mit dem Kauf von Produkten, die aus ökologischem Landbau stammen und entsprechend gekennzeichnet sind, leisten Sie einen wertvollen Beitrag zum Grundwasserschutz.

### Verzichten Sie in Ihrem Garten auf den Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel und Biozide und verwenden Sie Dünger sparsam!

2

Auch im eigenen Garten tragen der Verzicht auf chemische Pflanzenschutzmittel und Biozide sowie der sparsame Düngereinsatz dazu bei, Belastungen des Grundwassers zu vermeiden. Beachten Sie: Viel hilft nicht immer viel!



### Entsorgen Sie keine Stoffe wie z.B. Lacke, Farben, Arzneimittel in der Toilette!

3

Chemikalienreste, Tabletten und Arzneimittelreste gehören nicht in die Spüle oder die Toilette. Chemikalienreste sind bei geeigneten Sammelstellen abzugeben, Pillen und Tropfen nehmen grundsätzlich alle Apotheken zurück. Die Chemikalien und Wirkstoffe der Arzneimittel gelangen bei Entsorgung in der Toilette über die Kanalisation in die Kläranlage. Die Kläranlagen können diese Stoffe nicht vollständig entfernen. Mit dem geklärten Abwasser gelangen beispielsweise nicht abgebaute Arzneimittel und deren Abbauprodukte in Oberflächengewässer und über die Bodenpassage oder über Uferfiltration ins Grundwasser.



#### Reinigen Sie Ihr Auto nur in Waschstraßen!

4

Aus Sicht der Umwelt empfiehlt es sich prinzipiell, die Fahrzeugwäsche nur in dafür vorgesehenen Waschanlagen vorzunehmen, am besten in solchen, die mit dem "Blauen Engel" als umweltschonend gekennzeichnet sind. Das bei der Fahrzeugwäsche anfallende Abwasser enthält verschiedene chemische Stoffe und Verbindungen, die das Grundwasser schädigen können – auch wenn nur mit klarem Wasser gewaschen wird. Wer sein Auto auf unbefestigtem Grund wäscht, gefährdet das Grundwasser und begeht zumindest eine Ordnungswidrigkeit.



#### Vermeiden Sie die Versiegelung von Flächen oder verwenden Sie durchlässige Flächenbeläge!

5



Regenwasser versickert normalerweise an Ort und Stelle in den Untergrund – in bebauten oder flächenhaft versiegelten Gebieten ist dies meist nicht mehr der Fall. Das Niederschlagswasser gelangt dort nur noch teilweise auf natürlichem Weg in den Wasserkreislauf, es wird zu einem erheblichen Anteil über die Kanalisation abgeleitet. Um den Grundwasserhaushalt möglichst wenig zu beeinträchtigen sollte der erste Schritt daher die Überprüfung der Notwendigkeit versiegelter und befestigter Flächen sein. Oftmals ist eine Nutzung entfallen oder eine geplante Nutzung nicht eingetreten, so dass diese Flächen wieder in Grünflächen umgewandelt werden können. Für Flächen, die aufgrund ihrer Nutzung befestigt sein müssen, gibt es diverse Möglichkeiten zur Minimierung der Versiegelung. So können beispielsweise Wege, Zufahrten, Stellplätze und Terrassen mit wasser-durchlässigen Belägen befestigt werden.

#### Lassen Sie Ihre Abwassersammelgruben und private Kanalanschlüsse auf Dichtheit untersuchen und gegebenenfalls sanieren!

6

Aus undichten Leitungen und Sammelgruben sickert Abwasser in den Boden und in das Grundwasser, wenn sie oberhalb des Grundwasserspiegels liegen. Dann besteht die Gefahr einer Kontamination von Boden und Grundwasser. Risse in Behältern oder Rohren, eingewachsene Wurzeln, schadhafte Anschlüsse und undichte Muffen können beispielsweise für Undichtigkeiten verantwortlich sein. Der ordnungsgemäße Betrieb der im privaten Bereich verlaufenden Abwasserleitungen unterliegt der Verantwortung der jeweiligen Grundstückseigentümer.



## **Versickern Sie Regenwasser nach dem Stand der Technik!**

7

Das Prinzip der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung im Bereich von Siedlungs- und Verkehrsflächen ist Stand der Technik. Es gibt keinen stichhaltigen Grund, diese Technik nicht anzuwenden. Bei der Versickerung von gering bis mäßig belastetem Niederschlagswasser ist der Stand der Technik eingehalten, wenn dies über eine ausreichend dimensionierte bewachsene Bodenzone erfolgt, oder über Versickerungsanlagen, deren Wirksamkeit im Stoffrückhalt nachgewiesen wurde.

Nähere Informationen zur Regenwasserversickerung und -nutzung finden Sie unter:

<http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/2973.pdf>

## **Lassen Sie eigene Brunnen und Geothermieanlagen vom Fachbetrieb errichten!**

8

Das Bohren von Brunnen sowie die Erschließung der Umweltwärme aus dem Untergrund erfordert Kenntnisse über den Untergrund. Die fachgerechte Erschließung des Untergrundes für die Nutzung von Grundwasser und für geothermische Zwecke ist nach dem Stand der Technik durchzuführen. Um Schäden für den Boden und das Grundwasser und für den Betrieb der Anlage zu vermeiden, müssen die Planung, die Bohrung und der Bau von Anlagen jeweils von anerkannten Fachbetrieben erfolgen.

9

## **Verzichten Sie auf den Einsatz von Streusalz im Winter!**

Umweltfreundliche Alternativen sind salzfreie, abstumpfende Streumittel wie Sand und Granulate.



# 10

## Entsorgen Sie Batterien und Akkus fachgerecht!

Batterien und Akkus dürfen nicht in den Hausmüll gelangen oder gar einfach weggeworfen werden! Geschieht dies doch, können die in ihnen enthaltenen Schadstoffe über die Müllverbrennung oder die Depo-nien das Grundwasser belasten. Besonders umweltge-fährdend sind Batterien, die die Schwermetalle Queck-silber (Hg), Cadmium (Cd) oder Blei (Pb) enthalten.

In Deutschland wurden im Jahr 2004 weit über eine Milliarde Gerätebatterien verkauft. Diese enthielten ca. 4.700 t Zink, 1.500 t Nickel, 700 t Cadmium, 7 t Silber und 3 t Quecksilber. Obwohl nach Gesetz alle un-brauchbaren Akkus und Batterien wieder eingesam-melt werden müssen, wird pro Jahr nur etwa ein Drit-tel der verkauften Menge wieder zurückgegeben.

Bevorzugen Sie bei häufig benutzten Geräten Nickel-Metallhydrid (NiMH)-Akkus oder Lithium-Ionen-Akkus – statt Nickel-Cadmium-Akkus, weil sie kein giftiges Cadmium enthalten. Nickel-Cadmium-Akkus sollten nicht mehr gekauft werden.

Sammeln Sie alle unbrauchbar gewordenen Batterien und Akkus und bringen Sie diese zu einer Batteriesammelstelle des Händlers oder der Gemeinde, sie werden dort kostenlos entgegen ge-nommen.

Nähere Informationen finden Sie unter:

<http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3057.pdf>









„Der Staat schützt auch in Verantwortung für die künftigen Generationen die natürlichen Lebensgrundlagen ...“

Grundgesetz, Artikel 20 a

**BESTELLUNG VON PUBLIKATIONEN:**

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)  
Postfach 30 03 61  
53183 Bonn  
Tel.: 0228 99 305 - 33 55  
Fax: 0228 99 305 - 33 56  
E-Mail: [bmu@broschuerenversand.de](mailto:bmu@broschuerenversand.de)  
Internet: [www.bmu.de](http://www.bmu.de)

Titelabbildungen: Getty Images (M. Dunning); Enercon/ Block Design;  
Visum (K. Sawabe); zefa; Getty Images (C. Coleman)

Diese Publikation ist Teil der Öffentlichkeitsarbeit des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Sie wird kostenlos abgegeben und ist nicht zum Verkauf bestimmt. Gedruckt auf Recyclingpapier aus 100 % Altpapier.