

## Antwort

### der Bundesregierung

**auf die Große Anfrage der Abgeordneten Susanne Kastner, Michael Müller (Düsseldorf), Hermann Bachmaier, weiterer Abgeordneter und der Fraktion der SPD – Drucksache 12/5816 –**

### **Drohende Grundwasserversauerung und fortschreitende Bodenversauerung**

Die drohende Versauerung des Grundwassers, aber auch der Oberflächengewässer und z. B. auch der Trinkwasser-Talsperren, insbesondere in Ostdeutschland, ist seit einigen Jahren bekannt. Durch den Eintrag von saurem Regen, der sich durch Luftschadstoffe wie Ammoniak, Stickstoffoxide und Schwefeloxide als verdünnte Salpeter- und Schwefelsäure bildet, versauern in bestimmten Gegenden die Böden u. a. in bewaldeten Hochlagen der Mittelgebirge so stark, daß die Versauerungsfront in den Böden plötzlich in die Versauerung des Grundwassers durchschlägt und Metalle wie Eisen, Mangan und Aluminium in erhöhtem Maße freigesetzt werden. Die Flora und Fauna im Boden und in den Gewässern sowie die gesamten Ökosysteme der Mittelgebirge werden durch die Versauerung nachhaltig geschädigt bzw. weitgehend zerstört.

Wenn keine Entsäuerung des Rohwassers z. B. bei Hausbrunnen vorgenommen werden kann oder falsche Rohrmaterialien installiert wurden, kann Eisen, Blei, Asbest, Cadmium, Zink oder Kupfer aus den Rohrleitungen ausgelöst werden, so daß es zu Gesundheitsgefährdungen und Todesfällen durch zu hoch belastetes Trinkwasser gekommen ist. Es wurde eine weiträumige Versauerung des Grundwassers in den neuen Bundesländern, im Erzgebirge aber z. B. auch in Rheinland-Pfalz und Nordrhein-Westfalen festgestellt. Insbesondere kleine Wasserwerke haben wegen der erforderlichen Investitionen und technischen Maßnahmen Probleme mit der Entsäuerung von Rohwasser mit einem pH-Wert unter 6,5 (Grenzwert der Trinkwasser-Verordnung). Bei Privatbrunnen und Hausbrunnen sind oft keine technischen Entsäuerungsmaßnahmen möglich. Aus der Sicht der Wasserwirtschaft aber auch der Land- und Forstwirtschaft sind wirksame Maßnahmen und Programme zur Bekämpfung der Versauerung der Böden und der Gewässer durch Luftschadstoffe dringend erforderlich. Für Kleinwasserwerke und die Privatbrunnen bedeutet die drohende zunehmende Grundwasserversauerung, daß andere Versorgungsmöglichkeiten geschaffen werden müssen, um die Trinkwasserversorgung und den notwendigen Schutz der Gesundheit der Verbraucher sicherzustellen.

---

*Die Antwort wurde namens der Bundesregierung mit Schreiben des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit vom 13. April 1994 übermittelt.*

*Die Drucksache enthält zusätzlich – in kleinerer Schrifttype – den Fragetext.*

## Vorbemerkungen

Die Versauerung von Böden und Gewässern gehört zu den Problemschwerpunkten flächenhafter Umweltbelastungen. Die Auswirkungen sind besonders gravierend, da die Schäden nicht sektoral begrenzt bleiben, sondern in mehr oder weniger großen Räumen den gesamten Naturhaushalt treffen.

Vegetationsschäden, Verschiebungen im Tierartenspektrum, Rückgang der Artenvielfalt sowie Belastungen des Grund- und Oberflächenwassers einschließlich Gefährdung der Trinkwasserversorgung sind die Folgen des Eintrags säurebildender Luftschadstoffe.

Die auf Schutz und Vorsorge ausgerichtete Umweltpolitik der Bundesregierung will die Probleme grundsätzlich unmittelbar an der Quelle lösen. Bereits frühzeitig hat die Bundesregierung die notwendigen Rechtsinstrumente geschaffen, um die Emissionen von Säurebildnern deutlich zu reduzieren. Daraufhin ist zum Beispiel der Schwefeldioxidaustritt im Gebiet der alten Bundesländer von 1982 bis 1990 um mehr als 70 % zurückgegangen.

Bei den Stickstoffemissionen sind ebenfalls Erfolge erzielt worden; so konnte bei den Kraftwerken von 1983 (0,96 Mio. t) bis 1993 (0,25 Mio. t) eine Reduktion von 74 % erreicht werden. Auch beim Verkehr zeichnet sich inzwischen ein Rückgang der Emissionen ab. In den Bereichen Verkehr und Landwirtschaft liegen die Schwerpunkte für weitere Anstrengungen zur Luftreinhaltung.

Mit den auf EG-Ebene vereinbarten Maßnahmen, so der EG-weiten Einführung des geregelten Dreiwege-Katalysators und Verschärfung der Abgasnormen für Lkw und Busse, wird eine deutliche Senkung der Stickstoffemissionen im Verkehrssektor erfolgen.

In der Landwirtschaft gilt es, die Ammoniakemissionen bei Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdüngern sowie bei der Stallhaltung der Tiere zu reduzieren. Regelungen zu den Ausbringungsbedingungen für Gülle enthält die in Vorbereitung befindliche Düngeverordnung.

Mit der Gesamtheit aller Anstrengungen kann der Boden- und Gewässerversauerung wirksam entgegengesteuert werden, wobei aber kurz- bis mittelfristig Maßnahmen zur Schadensbegrenzung und Symptombekämpfung unverzichtbar sind.

1. Wo überall in der Bundesrepublik Deutschland drohen aufgrund besonderer Bodenverhältnisse die Schadstoffemissionen aus der Verbrennung fossiler Energieträger (Autoverkehr, Industrie, Haushalte) und aus der Landwirtschaft über eine fortschreitende Bodenversauerung die Oberflächengewässer und das Grundwasser zu versauern?

Wie ist die Entwicklung der Boden- und Gewässerversauerung und des Waldsterbens in diesen Problemgebieten?

Das Auftreten der Gewässerversauerung ist eng an die Gebiete gebunden, deren Untergrund von Natur aus kalk- und basenarm

ist (Granit, Gneis, Sandstein oder Schiefer der Mittelgebirge, Sanderflächen Norddeutschlands). Standorte mit karbonatreichem Ausgangsgestein (z. B. Lößgebiete der Rheinischen Bucht, Geschiebelehmregionen Norddeutschlands oder Kalke der Fränkisch-Schwäbischen Alb) haben grundsätzlich eine geringe Versauerungsempfindlichkeit. Neben den geogenen wirken auch andere Einflüsse einer Versauerung entgegen bzw. führen zu einer Abpufferung niedriger pH-Werte. Es sind hier vor allem landwirtschaftliche Einflüsse (Kalkung) und Siedlungsabwässer zu nennen. Aus diesen Gründen ist das Auftreten versauerter Oberflächengewässer in der Bundesrepublik Deutschland vor allem auf die siedlungsfernen, bewaldeten Höhen der Mittelgebirge (Fichtelgebirge, Bayerischer Wald, Schwarzwald, Hunsrück, Taunus, Odenwald, Spessart, Harz, Thüringer Wald, Erzgebirge, Rhön) sowie auf die kalkarmen Gebiete in der norddeutschen Tiefebene (Lüneburger Heide, kalkfreie Sandflächen im Baltischen Moränengürtel) begrenzt.

Die Erfassung der Gewässerqualität und auch des Versauerungsgrades der Böden und Gewässer ist Aufgabe der Bundesländer. Die Situation wird von diesen wie folgt dargestellt:

#### Baden-Württemberg

Aufgrund der natürlichen und anthropogen verstärkten Bodenversauerung drohen Gewässerversauerungen vor allem im Schwarzwald, besonders im mittleren und nördlichen Teil, im badischen Teil des Odenwaldes und im Keuperbergland (Löwensteiner Berge, Murrhardter Wald).

#### Bayern

Anthropogen bedingte Versauerungen der Gewässer treten im Spessart, Rhön, Frankenwald, Fichtelgebirge, Oberpfälzer Wald und Bayerischen Wald auf. Etwa 16 % der Landesfläche gelten im Hinblick auf die Gewässer als versauerungsgefährdet. Besonders betroffen sind bewaldete Flächen auf karbonatfreien oder -armen Böden (ca. 5 % der Landesfläche).

#### Hamburg

Der Säureeintrag überschreitet die im Boden neutralisierbare Säuremenge um das Zwei- bis Vierfache. Insbesondere Wald- und Parkböden sind gefährdet. Eine signifikante Versauerung des Grundwassers durch Bodenversauerung konnte bisher nicht festgestellt werden.

#### Hessen

Gewässerversauerungen drohen im nord- und osthessischen Buntsandstein, Kaufunger Wald, Rhön, Spessart, Odenwald und Taunus.

Landwirtschaftlich genutzte Flächen, bei denen durch Bodenversauerung Oberflächen- bzw. Grundwasser negativ beeinflusst wird, sind nicht bekannt. 46 % des Ackerlandes weisen absoluten Kalkmangel aus, 27 % der Flächen müssen durch regelmäßige

Erhaltungskalkungen auf dem derzeit guten Niveau gehalten werden. Weitere 27 % der Flächen weisen aufgrund günstiger geologischer Bedingungen keinen Kalkungsbedarf auf.

#### Mecklenburg-Vorpommern

Bei den Gewässern wurde bisher keine Trendentwicklung zur Versauerung beobachtet.

Die Böden weisen im allgemeinen mehr oder weniger kalkhaltige Ausgangsgesteine auf, so daß Fragen der Bodenversauerung nicht relevant sind. Standorte wie Moorböden mit pH unter 5,9 stellen Naturstandorte dar und werden nicht als Problemstandorte eingestuft. Grundwasserleiter weisen pH-Werte zwischen 7,5 und 8,1 auf und sind daher aus jetziger Sicht nicht versauerungsgefährdet.

#### Niedersachsen

Die Hochlagen der Mittelgebirge sowie weite Geestbereiche in Niedersachsen sind versauerungsempfindlich. Aus Untersuchungen gefährdeter Quellgewässer heben sich besonders der Raum Lüneburger Heide, Harz, Solling, Bramwald und Kaufunger Wald hervor. An 120 Probenahmepunkten wurden pH-Werte unter 6,0 festgestellt.

#### Nordrhein-Westfalen

Als versauerungsgefährdet bzw. -empfindliche Gebiete gelten: Hohes Venn, Rur-Eifel, nordrhein-westfälische Teile der Ahr-Eifel mit Ausnahme der devonischen Kalke, Bergisch-Sauerländisches Mittelgebirge ohne Kalkgebirge; Gebiete mit Verbreitung von Podsolböden (im Münsterland, der Kölner Bucht, im Niederrheinischen Tiefland); Bereiche mit organischen Böden (z.B. im Niederrheinischen Tiefland, im Schwalm-Nette-Gebiet, im Ostermünsterland). Regionale Schwerpunkte der Gewässerversauerung sind die Sandgebiete der Senne sowie einige kleine Einzugsgebiete im Rheinischen Schiefergebirge. Daneben treten vereinzelt Unterschreitungen des pH-Neutralpunktes im Grundwasser im Schwalm-Nette-Gebiet, im Norden der niederrheinischen Bucht und im Münsterland auf.

#### Rheinland-Pfalz

Eine starke Bodenversauerung wird insbesondere auf den Böden mit basenarmen Ausgangsgesteinen in Eifel, Hunsrück, Pfälzer Wald teilweise bis in 2 m Tiefe festgestellt. Oberflächengewässer in den genannten Gebieten weisen pH-Werte um 3,3 auf.

Akute Versauerungsgefahr für die Gewässer besteht in den Gebieten mit besonders basenarmen Gesteinen im südlichen Hunsrück, der Montabaurer Höhe, des Pfälzer Waldes und des Bitburger Landes. Potentiell versauerungsgefährdet sind Eifel, Westerwald, Hunsrück, Taunus und Nordpfälzer Bergland. Dort treten vereinzelt die typischen Versauerungserscheinungen, also niedrige pH-Werte und erhöhte Aluminiumgehalte auf.

## Saarland

Versauerungsempfindliche Standorte befinden sich vor allem im nördlichen Teil des Saarlandes (Hochwald, Hochwaldvorland, Buntsandsteingebiete des Warndt sowie Gebiete südlich und östlich von Saarbrücken bis zum Homburger Bruch).

## Sachsen

In Sachsen lassen sich, neben vereinzelt, kleineren Gebieten, im wesentlichen drei großräumige Gebiete ausmachen, die als besonders versauerungsgefährdet eingestuft werden müssen: Erzgebirge, Elbsandsteingebirge mit Ausläufer zum Tharandter Wald – Zittauer Gebirge – Sächsische Tieflandbucht (Raum Leipzig nahe dem Industrie- und Ballungsgebiet Halle/Leipzig).

## Sachsen-Anhalt

Besonders der Ostharz (Granit im Brockenmassiv und Ramberggebiet, Quarzite bei Ilseburg) ist als gefährdet einzustufen.

## Schleswig-Holstein

Wie im übrigen Bundesgebiet sind auch in Schleswig-Holstein Regionen mit basenarmen Ausgangsgesteinen unterhalb von Waldgebieten als versauerungsempfindlich einzustufen. Über regionale Schwerpunkte liegen keine Informationen vor. Insgesamt gesehen sind die Böden im bundesweiten Vergleich jedoch in einem guten Zustand, landwirtschaftlich genutzte Böden durch die Bewirtschaftung (Kalkung), Waldböden durch die offensichtlich geringere Belastung mit Luftschadstoffen.

## Thüringen

Die Schwerpunktgebiete der drohenden Versauerung nehmen rund 15 % der Landesfläche ein. Betroffen sind die Mittelgebirgsbereiche des Thüringer Waldes und Thüringer Schiefergebirges mit ihren südwestlichen und nordöstlichen Buntsandsteinvorländern, der Südharz und der Sandsteinbereich um Hermsdorf-Klosterlausnitz (Holzland).

Eine Übersicht über die zur Gewässerversauerung neigenden Gebiete zeigt Anlage 1. Dargestellt sind die Ergebnisse einer im Jahr 1987 im Auftrag des Umweltbundesamtes durchgeführten Kartierung in den alten Bundesländern.

Im Hinblick auf die Trendentwicklung bei der Boden- und Gewässerversauerung können wissenschaftlich begründete Aussagen noch nicht getroffen werden. Dafür sind vor allem langjährige, problemorientierte Meßreihen erforderlich.

Es ist allerdings unbestritten, daß die Versauerungsfront in den betroffenen Gebieten größere Tiefen erreichen wird, sofern keine wirksamen Gegenmaßnahmen ergriffen werden. Im Hinblick auf

die Gewässer ist eine Stabilisierung der Versauerungserscheinungen auf hohem Niveau festzuhalten, wobei für Grundwasser in empfindlichen Gebieten eine Ausweitung der Schädigung anzunehmen ist. Zudem wächst die Gefahr, daß vermehrt Metalle und Schwermetalle in die Gewässer eingetragen werden.

Aufgrund der Langzeitwirkungen chemischer Reaktionsabläufe im System Boden-Grundwasser wird auch bei rascher und deutlicher Abnahme der säurebildenden Luftschadstoffe eine Verbesserung der geschädigten Grundwasservorkommen kurz- bis mittelfristig nicht erzielbar sein.

Die zeitliche Entwicklung der Bodenversauerung ist damit sehr stark abhängig von dem Ausgangsgestein und dem Bodenbildungsverlauf unter dem Einfluß der Vegetation bzw. der Bodennutzung. Die eingetragenen Säurebildner können durch natürliche bodeninterne Pufferreaktionen in einem bestimmten Umfang gebunden werden. Das Puffervermögen von Böden und Gesteinen ist jedoch begrenzt. Bei Böden mit basenarmen Ausgangsgesteinen (Quarzit, Buntsandsteine, Granit, Gabbro, Gneise, kalkarme Schiefer u. a.) ist die Pufferkapazität gegenüber dem anhaltenden Säureeintrag über den Luftpfad vielfach erschöpft. Die Bodenbestandteile unterliegen irreversiblen stofflichen Veränderungen. Der Prozeß ist unter anderem an einem Absinken des pH-Wertes zu erkennen.

Der pH-Wert ist ein wichtiges, aber allein nicht hinreichendes Kriterium zur Kennzeichnung des Bodenzustandes. Durch die Ermittlung der effektiven und totalen Anionen- und Kationen-Austauschkapazität sowie der Bestimmung des Basen-Säuren-Zustandes (Alkalität-Acidität) u. a. läßt sich der aktuelle Bodenzustand charakterisieren.

Die Böden können nach Pufferbereichen klassifiziert werden. Bei den einzelnen Pufferbereichen sind jeweils typische Reaktionen zur Pufferung der eingetragenen Säuren vorherrschend. Dabei bleiben die pH-Werte in den einzelnen Pufferbereichen relativ konstant.

#### – Carbonatpufferbereich

In kalkreichen Böden erfolgt die Abpufferung von Säuren im Carbonat- bzw. Kohlensäure-Hydrogencarbonat-Puffersystem (pH 8,6 bis 6,2). Die Säuren werden durch basisch wirkende Carbonate neutralisiert. Dabei werden Calcium, Magnesium und Kohlensäure freigesetzt.

#### – Silicatpufferbereich

Im pH-Bereich 6,2 bis 5,0 werden durch die Verwitterung von silicatischen Mineralien geringe Mengen an Protonen gebunden und basisch wirkende Kationen (Calcium, Magnesium, Kalium, Natrium) freigesetzt.

#### – Austauscher-Pufferbereich

Im pH-Bereich 5,0 bis 4,2 laufen vorwiegend Prozesse ab, die zu einem Verlust an Austauscherplätzen im Boden, zu einer

hohen Sättigung der Austauscher mit Aluminium, zu einer starken Auswaschung von Calcium, Magnesium und Kalium und zu niedrigen Konzentrationen von Aluminium in der Bodenlösung führen.

– Eisen-/Aluminiumpufferbereich

Nach Auswaschung der Calcium- und Magnesiumvorräte erfolgt bei fortgesetzter Säurezufuhr ein weiteres Absinken des pH-Wertes im Boden. Im Aluminium- und Eisen-Pufferbereich ( $\text{pH} < 4,2$ ) setzt sich der säurebedingte Zerfall der Tonminerale fort. Charakteristisch ist die Auflösung von Aluminium- und Eisenoxiden bzw. -hydroxiden. Mit fortschreitender pH-Absenkung werden Aluminium und andere Spurenelemente freigesetzt. Bei starker Versauerung werden Eisenionen aus Eisenoxiden in die Bodenlösung abgegeben. Die im Eisen-/Aluminiumpufferbereich erfolgende Tonmineralzerstörung und Bildung amorpher Silikate führt zu einem irreversiblen Verlust an Austauscherkapazität.

Aus ökotoxikologischer Sicht haben Böden, die bis in den Bereich der Aluminiumpufferung versauert sind, einen außerordentlich kritischen Zustand erreicht. Die Filterfunktion der Böden wird erheblich reduziert; die Böden selbst sind Quellen für Schadstoffbelastungen, indem sie vor allem Metalle freisetzen, die mit dem Sickerwasser in die Tiefe verlagert werden.

2. Welche Informationen hat die Bundesregierung über die Veränderungen der konkreten pH-Werte und der Flora und Fauna im Boden und in Gewässern, die durch die Luftschadstoffe bzw. den sauren Regen verursacht werden?

Im Auftrag des Umweltbundesamtes erfolgte 1987 für die alten Bundesländer eine Erhebung über die Versauerung der Oberflächengewässer. Die Ergebnisse sind in der Reihe UBA-Texte 22/87 veröffentlicht. Bei der Versauerung von Oberflächengewässern sind aus hydrochemischer und hydrobiologischer Sicht folgende pH-Werte relevant:

- Die Grenze zum alkalischen und neutralen bzw. versauerungsgefährdeten Bereich liegt bei pH 6,0, weil sich bei tieferen pH-Werten erste Auswirkungen auf die Wasserorganismen und Veränderungen in der Artenzusammensetzung feststellen lassen. In diesem Bereich liegen viele natürlich saure Gewässer.
- Bei einem pH-Wert unter 5,0 ist das Abpufferungssystem der Kohlensäure nicht mehr wirksam. Es beginnt eine verstärkte Freisetzung von Aluminium. Viele Wasserorganismen (beispielsweise auch die Bachforelle) erleiden ab hier toxische Schädigungen.
- Im pH-Bereich unter 4,3 sind nur noch wenige besonders säuretolerante Organismen in den Gewässern zu finden.

Innerhalb der Konvention über den weiträumigen, grenzüberschreitenden Transport von Luftverunreinigungen (Genfer Luft-

reinhalteabkommen) im Rahmen der ECE ist ein internationales Programm zur Feststellung und Beurteilung der Versauerung von Oberflächengewässern entwickelt worden. Die Bundesrepublik Deutschland hat sich seit 1988 mit 55 Probenahmestellen daran beteiligt. Seit 1992 werden zusätzlich 9 Meßstellen im Freistaat Sachsen in die Untersuchung einbezogen (siehe Anlage 2). Dieses Programm soll bis 1995 fortgeführt werden und Aussagen über die Entwicklung der Versauerung in den untersuchten Oberflächengewässern liefern. Nach den ersten Zwischenergebnissen haben sich viele in den Einzugsgebieten bewaldeter Mittelgebirge liegende Gewässer als ganzjährig oder periodisch versauert erwiesen mit pH-Werten unter 5. Aluminium trat in Konzentrationen von durchschnittlich 2,8 mg/l auf, dabei lagen Spitzenwerte in ganzjährig versauerten Bächen bei 7 mg/l. Ein exponentieller Anstieg des Aluminiums trat bei Werten unter pH 5 auf. Neben Aluminium waren auch erhöhte Konzentrationen an Mangan, Nickel, Zink und Cadmium vorhanden.

Gezielte langjährige Meßreihen, aus denen flächendeckend für versauerungsempfindliche Gebiete repräsentative Angaben über pH-Wert-Änderungen im Grundwasser ablesbar sind, liegen derzeit nicht vor. Aus Einzeluntersuchungen im Taunusquarzit, im Hessischen Buntsandsteingebiet, im Harz sowie Sandgebieten Niedersachsens ist bekannt, daß sich mit dem Niederschlag angeliefertes Wasser je nach Pufferungskapazität des durchströmten Bodens bis zu mehreren Metern unter Gelände als „sauer“ bezeichnen läßt.

Beispielhaft werden im folgenden aktuelle pH-Werte versauerter Grundwässer, die von einzelnen Bundesländern gemeldet wurden, aufgeführt. In Bayern variiert der pH-Wert im Grundwasser versauerungsgefährdeter Untersuchungsgebiete zwischen 3,9 und 5,8. Im Basismessnetz (Quellen) Baden-Württembergs wird seit 1985 auch die Versauerungsentwicklung beobachtet. Dabei liegen in den jungen und oberflächennahen Grundwässern die pH-Werte zwischen 4,2 und 7,8. In den besonders empfindlichen Gebieten (Buntsandstein) liegen 75 % aller Basismessnetzanalysen unter dem Trinkwassergrenzwert von pH 6,5 und 25 % unter pH 5,6 (Datenbasis 1985 bis 1991: 17 Meßstellen).

In Nordrhein-Westfalen liegt für das besonders betroffene Gebiet der Senne der Minimum-pH-Wert im oberen Bereich des Grundwasserleiters bei nur 3,7. In Schleswig-Holstein wurden an der Grundwasseroberfläche unterhalb von Waldgebieten und Sandböden häufig pH-Werte zwischen 3,5 und 4,0 gemessen.

Bezüglich der pH-Werte in Böden sind für Waldstandorte aufgrund der in allen Bundesländern durchgeführten „Bodenzustandserhebung im Wald“ repräsentative Ergebnisse zu erwarten. Erste Ergebnisse liegen aus Bayern und Rheinland-Pfalz vor. Bei der Waldbodeninventur in Bayern wurden die Ergebnisse der pH-Wert-Ermittlung den vorgenannten Pufferbereichen zugeordnet.



Anteile der pH (H<sub>2</sub>O)-Werte an den Pufferbereichen (%):

Pufferbereiche	Auflage	0 – 10 cm	10 – 30 cm
Fe	3,2	1	
Fe/Al	3,2 – 3,8	27	31
Al	3,8 – 4,2	40	25
Austauscher	4,2 – 5,0	18	23
Silikat	5,0 – 6,2	12	9
Carbonat	6,2	2	12

Fast ein Drittel aller Meßergebnisse fallen in den eine starke Versauerung kennzeichnenden Fe/Al-Pufferbereich. Im tieferen Mineralboden ist die Versauerung noch nicht soweit fortgeschritten. Hier liegen die pH-Werte noch ganz überwiegend im Silikat/Carbonat- sowie im Austauscher-Pufferbereich. Die Pufferreserven des Austauscher-Pufferbereichs sind allerdings bei weiterer Säurezufuhr schnell erschöpft.

Eine noch bedenklichere Versauerung der Waldböden wurde in Rheinland-Pfalz festgestellt. Von den Bodenproben der Schicht von 0 bis 10 cm wiesen 80 % pH-Werte von 2,5 bis 3,8 auf. In der Tiefenstufe von 30 bis 140 cm wurden bei der Hälfte der Proben und in der Tiefenstufe von 140 bis 220 cm noch bei einem Drittel der Bodenproben pH-Werte unter 3,8 gemessen.

Bei landwirtschaftlich genutzten Böden wird der Bodenversauerung durch Kalkung und Verwendung basischer Mehrnährstoff-Dünger von den Landwirten weitgehend entgegengewirkt, um Ertragsdepressionen zu vermeiden. Umfangreiche pH-Wert-Untersuchungen landwirtschaftlich genutzter Böden in Sachsen zeigen, daß etwas mehr als die Hälfte der Böden in den Bereichen über pH 6 liegen. Bei den landwirtschaftlich genutzten Böden wurden allerdings auch pH-Werte von 3,6 bis 3,8 ermittelt.

Die ökologischen Auswirkungen der Boden- und Gewässerversauerung sind weitreichend. In der Regel führt sie zu einer Artenverarmung. Veränderungen der Fauna zeigen sich am deutlichsten durch das Aussterben der Fische in den versauerten Bachläufen. Andere Tierarten, insbesondere Schnecken, Muscheln, Krebse und einzelne Insektenlarven sind noch säureempfindlicher als die meisten Fischarten und sind daher bereits auch in weniger versauerten Gewässern gefährdet.

Die Versauerung der Gewässer kann auch direkte und indirekte Auswirkungen auf die Vogelwelt haben. Untersuchungen in Wales und Schottland haben gezeigt, daß sich die Versauerung von Bachläufen nachteilig auf die Populationsdichte von Wassermoseln auswirkt.

In stark sauren Böden ist kaum noch Makro- bzw. Mesofauna vorhanden bzw. zugunsten säuretoleranter Milbenarten, Bakterien oder Pilze verschoben.

Säure- und aluminiumempfindliche Pflanzenarten sind weitgehend verdrängt. Es setzen sich zunehmend säureliebende Grasfluren (z. B. Wollreitgras, Rotes Strausgras, Weiße Hainsimse, Drahtschmiele) durch. In Perlgraswäldern Hessens ist die Zunahme des säuretoleranten Moores *Dicranella heteromalla* (Kleines Besenmoos) und die Abnahme der Waldzwenke (*Brachypodium sylvaticum*) festzustellen.

Durch die Versauerung der Böden wird die Aktivität der Mikroorganismen stark verändert, insbesondere kommt es zu einer Schädigung der in Symbiose mit den Baumwurzeln lebenden Pilze, was in der Folge zu Ernährungsstörungen der mit ihnen in Symbiose lebenden Waldbäume führen kann.

Der Zusammenhang der Waldschäden mit der Bodenversauerung durch die starke Veränderung der Ionenaustausch-Verhältnisse und Nährstoffvorräte für die Waldbestände ist durch die Berichte des Forschungsbeirates Waldschäden/Luftverunreinigungen und die Waldzustandsberichte der Bundesregierung hinreichend dokumentiert. Dagegen erfordert die Untersuchung der Einflüsse der Veränderung der pH-Werte, des Stoffhaushaltes und der Sorptionseigenschaften auf andere Bereiche des Bodenökosystems und der Vegetation auf Waldstandorten noch umfangreichere weitere Forschungsarbeiten.

Ein wichtiger weiter ausbaufähiger Weg wird mit dem Critical Levels/Critical Loads-Konzept beschritten.

Critical Levels sind kritische Konzentrationen für die direkte Wirkung von Luftschadstoffen auf Pflanzen und Pflanzengemeinschaften und Materialien.

Critical Loads sind kritische Depositionsraten von Schadstoffen, bei deren Überschreitung – auch langfristig – keine Schädwirkungen auf Waldböden und Grundwasser, terrestrische Ökosysteme oder Oberflächengewässer zu erwarten sind. Im Rahmen des ECE-Luftreinhalteabkommens ist auch für Deutschland eine Kartierung der kritischen Belastungswerte für den Säureeintrag in Waldböden vorgenommen worden.

Zur Ermittlung der Critical Loads für Laub- und Nadelwaldökosysteme wurde eine einfache Massenbilanz der wichtigsten säureproduzierenden und säureverbrauchenden Prozesse aufgestellt.

Dazu werden u. a. Silikatverwitterungsraten, die Versickerungsraten von Niederschlagwasser, die Aufnahmearten von Nährstoffen durch die Vegetation, die Depositionsraten von Säuren, Säurebildnern sowie basischen Kationen, der Schwefelanteil an der Gesamtsäuredeposition ermittelt. Es wurden Waldkarten für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland erarbeitet und mit denjenigen der durchschnittlichen aktuellen Deposition von Säuren und säurebildenden Schadstoffe verglichen (Mittelwerte 1979 bis 1989). Es zeigte sich, daß im Mittel dieses Zeitraums auf 85 % der Waldflächen Deutschlands die kritischen Depositionsraten überschritten wurden.

Für den Harz oder Schwarzwald ergab sich eine Überschreitung der Critical Loads um das sechsfache, für die empfindlichsten Regionen, z. B. in Norddeutschland, sogar um das 15- bis 30fache.

3. Welche Kenntnisse hat die Bundesregierung über die Ursachen der Schadstoffe, die in den einzelnen Fällen bzw. in den bestimmten Regionen zu saurem Regen, sauren Böden und versauertem Grundwasser und Quellwasser führen?

Die Hauptursache der Schadstoffe, die zur Übersäuerung führen, sind Emissionen aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe; aber auch Emissionen aus der Landwirtschaft haben daran einen nicht unerheblichen Anteil.

Die wichtigsten Quellen in den alten (ABL) und neuen Bundesländern (NBL) enthält nachstehende Tabelle. Die Werte sind zur besseren Vergleichbarkeit auf Schwefel bzw. Stickstoff umgerechnet.

	SO <sub>2</sub> (als S)		NO <sub>x</sub> (als N)		NH <sub>3</sub> (als N)	
	ABL	NBL	ABL	NBL	ABL	NBL
Gesamt	506	2 418	785	178	460	167
Industrieprozesse	43	–	5	–	5	8
Straßenverkehr	25	13	460	43	–	–
übriger Verkehr	60	20	116	29	–	–
Haushalte	43	170	23	1	–	–
Kleinverbraucher	25	45	11	2	–	–
Industriefeuerungen	160	250	70	21	–	–
Kraft- und Fernheizwerke	150	1 900	100	82	–	–
Düngeranwendung	–	–	–	–	45	17
Tierhaltung	–	–	–	–	400	140
Sonstige Quellen	–	–	–	–	10	2

Quelle: Umweltbundesamt, Daten zur Umwelt 92/93 (Angaben in kt/a für 1990).

Die wichtigsten, die Versauerung auslösenden Luftschadstoffe sind in Europa Schwefeloxide (SO<sub>x</sub>), reduzierter Stickstoff (NH<sub>x</sub>) und Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>), die sowohl über die Luft als auch über Staub und Niederschläge (sog. saurer Regen) eingetragen werden. Dabei ist in den letzten Jahren die Belastung durch Schwefeldioxid in den alten Bundesländern aufgrund zahlreicher emissionsmindernder Maßnahmen stärker zurückgegangen als die Belastung durch Stickstoffverbindungen.

Die Ursachen für den Eintrag von Säurebildnern in Ökosysteme sind von äußerst komplexer Natur. Entscheidend für die Stoffeinträge sind

- die Emissionen aus o. g. Prozessen,
- die meteorologischen Bedingungen,
- Chemie der Atmosphäre (Reaktionen der Luftschadstoffe untereinander),
- Transport- und Austauschbedingungen (grenzüberschreitende Belastungen) und

- die Akzeptoreigenschaften der Oberfläche, die den Eintrag der o. g. Stoffe in die Ökosysteme und schließlich in den Boden und die Gewässer bestimmen.

Die versauernde Wirkung der Stoffeinträge wird maßgeblich beeinflusst durch:

- Die chemische Zusammensetzung von Boden/Gestein,
- bodeninterne Umwandlungsprozesse und bakteriellen Stoffabbau,
- die nachhaltige Veränderung der Böden durch Akkumulation starker Säuren, wodurch die Pufferkapazität gegenüber weiteren Säureinträgen an vielen Standorten erschöpft ist,
- verstärkte Auswaschung von Nährstoffen bzw. deren pflanzlicher Entzug,
- Freisetzung potentieller Schadstoffe wie Aluminium, Cadmium oder Zink,
- Art der Flächennutzung und Bewuchs,
- bodenphysikalische Besonderheiten (z. B. Hochmoore),
- Mächtigkeit der Grundwasserüberdeckung, Pufferkapazität und Sorptionsfähigkeit des Untergrundes.

Forschungsergebnisse aus den zurückliegenden Jahren zeigen, daß auch Ammoniaketräge erhebliche Bedeutung für die Versauerungsprozesse in Böden haben.

In Deutschland werden jährlich schätzungsweise 614 000 t Stickstoff als Ammoniak emittiert (Stand 1990); davon stammen ca. 85 % (540 000 t N) aus der landwirtschaftlichen Tierhaltung.

Durch die Verringerung der Viehbestände seit 1990 ist auch ein Rückgang der  $\text{NH}_3$ -Emissionen zu verzeichnen. Für den Zeitraum 1990 bis 1992 liegt die Abnahme bei ca. 15 %.

4. Welche Folgen hat die festgestellte und evtl. drohende Versauerung der Gewässer für die Flora und Fauna in den Gewässern und für die Qualität des Rohwassers für die Trinkwasserversorgung, und welche Folgekosten entstehen dadurch für die Trinkwasser-Aufbereitung in den verschiedenen Regionen der Bundesrepublik Deutschland, und wie soll sichergestellt werden, daß diese Kosten und die Schäden der Forstwirtschaft von den Verursachern der Versauerung oder dem Staat finanziert werden?

Auswirkungen von Säurebelastungen auf die Flora und Fauna in den Gewässern können auf allen Ebenen – von den Lebensgemeinschaften bis hin zu subzellulären Effekten – beobachtet werden. Dabei sind neben der direkten Wirkung der pH-Wert-Absenkung auch die Auswirkungen von Metallen (speziell Aluminium) zu berücksichtigen, die durch saure Sickerwässer aus den Böden freigesetzt und in die Gewässer eingetragen werden.

Die primären Angriffsorte sind die Epidermis sowie die Kiemen der Organismen. Die Folgen sind beispielsweise eine Störung der Ionen- und Osmoregulation. Hohe Belastungen führen direkt zum Absterben der Organismen, subletale Belastungen verursachen Schädigungen, die die Vitalität sowie den Fortpflanzungserfolg

vermindern und damit zu einem Rückgang der Populationsgröße führen.

Die Empfindlichkeit der Arten weist innerhalb der verschiedenen Taxa große Unterschiede auf. Empfindliche Tiergruppen sind beispielsweise Schnecken, Muscheln, Egel, Kleinkrebse, Fische und Eintagsfliegenlarven. Amphibien galten bisher als relativ säureresistent. Aus Untersuchungen in Baden-Württemberg geht allerdings hervor, daß an einigen Karstseen im Nordschwarzwald bei gleichbleibender bzw. sich verstärkender Versauerung mit einer Schädigung bzw. dem Erlöschen der Population bestimmter Amphibienarten (Erdkröte, Grasfrosch) zu rechnen ist.

Die Versauerung führt zu Verschiebungen im Artengefüge zugunsten säuretolanter Arten, zu einem Rückgang der Artenvielfalt, zu Änderungen im Konkurrenzdruck und einer Vereinfachung der Nahrungsnetze. Verminderte Abbauleistungen der Bakterien – wie sie in einigen sauren Seen beobachtet wurden – haben Auswirkungen auf den Nährstoffkreislauf und die Verfügbarkeit von Nährstoffen. Die Ausfällungen von Huminstoffen durch Aluminium verändern die Lichtverhältnisse und den Wärmehaushalt der Gewässer. Änderungen in der Gemeinschaft der Primärproduzenten sind die Folge.

Letztendlich wird die gesamte Lebensgemeinschaft eines Gewässers verändert, das Ökosystem wird anfälliger gegenüber weiteren Störungen.

Eine ausführliche Darstellung der Folgen der Versauerung für die Oberflächengewässer wurde vom Umweltbundesamt bereits 1984 in den Materialien 1/84 „Gewässerversauerung in der Bundesrepublik Deutschland“ veröffentlicht.

Über die Auswirkungen der Säurebelastungen auf Organismen im Grundwasser liegen derzeit keine Erkenntnisse vor.

Die Entsäuerung von Rohwasser bei der Aufbereitung von Trinkwasser besitzt in der zentralen Trinkwasserversorgung eine mehr als hundertjährige Tradition. Sie wurde und wird in erster Linie erforderlich, weil durch Lösung von Kohlendioxid aus der Luft und aus den biologisch aktiven Horizonten des Bodens bei ungenügender natürlicher Pufferkapazität eine Absenkung des pH-Wertes im Rohwasser eintritt.

Die zunehmenden Versauerungserscheinungen durch Luftschadstoffe führen nicht nur im Hinblick auf den pH-Wert zu Problemen bei der Wasserversorgung. Besonders gravierend ist die Übersäuerung des Trinkwassers in Sachsen und Thüringen (vgl. Raumordnungsbericht der Bundesregierung 1993; S. 171, Karte 18.4.). Weitere Veränderungen der Rohwasserqualität in versauerungsgefährdeten Einzugsgebieten sind in Abhängigkeit von der Höhe der pH-Wert-Absenkung insbesondere durch die verstärkte Mobilisierung von Metallen und Schwermetallen zu erwarten. Je nach Beschaffenheit des Untergrundes können vor allem Aluminium, Eisen und Mangan, aber auch in besonderen Fällen zum Beispiel Titan, Fluorid, Beryllium oder Barium zu Problemen bei der Wasserversorgung führen.

Diese können zusätzliche Aufbereitungsverfahren erforderlich machen. Genaue Kostenschätzungen dazu sind nicht möglich, da diese Kosten erheblich von den Umständen des Einzelfalls abhängen.

Die Entsäuerung von Rohwasser zu Trinkwasser verursacht zur Zeit Kosten in Höhe von einigen Pfennigen pro Kubikmeter.

Für alle Trinkwasserversorgungssysteme existieren praktikable Möglichkeiten zur Entsäuerung bis zum pH-Wert der Calciumcarbonat-Sättigung. Ein Ausweichen auf andere Versorgungsmöglichkeiten allein wegen der niedrigen pH-Werte im Rohwasser ist daher nicht erforderlich.

Auch für Einzelwasserversorgungen (Privatbrunnen, Hausbrunnen) sind grundsätzlich technische Möglichkeiten zur Entsäuerung bis zum pH-Wert der Calciumcarbonat-Sättigung gegeben. Es ist jedoch dort in vielen Fällen wirtschaftlicher, eine Teilent-säuerung bis auf einen pH-Wert über 6,5 durchzuführen und im übrigen durch eine entsprechende Materialauswahl für die Haus-installationen eine weitergehende Entsäuerung überflüssig zu machen.

Die Schäden, die aufgrund der Versauerung des Grundwassers und des Bodens auftreten, sind eine besondere Form der sogenannten Summations- und Distanzschäden, also von Schäden, die auf keinen bestimmten Verursacher zurückgeführt werden können. Die Prüfungen der Bundesregierung in dieser Frage haben vielfältige grundlegende Schwierigkeiten ergeben, u. a. bei der Beschreibung, Abgrenzung, Nachweisung und Bewertung der in Betracht kommenden Schadenstatbestände; hinzu kommen die sich aus der Wiedervereinigung für eine Ausgleichsregelung zusätzlich ergebenden Schwierigkeiten (vgl. Antwort der Bundesregierung zur Großen Anfrage „Lage und Entwicklung des Waldes und der Forstwirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland“ Drucksache 12/4859).

5. Welche Gegenmaßnahmen sind notwendig, um die Ursachen der Versauerung der Böden und die drohende Versauerung des Grund- und Oberflächenwassers zu stoppen bzw. im notwendigen Ausmaß zu vermindern, und was wird die Bundesregierung dazu unternehmen bzw. veranlassen?

Die Senkung der Emissionen an ihren Quellen ist die effektivste Maßnahme, um die Ursachen der Versauerung zu vermindern. Die Antwort auf Frage 3 enthält eine Übersicht über die wichtigsten Quellgruppen.

Die Bundesregierung hat bereits frühzeitig umfangreiche Maßnahmen zur Luftreinhaltung eingeleitet, die langfristig zur Verminderung der Versauerung beitragen. Sie wird diese Politik auch im Bereich der neuen Bundesländer konsequent fortsetzen. Die wesentlichen Maßnahmen sind:

– Großfeuerungsanlagen-Verordnung vom 22. Juni 1983

Durch die auf der Grundlage dieser Verordnung ergriffenen Maßnahmen zur Rauchgasentschwefelung konnten in den

alten Bundesländern die Schwefeldioxidemissionen aus Großfeuerungen um 84 % von ca. 1,9 Mio. t im Jahre 1983 auf ca. 0,3 Mio. t im Jahre 1993 reduziert werden.

Die Stickstoffoxidemissionen der Großfeuerungsanlagen wurden im gleichen Zeitraum um 74 % von 0,96 auf 0,25 Mio. t verringert.

- Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft vom 27. Februar 1986

Aufgrund der verschärften Anforderungen der TA Luft werden sich die Emissionen der Mengenschadstoffe (z. B. Schwefeldioxid und Stickstoffoxid) um ca. 40 % reduzieren.

- Verordnung über Kleinf Feuerungsanlagen vom 15. Juli 1988
- Einführung des Katalysators

Mit Hilfe der steuerlichen Förderung des Katalysators wurde erreicht, daß bereits 1991 fast 100 % der neu zugelassenen Benzinfahrzeuge mit Drei-Wege-Katalysator ausgestattet waren. Der Gesamtanteil an Kat-Fahrzeugen in Deutschland erreicht heute den internationalen Spitzenwert von fast 50 %.

- Verordnung über Schwefelgehalt von leichtem Heizöl und Dieselmotorkraftstoff vom 15. Januar 1975/14. Dezember 1987
- Einführung von schwefelarmem Dieselmotorkraftstoff

Die Bundesregierung hat schon 1987 eine entsprechende Initiative bei den Europäischen Gemeinschaften eingeleitet. Nachdem die EG-Gasölrichtlinie am 23. März 1993 verabschiedet wurde, steht nunmehr fest, daß ab dem 1. Oktober 1996 der Dieselmotorkraftstoff mit einem Schwefelhöchstgehalt von max. 0,05 Gew.-% in den Europäischen Gemeinschaften verbindlich eingeführt und damit der handelsübliche Kraftstoff sein wird. Die Mineralölindustrie hat versichert, daß die Umstellung auf schwefelarmen Dieselmotorkraftstoff bis zur Hälfte des Jahres 1995 weitgehend abgeschlossen sein wird.

Mit den erzielten deutlichen Minderungen der NO<sub>x</sub>-Emissionen bei Industrieanlagen und Kraftwerken ist die Bedeutung des Verkehrs als Hauptquelle der NO<sub>x</sub>-Emissionen weiter gestiegen. Sein Anteil an den NO<sub>x</sub>-Emissionen in Deutschland betrug 1990 67 %. Deshalb sind über die Einführung des Katalysators hinaus weitere Schritte notwendig, wie z. B.

- Wo möglich, Verkehr vermeiden,
- Verkehr auf umweltschonendere Verkehrsmittel (Schiene, Wasserstraße) verlagern,
- die Verkehrsmittel technisch verbessern (Weiterentwicklung der Katalysatortechnik, Verbesserung der Kraftstoffqualität, Verringerung des Kraftstoffverbrauchs) sowie
- die Bürger über umweltschonendes Verkehrsverhalten zu informieren und aufklären.

Zur Verminderung von Ammoniakemissionen sind Maßnahmen vor allem bei der Lagerung und der Ausbringung von Fest- und

Flüssigmist erforderlich. Für immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftige Tierhaltungsanlagen und Güllelager nach § 4 bzw. § 19 Bundes-Immissionsschutzgesetz in Verbindung mit der 4. BImSchV sind die Anforderungen der TA Luft bindend, wie z. B. Lagerung der Gülle außerhalb des Stalles in geschlossenen Behältern oder eine grundsätzliche Lagerkapazität von sechs Monaten.

Das Düngemittelgesetz (§ 1 a) stellt u. a. zur Verminderung von Ammoniakemissionen Anforderungen auch an die Ausbringungsbedingungen für Gülle. Eine Konkretisierung der dort geforderten „guten fachlichen Praxis“ wird mit der zur Zeit im Entwurf befindlichen Dünge-Verordnung vorgenommen.

Zur Abpufferung der anhaltenden Säureinträge wurden in den zurückliegenden Jahren auf größeren Waldflächen Bodenschutzkalkungen durchgeführt. Die Kalkung wird da, wo immissionsbedingte Nährstoffmängel vorliegen, durch gezielte Nährstoffgaben ergänzt (Kompensationsdüngungen). Solche Maßnahmen sind jedoch nicht auf allen Standorten sinnvoll und sollten daher grundsätzlich nur nach gründlicher Prüfung der Voraussetzungen und eventueller Nebenwirkungen (z. B. Nitrateintrag in das Grundwasser) eingesetzt werden.

Insgesamt wurden 1984 bis 1992 über 1,6 Mio. ha gekalkt bzw. gedüngt, das entspricht rund 16 % der Waldfläche Deutschlands (vgl. folgende Übersicht).

	Bodenschutzkalkung und Kompensationsdüngung (in 1 000 ha)		
	im Privat- und im Kommunalwald	im Staats- wald	Gesamt
1984 bis 1990	410 <sup>a</sup>	846 <sup>b</sup>	1 256
1991	70	139	209
1992	71	100	171
1984 bis 1992	551	1 085	1 636

<sup>a</sup> = Nur Privat- und Kommunalwald der alten Länder.

<sup>b</sup> = Staatswald in den alten Ländern sowie Staatswald, Privat- und Kommunalwald in der ehemaligen DDR.

Die Maßnahmen werden von den Ländern auch in Zukunft fortgesetzt.

Die großräumige Kalkung von Waldbeständen sollte, weil deren Auswirkungen auf bodenchemische und -biologische Abläufe sowie auf die Bodenfauna nicht mit ausreichender Sicherheit für alle Standorte vorhersehbar sind, durch genaue Untersuchungen des Bodenökosystems und der Gewässerqualität begleitet werden. Insbesondere soweit die Kalkung über die Abpufferung der noch anhaltenden Säureinträge hinausgeht, müssen die Maßnahmen der Bodenschutzkalkung und Kompensationsdüngung zwei Kriterien genügen: Deutliche Stabilisierung und Revitalisie-



zung der geschädigten Bestände und Begrenzung unerwünschter ökologischer Effekte auf ein vertretbares Minimum.

Im Rahmen des vom UBA vergebenen Forschungsvorhabens „Auswertung der Waldschadensforschungsergebnisse (1982 bis 1992)“ zur Auswertung komplexer „Ursache-Wirkungsbeziehungen“ mit Hilfe systemanalytischer Methoden wird auch eine Auswertung und Bewertung bisher durchgeführter Kalkungsmaßnahmen im Wald vorgenommen.

Bezüglich der Gesamtheit aller Maßnahmen wird auf den Fünften Immissionsschutzbericht der Bundesregierung an den Deutschen Bundestag verwiesen (Drucksache 12/4006, siehe auch Antwort zu Frage 9).

6. Welche Empfehlungen gibt das Bundesgesundheitsamt, um bei festgestellter Versauerung des Rohwassers in den konkreten Fällen eine Gesundheitsgefährdung der Verbraucher auszuschließen?  
Wie ist der Stand der Rohwasserversauerung bei Einzelversorgungsanlagen, und welche Überwachungssysteme existieren hier?

Sofern die Vorschriften der Trinkwasserverordnung und die des einschlägigen technischen Regelwerkes eingehalten werden, ist eine Gesundheitsgefährdung der Verbraucher auszuschließen. Das Bundesgesundheitsamt (BGA) hat in zahlreichen Veröffentlichungen, unter anderem im bga pressedienst (siehe Anlage 3, bga-pressedienst Nr. 23/93) dazu Stellung genommen.

Darüber hinaus hat das BGA „Empfehlungen bei Abweichungen des pH-Wertes von den Vorschriften der TrinkwV“ erarbeitet. Diese werden im April 1994 im Bundesgesundheitsblatt erscheinen und sind für den Fall gedacht, daß für eine Übergangszeit eine Abweichung von der in der Trinkwasserverordnung vorgeschriebenen pH-Wert-Regelung toleriert werden muß. Bei Befolgung dieser Empfehlungen können die zuständigen Gesundheitsbehörden in konkreten Fällen eine Gefährdung der Gesundheit von Verbrauchern ebenfalls ausschließen. Sie gelten auch für Einzelwasserversorgungsanlagen.

Die Überwachung der Einzelwasserversorgungsanlagen ist ebenso wie die Überwachung von zentralen Trinkwasserversorgungsanlagen Angelegenheit der Länder und dort insbesondere der Gesundheitsämter. Flächendeckende Erhebungen und Informationen zum Stand der Rohwasserversauerung bei Einzelversorgungsanlagen liegen nicht vor.

Es ist aber davon auszugehen, daß in den von der Versauerung bereits betroffenen bzw. versauerungsempfindlichen Regionen (siehe Antwort zu Frage 1) auch Einzelversorgungsanlagen (Hausbrunnen) betroffen oder gefährdet sind, zumal dort in der Regel das besonders gefährdete oberflächennahe Grundwasser gefördert wird.

7. Welche Maßnahmen empfiehlt das Umweltbundesamt, um die zunehmende Boden- und Grundwasserversauerung zu stoppen und die nachteiligen Folgen zu bekämpfen?

Das Umweltbundesamt ist eine selbständige Bundesoberbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Das Amt berät die Bundesregierung, insbesondere den Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit u. a. in Fragen der Luftreinhaltung, Wasserwirtschaft und in übergreifenden Umweltfragen. Vom Umweltbundesamt empfohlene Maßnahmen gegen die Boden- und Grundwasserversauerung werden in die umweltpolitischen Überlegungen der Bundesregierung mit einbezogen (siehe Antworten zu den Fragen 5 und 9).

8. Wie können insbesondere in den neuen Ländern, in denen nach dem Bericht der Fachkommission „Soforthilfe Trinkwasser“ beim Bundesgesundheitsamt besonderer Handlungsbedarf besteht, und in siedlungsfernen Gebieten mit Kleinwasserwerken und Privat- und Hausbrunnen die notwendigen Sofortmaßnahmen durchgeführt werden, und welche Sanierungsprogramme und Förderprogramme werden derzeit in den neuen Ländern geplant und durchgeführt?

Wie wird die Bevölkerung und die EG-Kommission darüber informiert?

Die Sanierungs- und Förderprogramme in den neuen Ländern im Zusammenhang mit einem niedrigen pH-Wert des Trinkwassers sind in die bereits laufenden Programme der Länder zur Sicherung der Versorgung mit einwandfreiem Trinkwasser eingebunden. Es wird auf die Antwort zur Kleinen Anfrage der Abgeordneten Susanne Kastner vom 26. November 1992 zur „Situation der Wasserversorgung und Abwasserentsorgung in den ostdeutschen Gemeinden“ (Drucksache 12/3876) verwiesen. Auf die Situation bei einer Unterschreitung des pH-Wertes 6,5 im Trinkwasser wurde auch in der Antwort zu Frage 37 der Großen Anfrage der Fraktionen der CDU/CSU und F.D.P. vom 30. Juni 1993 über die „Lage der Städte, Gemeinden und Kreise“ (Drucksache 12/5373) eingegangen.

Über die bestehenden Förderprogramme hinaus kann der Bau zentraler Wasserversorgungsanlagen in ländlichen Gemeinden im Rahmen der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ gefördert werden. Die Höhe der Zuschüsse darf in den alten Bundesländern 70 % und in den neuen Bundesländern 80 % der förderungsfähigen Kosten nicht übersteigen.

Im Hinblick auf den besonderen Handlungsbedarf in einigen Gebieten der neuen Länder hat die Fachkommission „Soforthilfe Trinkwasser“ in Abstimmung mit den Ländern die zuständigen Landräte darauf hingewiesen, daß Mittel der Investitionspauschale aus dem Nachtragshaushalt 1993 vorrangig für die Maßnahmen zur Anhebung des pH-Wertes des Trinkwassers verwendet werden sollen. Wieweit von dieser Möglichkeit Gebrauch gemacht wurde, ist nicht bekannt, da Angaben der Länder hierzu nicht vorliegen.

Im Verantwortungsbereich des Bundesministeriums für Forschung und Technologie läuft für die neuen Bundesländer das Forschungs- und Entwicklungsvorhaben in der Erzgebirgischen

Wasser- und Abwasser AG, Chemnitz, „Entwicklung eines technischen Verfahrens zur Aufbereitung sehr weicher saurer Talsperrengewässer durch Einsatz verschiedener physikalisch-chemischer Aufbereitungsstufen“ (978 TDM).

Der besonderen Situation der Kleinwasserwerke und der Hausbrunnen wird durch die Entwicklung von betriebssicheren Anlagen zur Entfernung von Eisen, Mangan und Aluminium sowie zur Anhebung des pH-Wertes Rechnung getragen. Die Fachkommission führt gemeinsam mit dem Land Brandenburg ein entsprechendes Vorhaben beim Hygieneinstitut Eberswalde durch.

Zur Information der Bevölkerung hat die Fachkommission „Soforthilfe Trinkwasser“ ein Merkblatt „Trinkwasser-Hausinstallationen und pH-Wert“ herausgegeben, das in einer Auflage von 100 000 Stück über die Gesundheitsämter der neuen Länder kostenlos verteilt wurde.

Eine umfassende Unterrichtung der EG-Kommission erfolgt, sobald das von der Fachkommission gemeinsam mit den neuen Ländern bearbeitete Projekt „flächendeckende Analyse des Trinkwassers“ abgeschlossen sein wird. Dies hängt vom Fortschritt der Strukturreform der Wasserversorgung und der Übernahme der Verantwortung für die Trinkwasserversorgung durch die Kommunen sowie vom Fortschritt der Kreisreformen der Länder ab.

9. Welche Maßnahmen sind auf EG- und auf nationaler Ebene und in den europäischen Nachbarländern im Rahmen der Luftreinhaltepolitik notwendig und beabsichtigt, um die Ursachen der Versauerung des Bodens und des Grundwassers wirksam zu beseitigen?

Wegen der weiträumigen, grenzüberschreitenden Verfrachtung der am Versauerungsprozeß beteiligten Luftverunreinigungen reichen nationale Maßnahmen nicht aus.

Die Bundesregierung hat sich deshalb insbesondere im Rahmen der EG und der Europäischen Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (ECE) nachdrücklich und erfolgreich für international verbindliche Regelungen zur Schadstoffreduzierung eingesetzt.

Die Europäische Gemeinschaft hat im Rahmen der Luftreinhaltepolitik mehrere verbindliche Richtlinien in Kraft gesetzt, deren Umsetzung einen wesentlichen Beitrag zur EG-weiten Verminderung der Versauerung leistet. Dies sind u. a.:

- Richtlinie 84/360/EWG vom 28. Juni 1984 zur Bekämpfung der Luftverunreinigungen durch Industrieanlagen, ergänzt durch Richtlinie 91/692/EWG, die zusätzlich vor Inbetriebnahme (u. a. nach Änderung der Anlage) Genehmigungsverfahren vorsieht.
- Richtlinie 85/203/EWG vom 7. März 1985 über Luftqualitätsnormen für Stickstoffdioxid.
- Richtlinie 80/779/EWG vom 15. Juli 1980 über Grenzwerte und Leitwerte der Luftqualität für Schwefeldioxid und Schwebstaub.

- Richtlinie 88/609/EWG vom 24. November 1988 zur Begrenzung von Schadstoffemissionen von Großfeuerungsanlagen in die Luft.
- Richtlinie 91/676/EWG vom 12. Dezember 1991 zum Schutz der Gewässer von Verunreinigungen durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen.

Für den Verkehrsbereich sind dies im Rahmen eines Dreistufenplans für die europäische Abgasgesetzgebung die:

- Richtlinie 70/220/EWG über Maßnahmen gegen die Verunreinigung der Luft durch Emissionen von Pkw und leichten Nutzfahrzeugen (geändert durch RL 91/441/EWG vom 26. Juni 1991 und 93/59/EWG vom 28. Juni 1993). Sie legt strenge Schadstoffgrenzwerte für die Fahrzeuge fest, die zukünftig stufenweise verschärft werden sollen und nach dem heutigen Stand der Technik bereits jetzt bei allen in der EU neu zugelassenen Pkw und leichten Nutzfahrzeuge mit Ottomotor den geregelten Katalysator und den kleinen Kohlekanister sowie für Fahrzeuge dieser Klasse mit Dieselmotor innermotorische Optimierungsmaßnahmen erfordern. Die damit geltenden Grenzwerte sind seit 1993 EG-weit Pflicht. Zu dem von der EG-Kommission am 20. Januar 1993 vorgelegten Vorschlag über eine weitere Absenkung der Schadstoffgrenzwerte ab 1996 hat der Umweltministerrat am 2. Dezember 1993 den gemeinsamen Standpunkt verabschiedet. Eine dritte Stufe befindet sich derzeit in der fachlichen Beratung der Sachverständigen-

sowie

- Richtlinie 88/77/EWG über Maßnahmen gegen die Emission gasförmiger Schadstoffe aus Nutzfahrzeug-Dieselmotoren zum Antrieb von Fahrzeugen (geändert durch RL 91/542/EWG vom 1. Oktober 1991) wodurch auch bei Lastkraftwagen und Bussen in der EG deutliche Verschärfungen der Abgasnormen erreicht wurden. Die erste Stufe trat am 1. Oktober 1993 in Kraft; am 1. Oktober 1996 wird die zweite Stufe in Kraft treten. Insgesamt werden durch die Verschärfungen die Schadstoffemissionen gegenüber der bis zum 30. September 1993 gültigen Regelungen mehr als halbiert. Eine dritte Stufe ist für 1999 vorgesehen.

Für Motorräder und Mopeds hat die Kommission am 30. November 1993 einen Vorschlag vorgelegt.

Weiterhin sollen auch die Potentiale einer verbesserten Kraftstoffqualität zur Emissionsminderung genutzt werden. Im Herbst vergangenen Jahres hat sich die Bundesregierung mit einem entsprechenden Memorandum an die EG gewandt. Nach der Entschließung des Umweltrates vom 2. Dezember 1993 zu den Abgasgrenzwerten wurde die EG-Kommission verpflichtet, bis Ende 1994 entsprechende Vorschläge vorzulegen.

Darüber hinaus hat die Kommission der Europäischen Gemeinschaften am 5. Oktober 1993 im Umweltrat ihren Vorschlag für eine Richtlinie über die integrierte Vermeidung der Umweltver-

schmutzung (IVU-Richtlinie) vorgestellt. Der Kommissionsvorschlag enthält Regelungen über Maßnahmen und Genehmigungsverfahren zur Vermeidung oder Verminderung der Umweltverschmutzung. Erfasst werden direkte oder indirekte Einleitungen von Stoffen, Wärme u. a. aus bestimmten Industrieanlagen mit hohem Verschmutzungspotential in Luft, Wasser und Boden. Die Bundesregierung begrüßt das Ziel des Richtlinienvorschlags, durch ein Konzept der integrierten Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung einen wirkungsvollen Schutz der Umwelt als Ganzes „auf hohem Niveau“ für die EU zu erreichen. Sie hält allerdings eine grundsätzliche Überarbeitung des Richtlinienvorschlags für erforderlich, da eine EG-weite Harmonisierung des Anlagenzulassungsrechts auf hohem Schutzniveau (Artikel 130r Abs. 2 EG-Vertrag) nämlich nach Auffassung der Bundesregierung abzielen muß auf

- die Einhaltung von Emissionsgrenzwerten auf Basis der besten verfügbaren Techniken und
- die Einhaltung der verbindlichen Umweltqualitätsnormen.

Um in der Gemeinschaft einen effektiven Schutz der Umwelt zu erreichen, sollte in die IVU-Richtlinie eine Bestimmung aufgenommen werden, durch die die Kommission zur Vorlage von Vorschlägen über einheitliche Emissionsgrenzwerte auf Grundlage der besten verfügbaren Techniken verpflichtet wird, über die der Rat zu entscheiden hat.

Weitere Maßnahmen und Zielvorgaben gegen das Fortschreiten der Übersäuerung enthält das 5. EG-Aktionsprogramm „für eine dauerhafte und umweltgerechte Entwicklung“ [Kom (92) 23 Vol. II] vom 3. April 1992, das von der Kommission vorgelegt wurde und dessen allgemeines Konzept und Strategie der Rat gebilligt hat.

Im Rahmen der Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (ECE) wurden folgende Maßnahmen zur Reduzierung der Schadstoffemissionen durchgeführt bzw. sind in Vorbereitung:

#### Schwefelprotokoll

Entsprechend den Bestimmungen des Schwefelprotokolls (Helsinki-Protokoll) von 1985 wurde bis 1993 in der Mehrzahl der ECE-Staaten eine Verminderung der SO<sub>2</sub>-Emissionen um mehr als 30 %, gegenüber dem Stand von 1980, erreicht. In der Bundesrepublik Deutschland wurde dieses Ziel bereits 1990 mit mehr als 70 % weit übertroffen.

Ein zweites Schwefelprotokoll ist derzeit in Vorbereitung und soll nach Abschluß der Verhandlungen noch im ersten Halbjahr 1994 gezeichnet werden. Es sieht u. a. vor:

- die weitere verbindliche Reduzierung der jährlichen Schwefel-emissionen,
- verbindliche Grenzwerte für den Schwefelgehalt von leichtem Heizöl

und

- verbindliche Emissionsgrenzwerte für neue Anlagen, die sich an der EG-Richtlinie über Großfeuerungsanlagen orientieren sowie Regelungen zur Emissionsbegrenzung bei bestehenden Anlagen.

Der Protokollentwurf basiert wesentlich auf dem Critical Loads/ Levels Konzept (siehe Antwort zu Frage 2). Die wissenschaftlich fundierte Festlegung von Critical Loads auf internationaler Ebene bietet die Chance, den aktuellen Stand der Wirkungsforschung zugrunde zu legen. Die Ermittlung von Critical Loads (kritische Depositionsraten) berücksichtigt Anreicherungsprozesse in den betrachteten Ökosystemen bzw. Rezeptoren (Wälder, Oberflächengewässer, Grundwasser).

#### Stickstoff-Protokoll und Deklaration zur Begrenzung der Stickstoff-Emissionen

Das im Jahr 1988 in Sofia gezeichnete Protokoll über die Bekämpfung der Emissionen an Stickstoffoxiden enthält die völkerrechtliche Verpflichtung, die jährlichen nationalen Stickstoffoxid-Emissionen oder deren grenzüberschreitenden Fluß bis 1994 auf den Stand von 1987 zurückzuführen. Nach Auffassung der Bundesregierung macht die vorhandene Umweltsituation über das Protokoll hinausgehend eine effektive Reduzierung der Gesamtemissionen an Stickstoffoxid erforderlich. Deshalb haben parallel zu der Unterzeichnung des Protokolls in Sofia die Umweltminister von 12 europäischen Staaten, darunter Deutschland, eine „Deklaration zur Luftreinhaltung“ unterzeichnet. Sie verpflichten sich darin, ihre jährlichen nationalen Stickstoffoxid-Emissionen bis spätestens 1998 um 30 % zu reduzieren, und zwar gegenüber den Emissionen eines Jahres zwischen 1980 und 1985. Die Bundesrepublik Deutschland wird dieses Ziel nach heutigem Kenntnisstand erreichen.

Bezüglich dieser und weiterer Maßnahmen wird auch auf den Fünften Immissionsschutzbericht der Bundesregierung an den Deutschen Bundestag verwiesen (siehe auch Antwort zu Frage 5).

10. Welche Maßnahmen müßten im Bodenschutzgesetz und Wasserhaushaltsgesetz geregelt werden, um die Ursachen der Versauerung und ihre Folgen wirksamer zu bekämpfen?

Zweck des im Entwurf vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit zur Ressortabstimmung vorgelegten Bundes-Bodenschutzgesetzes ist es, den Boden vor schädlichen Verunreinigungen zu schützen. Zu den geschützten Funktionen des Bodens gehören seine natürlichen Filter- und Puffer-eigenschaften. Damit umfaßt der Schutzbereich des Gesetzentwurfs auch Maßnahmen zur Abwehr der Bodenversauerung und damit mittelbar auch zur Abwehr der Versauerung des Grundwassers. Soweit durch den direkten Eintrag von Säurebildnern schädliche Bodenveränderungen hervorgerufen werden, sind diese zu unterlassen. Die Regelung des mittelbaren Eintrags über

den Luftpfad soll auch in Zukunft im Bundes-Immissionsschutzgesetz geregelt bleiben. Der Gesetzentwurf verzahnt die Vorschriften des Bundes-Bodenschutzgesetzes mit den Vorschriften des Bundes-Immissionsschutzgesetzes und stellt so sicher, daß nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz entsprechende emissionsbegrenzende Anforderungen an Anlagen festgelegt werden, wenn nach den Maßstäben des Bundes-Bodenschutzgesetzes aufgrund des Eintrags von Säurebildnern schädliche Bodenveränderungen drohen. In Rechtsverordnungen aufgrund des Bundes-Bodenschutzgesetzes soll durch verbindliche Bodenwerte der Zentralbegriff der schädlichen Bodenveränderung konkretisiert werden.

Mit dem geltenden Wasserhaushaltsgesetz steht ein umfassender rechtlicher Rahmen zur Verfügung, um eine Verunreinigung des Wassers oder eine sonstige nachteilige Veränderung seiner Eigenschaften zu verhüten. Über die im Bodenschutz geplanten Regelungen hinaus sind zusätzliche wasserrechtliche Vorschriften nicht erforderlich.

11. Welche Maßnahmen werden bei der Revision der EG-Grundwasser-Richtlinie seitens der EG-Kommission und der Bundesregierung vorgesehen, um einer Versauerung des Grundwassers entgegenzuwirken?

Im Rahmen des Grundwasserseminars der Umweltminister der Europäischen Union vom November 1991 wurde vereinbart, ein Grundwasseraktionsprogramm zu entwickeln. Das Programm umfaßt 22 Maßnahmen, darunter auch „die schrittweise Verringerung der sauren Niederschläge in der Gemeinschaft, um eine Übersäuerung des Grundwassers zu verhindern“. Weiterhin wurde beschlossen, die Grundwasserrichtlinie zu überarbeiten und den Grundwasserschutz in künftigen Umweltschutzrichtlinien zu berücksichtigen. Die Kommission hat den Auftrag, das Aktionsprogramm zu konkretisieren und entsprechende Vorschläge zu erarbeiten. Dazu haben im Dezember des vergangenen Jahres erste Orientierungsgespräche zwischen Kommission und Mitgliedstaaten stattgefunden; die Arbeiten werden im Laufe des Jahres fortgesetzt. Inhalt der weiteren Verhandlungen wird es unter anderem sein, Art und Umfang einer Revision der Grundwasserrichtlinie festzulegen. Seitens der Kommission wurden noch keine konkreten Vorschläge unterbreitet.

Die Bundesregierung vertritt die Auffassung, daß Maßnahmen zur Bekämpfung der Ursachen der Grundwasserversauerung den einschlägigen Richtlinien zur Luftreinhaltung vorbehalten bleiben müssen (siehe Antwort zu Frage 9).

Eine Aufnahme entsprechender Regelungen in die Novelle der Grundwasserrichtlinie wird nicht für zweckmäßig und sinnvoll erachtet.

12. Welche Forschungsergebnisse liegen über die ökosystemaren Auswirkungen des sauren Regens, der Bodenversauerung und der Versauerung des Grundwassers und der Oberflächengewässer vor, und sind diese Forschungsergebnisse über Schädigungen der natürlichen Lebensgemeinschaften im Boden und in den Gewässern der betroffenen Ökosysteme ausreichend und genügend gesichert oder besteht weiterer Forschungsbedarf?

Ein wesentliches Ergebnis der Waldschadens-/Waldökosystemforschung war die Erkenntnis, daß die Schädwirkungen des „Sauren Regens“ – eine Folge erhöhter Schwefeldioxid- und Stickoxidkonzentrationen in der Luft – zum großen Teil über Veränderungen im Boden erfolgen. Die wesentliche Wirkung der Säureeinträge ist neben der langfristigen Versauerung der Böden, der Quellwässer und des Grundwassers die verstärkte Auswaschung von Nährstoffen wie Kalzium, Magnesium und Kalium sowie die Freisetzung von Metallen und Schwermetallen wie Aluminium, Cadmium oder Zink. Die langfristige Akkumulation von Säuren hat über Jahre die Böden nachhaltig verändert; insbesondere die Pufferkapazität ist an vielen Standorten gegenüber weiteren Säureeinträgen erschöpft. Während der letzten 30 Jahre ist es zu einer merklichen Versauerung der Waldböden gekommen, deren Ausmaß jeweils von den Standortbedingungen, dem Schadstoffeintrag und der Bewirtschaftung abhängt. Die durch Veränderung des Bodenchemismus als Folge der Bodenversauerung ausgelöste Auswaschung von Nährstoffen (im Experiment nachgewiesen) führt zu Nährstoffmangelsymptomen (vergilbte Nadeln), die vielerorts (höhere Lagen der Mittelgebirge) beobachtet werden. Gezielte Düngung kann hier vielfach die akuten Ernährungsstörungen mildern. Das Gesamtproblem wird dadurch jedoch nicht gelöst.

Die Bodenversauerung beeinflusst nicht nur den Bodenchemismus, sondern hat auch biotische Auswirkungen auf das Ökosystem. So findet man z. B. Anzeichen für eine Veränderung der Wurzeltiefe. In geschädigten Beständen findet man den größten Teil der Feinwurzeln in der Streuauflage, wo sich die Säure weniger bemerkbar macht als im tieferen Mineralboden. Bäume, die auf diese Weise ein flaches Wurzelsystem ausbilden, sind anfälliger gegen Trockenheit und Wind.

Aus weiteren Untersuchungen geht hervor, daß allgemein die Pilzflora in Waldbeständen durch die Versauerungsprozesse geschädigt wird. Betroffen sind ebenfalls die in Wurzelsymbiose (Mykorrhiza) mit den Waldbäumen lebenden Pilzarten, was zu Ernährungsstörungen bei den Bäumen führen kann.

Einen starken Einfluß übt der Säurestreß auch auf die übrige Bodenvegetation aus. Es kommt zu Verschiebungen im Artenspektrum.

Durch Dominanz verschiedener Pflanzenarten – z. B. Gräser – kann die Waldentwicklung gestört werden.

Wie Pflanzen, so zeigen auch viele Bodentiergruppen eine deutliche Abhängigkeit von Bodenfaktoren und von der Bodenvegetation. Das Bild der Bodentiergesellschaften verschiebt sich mit zunehmender Säurebelastung bis hin zur Verdrängung von Arten.



Nach dem starken Rückgang der Schwefeldioxidemissionen aufgrund der strenger gewordenen Umweltgesetzgebung rückte die Stickstoffproblematik in den Mittelpunkt des Interesses. Durch überhöhten Stickstoffeintrag (hauptsächlich aus Landwirtschaft und Verkehr) in die Waldökosysteme wird die Bodenversauerung durch Nitratbildung ebenfalls beschleunigt, und es kommt zu erhöhten Nährstoffverlusten sowie zur Freisetzung von Schwermetallen und Aluminium. Andererseits wirkt der eingetragene Stickstoff auf N-unterversorgten Standorten als Dünger und fördert zunächst das Wachstum der Pflanzen. Anhaltende Stickstoffeinträge führen jedoch auf mit anderen Nährstoffen schwach versorgten Standorten zu Nährstoffungleichgewichten, denn für das verstärkte Wachstum werden neben Stickstoff auch vermehrt andere Nährstoffe (Ca, Mg, K) benötigt. Da diese aber auf nährstoffarmen Böden – und dies kennzeichnet die Mehrzahl der Waldstandorte – nicht in der erforderlichen Menge nachgeliefert werden, können Nährstoffungleichgewichte bis hin zu akuten Ernährungsstörungen entstehen. Wo die Aufnahmefähigkeit des Waldes für Stickstoffeinträge überschritten wird, kann der überflüssige Stickstoff als Nitrat ausgewaschen werden und gelangt schließlich in das Grundwasser. Das Zuviel an Stickstoff kann aber auch in Form von Lachgas in die Atmosphäre abgegeben werden, wo es zum Treibhauseffekt und zum Abbau der Ozonschicht beiträgt.

Die Waldschadensforschung hat gezeigt, daß den Schadstoffdepositionen eine besondere Bedeutung zukommt. Allerdings geht das Phänomen der neuartigen Waldschäden – neben den anthropogen verursachten Luftverunreinigungen – auf eine Vielzahl von biotischen und abiotischen Faktoren zurück. Während die Wirkung von Schadgasen im allgemeinen sofort abklingt, wenn deren Konzentrationen – z. B. aufgrund gesetzgeberischer Maßnahmen – verringert werden, handelt es sich beim unterirdischen Wirkungspfad um einen kumulativen Effekt: Die Schadstoffe reichern sich im Boden im Laufe der Jahre an und führen zu Veränderungen der Stoffgehalte, der Puffer- und Sorptionsfähigkeit sowie der biologischen Eigenschaften der Böden, die lange nachwirken und teilweise irreversibel sind. Auch wenn die Deposition von weiteren Schadstoffen umgehend eingeschränkt wird, bleibt die Wirkung der bereits eingetragenen noch längere Zeit erhalten.

Im Hinblick auf die ökosystemaren Auswirkungen des sauren Regens auf die Gewässer wird auf die Antworten zu Fragen 2 und 4 verwiesen. Die Ausführungen beruhen auf den Ergebnissen entsprechender Forschungsvorhaben.

Ergänzend wird auf eine vom Bundesministerium für Forschung und Technologie geförderte Fallstudie eingegangen.

Nach Untersuchungen im Westharz wurde festgestellt, daß dort die Versauerung von Böden und Grundwasser, verbunden mit der Auswaschung von Aluminium und Schwermetallen, eindeutig auf Immissionen aus der Luft zurückzuführen ist. Der Ferntransport von Schadstoffen gefährdet dort und in vergleichbaren Mittelgebirgslagen zusammen mit dem sauren Regen die Trinkwasserqualität.

Von der Versauerung im Boden und Grundwasser sind die natürlichen Lebensgemeinschaften signifikant betroffen. Die Eier von Fischen und die Insektenlarven als Futter für Jungfische sind stark säureempfindlich. In sauren Oberläufen der Gewässer im Harz fehlen Fische vollständig. Die Gesamtzahlen aller Arten nimmt in den untersuchten Bachläufen bachaufwärts auf ca. ein Drittel ab. Ferner konnte gezeigt werden, daß mit steigender Versauerung die aquatischen Tiergesellschaften artenärmer und monotoner strukturiert werden.

Die vielfältigen Forschungsaktivitäten des Bundes und der Länder auf diesem Gebiet zeigen, daß im Grundsatz die Versauerungsmechanismen als bekannt gelten können. Man steht aber erst am Anfang des Verständnisses dieser komplexen Prozesse, und es sind weitere Forschungsanstrengungen notwendig, um derartige Entwicklungen besser verstehen und quantifizieren zu können. Da diese Vorgänge nur bei bestimmten äußeren Bedingungen ablaufen, ist es wichtig, neben der genauen Kenntnis der an den Stoffumwandlungen beteiligten Reaktionen auch die entsprechenden Bedingungen zu kennen, die diese Reaktionen auslösen, um dann gezielt Gegenmaßnahmen einleiten zu können. So sind z. B. Forschungsaktivitäten insbesondere über den zeitlichen und räumlichen Verlauf der Versauerungsprozesse im Boden und Grundwasser (Langzeitbeobachtung), über die zum Teil irreversiblen Auswirkungen im Boden (Degradation, Tonmineralzersetzung und Bildung amorpher Silikate) und bei der Weiterentwicklung des Critical Load und Critical Level-Konzeptes erforderlich. Ferner sollten die Bedeutung des Mangengehaltes als Versauerungsindikator und der Einfluß der Versauerung auf die Lachgasbildung in Waldböden präziser erforscht werden.

Ein zukünftiger Forschungsbedarf ist aber nicht nur im Bereich von Einzelfallstudien zu suchen, sondern auch in der Auswertung und Kombination bekannter Fakten. In Anlehnung an Frage 1 der Anfrage ist hierbei der Übergang von lokalen zu regionalen Aussagen anzustreben.

Daneben sind weitere Forschungsaktivitäten im Bereich kurzfristig wirkender Kompensationsmaßnahmen z. B. zum Schutz gefährdeter Trinkwassereinzugsgebiete erforderlich.

13. Wie kann eine Bestandsaufnahme der Bodenversauerung und der Schädigung der Flora und Fauna in Gewässern sichergestellt werden?

Zur Erfassung des Bodenzustands von Waldböden, die vorrangig vom Problem der Bodenversauerung betroffen sind, wird von den Ländern mit fachlicher Koordinierung durch das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten eine „Bundesweite Bodenzustandserhebung im Walde (BZE Wald)“ durchgeführt. Zu den Merkmalen, die zur Kennzeichnung des Bodenzustandes und Stoffhaushaltes der Waldböden erfaßt wurden, gehören neben dem pH-Wert weitere die Bodenversauerung kennzeichnende physiko-chemische Parameter.

Das Umweltbundesamt fördert derzeit ein FuE-Vorhaben: „Ausmaß und ökologische Gefahren der Versauerung von Böden und Wald“. Ziel dieses Vorhabens ist die Zusammenstellung von Daten zur Bodenversauerung und die Erarbeitung von Prognosen zum weiteren Verlauf dieses Prozesses sowie die genaue Charakterisierung der versauerungsbedingten Bodendegradierung und des hierzu noch bestehenden Forschungsbedarfs.

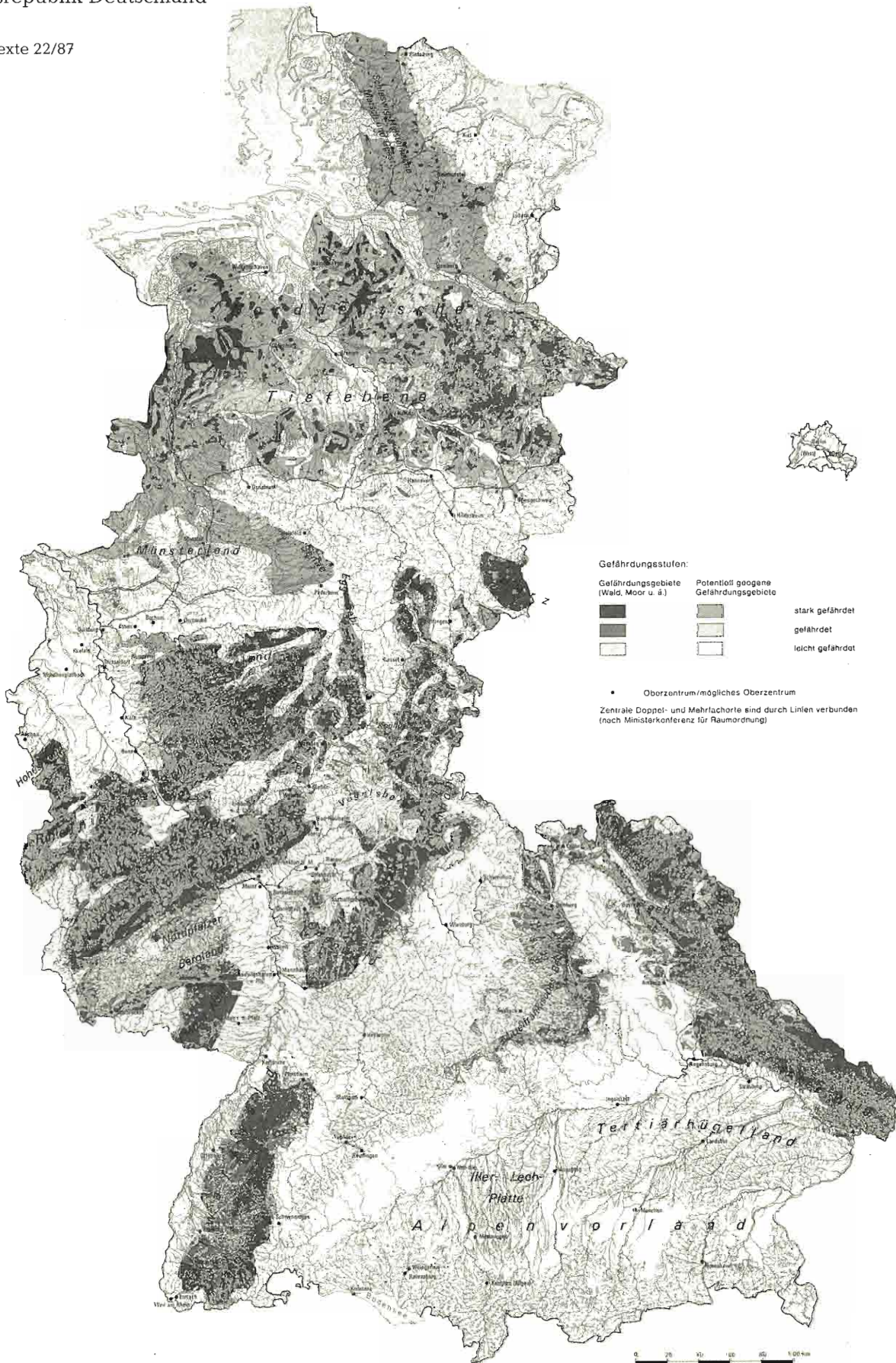
Innerhalb der internationalen Programme im Rahmen der ECE zur Feststellung und Beurteilung der Versauerung von Oberflächengewässern werden neben der Erfassung chemisch-physikalischer Parameter auch biologische Untersuchungen durchgeführt, um die Auswirkungen der Versauerung auf die Flora und Fauna in den untersuchten Gewässern zu dokumentieren.

Die laufende Beobachtung und Dokumentation von Veränderungen der Ökosysteme ist Aufgabe der Länder. In unterschiedlichem Umfang haben die Länder die bestehenden Meßnetze zur Erfassung von Luft-, Gewässer- und Bodenbelastungen bereits in Umweltinformationssystemen verknüpft, mit denen auch die Prozesse der Boden- und Gewässerversauerung weiter verfolgt und Fragen der Auswirkungen geklärt werden können. Unter anderem ist dies eine Aufgabe der Bodeninformationssysteme, die mit fachlicher Abstimmung zwischen Bund und Ländern zur Zeit aufgebaut werden. Im Rahmen des Bodeninformationssystems werden von den Ländern Dauerbeobachtungsflächen und zum Teil auch Bodenkataster eingerichtet. Verschiedene Länder haben dafür die rechtlichen Grundlagen geschaffen bzw. bereiten diese vor. Die Übermittlung bodenschutzrelevanter Informationen von den Ländern an den Bund, zu denen insbesondere auch Angaben zu Ausmaß und Entwicklung der Bodenversauerung gehören, soll im Rahmen des geplanten Bundes-Bodenschutzgesetzes geregelt werden.

Anlage 1

Zur Gewässerversauerung neigende Gebiete  
in der Bundesrepublik Deutschland

Quelle: UBA – Texte 22/87



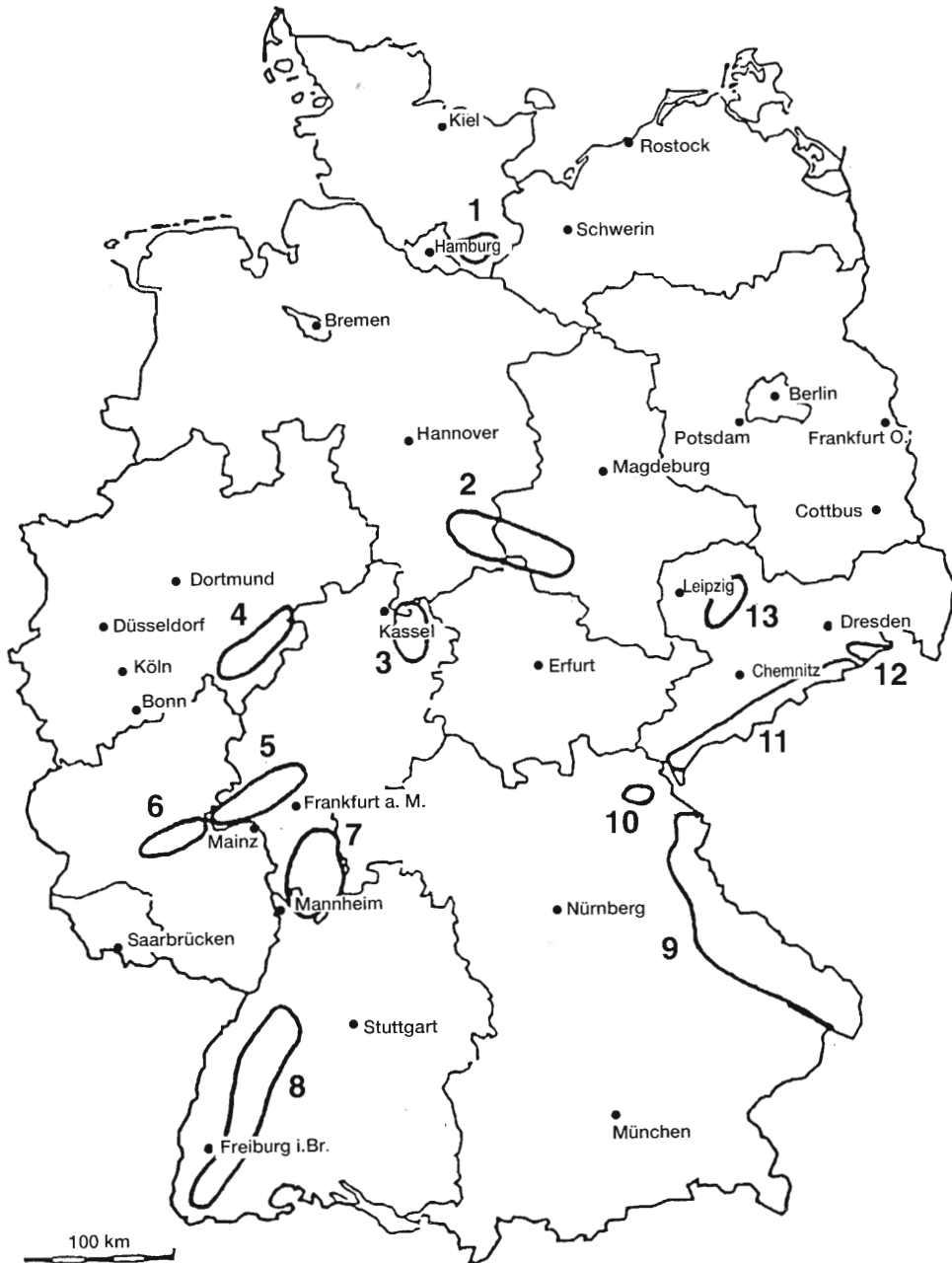


Abb. 1: Monitoringprogramm für versauerte Oberflächengewässer in Deutschland (1: Lauenburger Seenplatte, 2: Harz, 3: Kaufunger Wald, 4: Rothaargebirge, 5: Taunus, 6: Hunsrück, 7: Odenwald, 8: Schwarzwald, 9: Ostbayerisches Grundgebirge, 10: Fichtelgebirge, 11: Erzgebirge, 12: Elbsandsteingebirge, 13: Sächsische Tieflandsbucht)

**Anlage 3****BGA: Einsatzgrenzen für Werkstoffe in der Hausinstallation von Trinkwasserleitungen beachten**

Das Bundesgesundheitsamt weist darauf hin, daß bei Neuinstallationen oder dem Austausch bestehender Trinkwasserinstallationen die Voraussetzungen für den Einsatz des vorgesehenen Werkstoffs durch eine Bewertung der Wasseranalyse sicher festgestellt worden sein müssen. Die Verbraucher werden dringend ersucht, sich beim zugelassenen Fachinstallateur, beim Wasserversorgungsunternehmen oder beim Gesundheitsamt zu informieren, ob die Voraussetzungen für die Verwendung des vorgesehenen Werkstoffs unter Beachtung des technischen Regelwerks (DIN 50 930) erfüllt sind.

Bereits im März 1988 hatte das Bundesgesundheitsamt in einer Pressemitteilung das öffentliche Gesundheitswesen und die Öffentlichkeit über eine vermutlich seltene Form frühkindlicher Leberzirrhose unterrichtet. Die Familien, in denen die Erkrankung mit teilweise tödlichem Ausgang auftrat, hatten Säuglingsnahrung mit Wasser aus Kupferleitungen zubereitet, wobei in allen Fällen pH-Werte deutlich unter 6,5 vorlagen, das Wasser also sauer war, und damit nicht der Trinkwasserverordnung genügte.

Das für die Zubereitung der Säuglingsnahrung verwendete Wasser war in fast allen Fällen stark kupferhaltig. Die hohen Kupfergehalte waren auf Korrosion der Trinkwasserinstallation aus Kupferrohren zurückzuführen. Der bisher letzte Erkrankungsfall dieser Art mit tödlichem Ausgang ist 1992 in Sachsen bekanntgeworden. Das Wasser für die Zubereitung der Säuglingsnahrung wurde regelmäßig einem Heißwasserboiler aus Kupfer entnommen, der an eine Einzelwasserversorgung angeschlossen war. Spätere Untersuchungen ergaben, daß das Wasser aus dieser Versorgung einen inakzeptablen pH-Wert von 4,4 aufwies und im Boiler Kupferkonzentrationen von 11 mg/l erreicht wurden.

Insbesondere bei Hausbrunnen für die Wasserversorgung, aber auch bei einem Teil der zentralen Wasserversorgungen sind extrem saure pH-Werte festgestellt worden.

Das Bundesgesundheitsamt weist erneut, wie zuletzt in einer Presseerklärung vom April 1990, auf die Notwendigkeit hin, den pH-Wert von Wasser, das als Trinkwasser verwendet wird, in allen Fällen mit geeigneten Aufbereitungsmaßnahmen (Belüftung, Filtration über Calciumcarbonat) zumindest über den Wert von 6,5 anzuheben. Dafür stehen schnell einsetzbare und kostengünstige Verfahren als Notmaßnahmen zur Verfügung. Im Rahmen der Sanierung von Aufbereitungsanlagen ist der pH-Wert weiter anzuheben, bis die Anforderungen der Trinkwasserverordnung eingehalten werden...

Weiterhin weist das Bundesgesundheitsamt darauf hin, daß die Einsatzgrenzen der Werkstoffe für die Hausinstallation aus dem technischen Regelwerk (DIN 50 930) zu beachten sind. Für Kupfer gilt der Wert der Basekapazität bis pH 8,2 von 1 mol/m<sup>3</sup> als Einsatzgrenze. Dieser Wert darf in der Wasseranalyse nicht über-

schritten sein, damit der Einsatz von Kupfer vertretbar ist. Entsprechend gilt für verzinktes Stahlrohr der Wert der Basekapazität bis pH 8,2 von  $0,5 \text{ mol/m}^3$  als Einsatzgrenze.

Nach abschließender Beratung in der Trinkwasserkommission des Bundesgesundheitsamtes wird in Kürze eine fachlich detaillierte Empfehlung des Amtes zur Frage des pH-Wertes im Trinkwasser herausgegeben.

