

drucken »

---

## **Grund- und Trinkwasser**

**Originalbeitrag von Prof. Dr. Richard Pott,  
Institut für Gebotank Hannover  
(Juli 2004)**

### **Zusammenfassende Stellungnahme**

*Ohne Wasser wäre kein Leben auf der Erde entstanden und unser Planet wäre eine unbelebte Wüste. Wasser ist die Grundlage für eine hohe Biodiversität auf der Erde. Wasser ist auch ein essentielles Nahrungsmittel, das täglich getrunken werden muss. Wasser ist sowohl außerhalb, als auch innerhalb der Organismen die Voraussetzung für alle Prozesse des Lebens. Pflanzen und Tiere – und auch der Mensch – bestehen zu 50 bis 80 Prozent aus Wasser. Also: Ohne Wasser in ausreichender Menge und Qualität gibt es keine gesunde Zukunft.*

*Nur 0,77 Prozent des Wasservorkommens auf der Erde liegen als flüssiges Süßwasser vor, das weltweit extrem ungleichmäßig verteilt ist. Wir in Mitteleuropa besitzen noch Süßwasser im Überfluss und verbrauchen am Tag pro Person etwa 150 Liter davon. Bei uns entfällt auch der weltweit höchste Wasserverbrauch mit rund 75 Prozent auf die Landwirtschaft: 17 Millionen Hektar landwirtschaftliche Nutzfläche in Deutschland werden dazu gedüngt und all zu oft überdüngt. Dabei spielt die Gülleverregnung vor allem auf den Sandböden Nordwesteuropas eine besonders schlimme Rolle: Damit werden die natürlichen Bodenökosysteme dauerhaft mit Stickstoff überfrachtet und geschädigt. Diese Nitratüberlastung wird zudem mit EU-Subventionen gefördert – ein Irrsinn, den unsere Kinder und Enkel bezahlen werden. Die anhaltende und nachhaltige Verseuchung des so wichtigen sauberen Grundwassers ist die Konsequenz davon. Nur wegen eines kurzfristigen finanziellen Profits werden – mit offizieller Genehmigung des Gesetzgebers – rücksichtslos unsere wichtigen Naturgüter und insbesondere das Wasser beschädigt und zerstört.*

*Wir dürfen dieses Erbe der Natur, das der gesamten Menschheit gehört, nicht kampfflos einer Politik mit ihren bürgerlichen Handlangern überlassen, für die eine nachhaltige Natur keine Rolle spielt.*

### **Einleitung**

Können wir unser Wasser bedenkenlos trinken oder gibt es Rückstände aus der Wasseraufbereitung? Welche neuen Verbindungen entstehen aus ihnen, wie lassen sie sich messen; sind diese Stoffe giftig für Menschen, Tiere und die Umwelt selbst? Ist es nötig Grenzwerte festzulegen; und wenn ja: wie lassen sich schädliche Substanzen aus dem Wasser entfernen? Das Thema ist brisant und die Forschung über Vorkommen und Wechselwirkungen von Schadstoffen in unseren Gewässern beginnt gerade erst.

In über 6000 Wasserwerken wird in Deutschland das Lebenselixier Wasser gewonnen, aufbereitet und als Trinkwasser verkauft, das der Richtlinie 80/778/EWG über die „Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch“ entspricht. Das meiste Trinkwasser wird aus Grundwasser gewonnen. Seit Jahrzehnten wir immer wieder über eine zunehmende Verunreinigung des Grundwassers durch Nitrat berichtet. Steigende Nitratgehalte im Grundwasser beeinträchtigen deshalb unmittelbar die Wasserversorgung. Wasserversorgungsunternehmen mußten mit

- dem Abschalten belasteter Brunnen oder einzelner Wasserwerke,
- dem Verlagern der Wassergewinnung in tiefere, weniger belastete Grundwasserstockwerke,
- dem Verschneiden von belastetem und weniger belastetem Rohwasser und
- dem verstärkten Einsatz von Wasseraufbereitungsanlagen

auf die teilweise Verschlechterung der Rohwasserbeschaffenheit reagieren, um die Einhaltung des Grenzwertes der Trinkwasserverordnung für Nitrat von 50 mg/l NO<sub>3</sub> zu gewährleisten.

Die Nitratbelastung von Gewässern ist seit Mitte des zwanzigsten Jahrhunderts weltweit ein ernsthaftes Problem geworden. In Europa ist sie einer der Hauptgründe, dass viele Grundwässer die Forderung der EU-Wasserrahmenrichtlinie nach „guter Wasserqualität“ nicht erfüllen.

Verantwortlich dafür ist vor allem die intensive Landwirtschaft. Daneben stammt ein erheblicher Nitratanteil auch aus industriellen (Produktion von Düngemitteln, Sprengstoffen, Pestiziden und Pharmazeutika) und häuslichen Abwässern. Sehr hohe Nitratgehalte im Trinkwasser können zu gesundheitlichen Schäden führen. Daneben ist Nitrat ein Nährstoff für Bakterien und Pflanzen und trägt bei Exfiltration von Grundwasser in ein Oberflächengewässer zur dessen Eutrophierung bei.

Der Regen fällt hier reichlich und relativ regelmäßig und macht Deutschland zu einem der süßwasserreichsten Länder der Erde. 182 Milliarden Kubikmeter Wasser stehen jedes Jahr zur Verfügung.

Genutzt wird von diesem Reichtum nur rund ein Viertel. Die Haushalte verbrauchen sogar nur ein Zehntel dessen, was allein an Grundwasser in jedem Jahr durch Versickerung neu gebildet wird. Dennoch fehlt es auch bei uns nicht an Appellen, Trinkwasser zu sparen. Alles Unsinn?

Nicht ganz. Denn entscheidend für die Wasserversorgung ist nicht allein die Wassermenge, sondern auch ihre Qualität: Im Gegensatz zu fossilen Brennstoffen, die sich bei ihrer Verbrennung buchstäblich in Luft, genauer gesagt in Kohlendioxid, auflösen, wird Wasser auch nach einer Nutzung nicht weniger, es bleibt noch Wasser - wenn auch mit reichlich un-lieblichen Zusätzen befrachtet. Und genau darin könnte in Zukunft auch in Deutschland ein Problem liegen.

Schon jetzt werden weltweit an jedem Tag zwei Millionen Tonnen Schadstoffe in Flüsse und Seen eingeleitet, unter ihnen Chemikalien aus der Industrie, Fäkalien, Pestizide und Dünger aus der Landwirtschaft. Insgesamt rechnet die UNO mit einer globalen Abwassermenge von rund 1.500 Kubikkilometern pro Tag. Da ein Liter dieser Brühe ausreicht, um acht Liter Süßwasser unbrauchbar zu machen, gehen täglich sogar mindestens 12.000 Kubikkilometer für die Trinkwasserversorgung verloren.

## 1. Was ist falsch an der Düngung mit Gülle?

Nach der Urheimischen Philosophie kann niemals etwas nutzbringend sein, wenn es unsere natürliche Umgebung nachhaltig schädigt. Das betrifft unsere Luft, den Boden und das Wasser, das wir täglich benötigen. Die Qualität unserer Anbaufrüchte und des Gemüses ist weit höher ohne die Rückstände aus Massentierhaltung, die mit Gülle aufs Feld kommen, wie Chemikalien, Stickstoffverbindungen, Antibiotika und Krankheitserreger. Die ausgebrachte Gülle erstickt im Boden zuerst die wichtigen Kleinlebewesen und Bodentiere, dann dringt sie in das Grundwasser ein und belastet dieses mit erhöhten Nitratwerten, die wiederum beim Menschen landen können. Früher, vor der massiven Gülleausbringung bis etwa 1950 erbrachten die Getreideernten bei uns in Deutschland etwa 2,5 bis 3 Tonnen pro Hektar. Heute sind etwa 10 Tonnen pro Hektar der Durchschnitt. Erreicht werden diese hohen Ertragssteigerungen durch Düngung der Felder mit Gülle, Kunst- und Mineraldünger, Pflanzenschutzmittel und Unkrautvernichtungsmitteln, Bioziden, Insektiziden und schließlich durch den vermehrten Ausbau von genmanipulierten Getreidesorten. Ähnliches gilt für die anderen Feldfrüchte wie Kartoffel, Raps und und letztendlich auch den Silomais. In Deutschland sind zur Zeit etwa 250 wirksame Pflanzenschutzmittel in knapp 950 verschiedenen Handelspräparaten zugelassen.

Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen zählen zu den Zentren intensiver Viehhaltung und Güllewirtschaft mit hohen potenziellen Ammoniak-Emissionen. Über die Indikatoren "Groß-vieh-Einheiten je Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche", "Maisanteil an den Anbauflächen" sowie "Ammoniak-Emission in kg/ha/a" wird auf der Basis aktuellster Agrarstrukturdaten kartographisch ein Gülle-Belt ausgesondert, der die nordwestlichen Verwaltungsbezirke Nordrhein-Westfalens und Süd-Niedersachsens umfasst.

Der Einfluss des Gülle-Belts auf die Deponate wird erstmals für den Teutoburger Wald durch mehrjährige Depositionsmessungen für den Zeitraum 1997-2000 wissenschaftlich dokumentiert. Ausdruck des agrogenen Einflusses sind ein ammoniumgeprägter Depositionstyp (NH<sub>4</sub>-Anteil am Gesamtsäureeintrag > 60 %), hohe Gesamtstickstoffeinträge von 29-33 kg N/ha/a sowie Ammonium-/Nitrat-Stickstoffverhältnisse im Waldniederschlag, die mit 1,7-2,3 über dem Schwellenwert für Massentierhaltung (NH<sub>4</sub>-N/NO<sub>3</sub>-N > 1,5) liegen.

Gülle entsteht bei der strohlosen Aufstallung der modernen Tierhaltung. Dabei fallen die Exkremente durch Gitterroste oder Bodenspalten in Vorratsgruben. In Deutschland fielen 1987 insgesamt 234,4 Mio t Mist an. Davon waren 39,1 Mio t Festmist und Jauche, 139,3 Mio t Gülle. Bei einer jährlichen Ausbringungsmenge von 50-100 m<sup>3</sup>/ha gelangen mindestens 200 kg reinen Stickstoffs auf 1 ha Fläche. Die Hälfte dieses Stickstoffs ist sofort für Pflanzen verfügbar, gut wasserlöslich und damit eine Gefahr für das Grundwasser.

Weil aber die Gülle-Ausbringung bei der heutigen intensiven Viehhaltung meist mehr eine Abfallbeseitigung als eine Düngung darstellt, gelangen zum Teil noch

größere Mengen auf den Acker. Jede über den Stickstoffbedarf der Kulturpflanze hinausgehende Düngung führt zur Auswaschung ins Grundwasser. Weitere Probleme der Gülle-Wirtschaft: Durch das Ausgasen von Ammoniak aus der Gülle kommt es zu Atemwegserkrankungen der damit arbeitenden Menschen. Zudem ist Ammoniak einer der Luftschadstoffe, die zum Waldsterben beitragen. An Schadstoffen enthält Gülle Phenole, Benzoate und organische Säuren. Gülle-Düngung kann zudem zu einer Verschiebung der Organismengruppen des Bodenlebens führen. Fütterungsbedingt kann Gülle-Düngung aus Schweinemastbetrieben eine Vergiftung des Bodens mit Kupfer zur Folge haben. Versuche, die Gülle-Problematik durch behördliche Regelungen (Gülle-Programm 1990 Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen) in den Griff zu bekommen, sind als nicht geglückt zu betrachten, da sie nicht die Ursachen verändern. Die Probleme der Gülle-Wirtschaft sind ganz eng mit denen der Massentierhaltung verbunden. Dieses Problembündel läßt sich nicht durch Maßnahmen wie verbesserte Ausbringungstechnik, mobile Trocknungsanlagen, Gülle-Transfer in andere Regionen, Gülle-Großlagerstätten usw. in den Griff bekommen.

Kein Tier weit und breit, nur Äcker voll kräftiger Pflanzen – der großflächige Maisanbau ist zum weithin sichtbaren Symbol der Intensivtierhaltung geworden. Denn Maisfelder, die täglich bis zu fünf Kilo Stickstoff pro Hektar schlucken, sind perfekte Mülldeponien für die überschüssige Gülle der intensiven Schweine- und Rindermast. Der Clou: Brüssel unterstützt den umweltbelastenden Maisanbau mit einer Prämie von etwa 300 Euro pro Jahr und Hektar. Der unsinnige Begünstigung von Silomais hatte zur Folge, dass seit 1992 die Anbaufläche in vielen Regionen um über 50 Prozent stieg. Heute wächst in Deutschland auf 1,2 Millionen Hektar Mais, einer Fläche fast so groß wie Schleswig-Holstein – gepäppelt mit insgesamt 400 Millionen Euro. Die teils riesigen Maismonokulturen haben Folgen für die Umwelt: Pestizid- und Nitratrückstände in Wasser und Boden, ein Rückgang der Artenvielfalt und eine verstärkte Bodenerosion, da die Felder im Winter brach liegen.

**Nitrat** ist im Boden sehr mobil, mit schwerwiegenden Folgen für das Grundwasser in Gebieten, in denen große Mengen an Stickstoffdünger aufgebracht werden. Alluviale und oberflächennahe Aquifere sind daher besonders anfällig für großflächige Einträge. Nitratkonzentrationen von 2 bis 10 mg/l gelten als Näherungswerte für die natürliche Konzentration; 10 mg/l ist auch der Grenzwert der amerikanischen Umweltbehörde EPA für Nitrat im Trinkwasser. In der EG-Trinkwasserrichtlinie 98/83/EG ist eine höchstzulässige Konzentration von 50 mg/l festgelegt, ein Wert, dessen Einhaltung auch die Weltgesundheitsorganisation (WHO) fordert. In einer vom EU-Umweltausschuss zitierten Untersuchung aus dem Jahr 1995 wird davon ausgegangen, dass dieser Grenzwert bei 22 % der landwirtschaftlichen Flächen Europas permanent überschritten wird. Die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) in Deutschland erstellte im Jahr 1995 einen Bericht über die Verteilung der Nitratgehalte im Grundwasser. Etwa 25 % der Messstellen wiesen deutlich erhöhte Nitratgehalte auf; Werte über 50 mg/l wurden häufig in Gebieten mit Sonderkulturen wie Wein-, Gemüse- und Obstanbau festgestellt. In Österreich waren im Beobachtungszeitraum 1995 bis 1997 in 16 % aller Messungen die Nitratkonzentrationen größer als 50 mg/l. Eine verringerte Ausbringung nitrathaltiger Stoffe gilt als die wichtigste Maßnahme, um die Nitratkonzentrationen im Grund- und Trinkwasser zu reduzieren. Weiter gilt es, das Netz an Wasserentsorgungseinrichtungen (Kläranlagen) zu verdichten und bereits bestehende Anlagen technisch auf den neuesten Stand zu bringen. Nitrat wird auf natürliche Weise wieder aus der Umwelt entfernt: Nitratreduzierende Bakterien sind ubiquitär verbreitet. Sie machen bis zu 15 % der Bakteriengemeinschaft in Böden, Wasser und Sedimenten aus. Ist eine geeignete Kohlenstoffquelle verfügbar, kann Nitrat im Grundwasser mikrobiell unter hypoxischen (geringe Sauerstoffkonzentration; < 1 mg/l O<sub>2</sub>) und anoxischen Bedingungen zu molekularem Stickstoff oder Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) reduziert werden. Aber auch dieser Prozess der Selbstreinigung setzt eine ausreichende Verfügbarkeit organischer Kohlenstoffquellen voraus, die bei verminderter biologischer Aktivität zum limitierenden Faktor im System Boden werden können.

## 2. Die Trinkwasserversorgung in Deutschland

Wie anfällig eine Region oder ein Land gegenüber Wassermangel oder Wasserverschmutzung ist, hängt in hohem Maße von der Herkunft seines Trinkwassers ab. Grundsätzlich kommen dabei zwei Hauptquellen in Frage: Das direkte Abzapfen von Oberflächenwasser aus Flüssen, Seen oder Talsperren und die Förderung von Grundwasser durch Brunnen oder aus Quellen.

Rund 70 % des für die Trinkwasserversorgung geförderten Wassers entstammt in Deutschland dem Grundwasser. Grundwasser entsteht - und dies gilt gleichermaßen für natürliche Mineralwässer - wenn Niederschläge in den Boden versickern. Da Wasser zugleich ein sehr gutes natürliches Lösungsmittel ist,

nimmt es bei seinem Weg durch den Boden - wo es sich schließlich als Grundwasser sammelt - zahlreiche natürliche Mineralstoffe aus den verschiedenen Gesteinen des Untergrundes aber auch weitere Substanzen auf, die im Zuge der Landbewirtschaftung durch den Menschen in den Wasserkreislauf eingebracht werden. Die Beschaffenheit des Grundwassers variiert daher im Bundesgebiet sehr stark aufgrund der vielfältigen geologischen Formationen. In Gebieten mit Kalk-, Gips- oder Dolomitschichten, wie sie z.B. auf der Schwäbischen Alb anzutreffen sind, entstehen deshalb harte Wässer, da die Minerale Calcium und Magnesium aus dem Boden und Gestein herausgelöst werden. Weiche Wässer mit niedrigen Calcium und Magnesiumgehalten treten in Gebieten mit Basalt, Sandstein oder Granit auf.

Die Grundwasservorräte werden in den niederschlagsreichen Zeiten im Jahresverlauf, also im Herbst und Winter wieder aufgefüllt. Dort wo das Grundwasser für die öffentliche Trinkwasserversorgung genutzt wird, können zum Schutz der Wasservorkommen Trinkwasserschutzgebiete eingerichtet werden. Sie stellen ein wichtiges Instrument zur Minimierung von Risiken in den sensiblen Einzugsgebiet von Trinkwasserressourcen dar, in dem Verbote, Gebote oder Genehmigungsvorbehalte für gefährliche Handlungen, Einrichtungen und Nutzungen ausgesprochen werden können.

Das Trinkwasser unterliegt in Deutschland strengen Qualitätsanforderungen, die seit 1980 einheitlich für Europa festgelegt werden. Danach dürfen im Trinkwasser keine Krankheitserreger enthalten sein, die die Gesundheit des Konsumenten beeinträchtigen können. Ferner muss es genusstauglich und rein sein. Die Trinkwasserqualität wird von den Wasserversorgungsunternehmen und Gesundheitsämtern streng überwacht.

In Deutschland sorgt vor allem die Landwirtschaft für Ärger: Pflanzenschutzmittel, Dünger und Gülle sickern in den Boden und gelangen so über kurz oder lang auch in das Grundwasser. Da sich dieses nur sehr langsam neu bildet und regeneriert, kann es dadurch über Jahre oder sogar Jahrhunderte hinaus verunreinigt werden. Als Trinkwasser ist es damit unter Umständen unbrauchbar geworden.

Insbesondere die Pflanzenschutzmittel erweisen sich dabei als tückisch: Einmal im Grundwasser angelangt, reagieren sie mit ihrer Umwelt und bilden neue chemische Verbindungen. Diese können noch giftiger oder langlebiger sein als die ursprünglichen Ausgangsprodukte und ihr Verhalten ist auch für Hydrogeologen nicht immer berechenbar. Auf diesem Gebiet steht die Forschung noch in ihren Anfängen.

Doch auch der Dünger hat es in sich: In Niedersachsen beispielsweise gelten trotz mittlerweile strengerer Auflagen rund 20 Prozent der gesamten Landesfläche als kritisch mit Nitrat belastet (>25 mg/l), weitere 40 Prozent sind gefährdet. Bei Kalium wurden bereits acht bis zehnfache Erhöhungen gemessen, in zwölf Prozent der Fälle lagen die Werte deutlich über den Grenzwerten für Trinkwasser.

### **3. Nitratgehalt im Grundwasser**

Seit Jahrzehnten wird immer wieder über die zunehmende Verunreinigung des Grundwassers durch Nitrat berichtet. Diese Beobachtung ist deshalb von besonderer Bedeutung, weil Trinkwasser überwiegend aus dem Grundwasser gewonnen wird. Erhöhte Nitratgehalte sind auch für die Oberflächengewässer und speziell für die Küstengewässer an Nord- und Ostsee kritisch, weil ein Überangebot dieses Nährstoffes gemeinsam mit erhöhten Phosphorgehalten zu Eutrophierungserscheinungen führt. Ein nicht unerheblicher Teil des Stickstoffs gelangt dabei als Nitrat aus dem Grundwasser in die Flüsse.

Die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) erstellte im Jahr 1995 einen Bericht über die Verteilung der Nitratgehalte im Grundwasser. Die folgende Grafik (Abb. 1) gibt einen Überblick über die Verteilung der Nitratgehalte des Grundwassers in der Bundesrepublik.

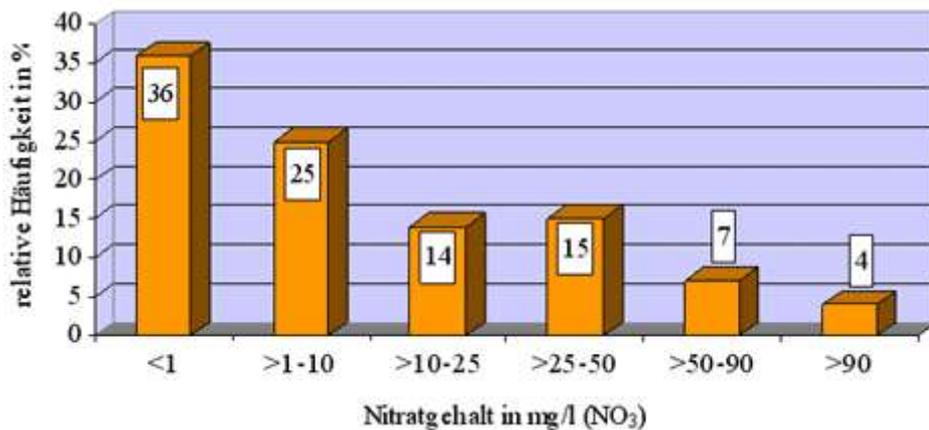


Abb. 1: Überblick über die Nitratgehalte im Grundwasser der Bundesrepublik Deutschland (LAWA 1995)

Insgesamt lagen 1995 ca. 75 % aller Messwerte unterhalb einer Konzentration von 25 mg/l. Etwa ein Drittel aller Messstellen weist sogar Nitratgehalte kleiner als 1 mg/l auf. Hierbei handelt es sich um Grundwasser, in denen erhebliche Denitrifikationsprozesse stattfinden.

Etwa 25 % der beobachteten Grundwassermessstellen weisen hingegen deutlich bis stark erhöhte Nitratgehalte auf, die in der Regel auf Auswirkungen der landwirtschaftlichen Nutzung zurückzuführen sind. Werte über 50 mg/l werden – wie schön erwähnt – häufig in Gebieten mit Sonderkulturen wie Wein-, Gemüse- und Obstanbau festgestellt.

Eine regionale Betrachtung ergibt, dass der prozentuale Anteil höherer Nitratkonzentrationen von Nord nach Süd zunimmt. Eine wesentliche Ursache hierfür muss in den geologischen Bedingungen und speziell in der Verteilung von Locker- und Festgesteinen gesehen werden. Im Festgesteinsbereich werden stellenweise auch in tieferen Bereichen erhöhte Nitratgehalte gemessen. Dies kann unter anderem durch eine geringe Nitratrückhaltekapazität der Deck-schichten und hohe Verlagerungsgeschwindigkeit der Wässer erklärt werden. Auch unter Waldgebieten werden Nitratgehalte von bis zu 10 mg/l gemessen. Diese Gehalte sind auf atmosphärische Stickstoffeinträge bzw. auf verstärkte Auswaschungen infolge von Versauerungserscheinungen zurückzuführen.

Insgesamt belegen die im Nitratbericht der LAWA dargestellten Untersuchungsergebnisse eine deutliche Grundwassergefährdung durch Nitrat. Ein Ausweichen der Wasserversorgung in tiefer gelegene Grundwasserstockwerke löst das Problem auf Dauer nicht, da in allen Regionen eine zunehmende Tiefenverlagerung von erhöhten Nitratgehalten festzustellen ist. Notwendig ist ein umfassender flächendeckender Schutz des Grundwassers. Eine Verminderung der Grund- und Oberflächenwasserbelastung kann nur erreicht werden, wenn der Stickstoffüberschuss, also der Anteil, der nicht von den Pflanzen aufgenommen wird und mit dem Sickerwasser ins Grundwasser gelangen kann, weiter deutlich vermindert wird.

**Nitratbelastungen** im Grundwasser werden also überwiegend durch anthropogene Einträge verursacht, können jedoch auch natürlich bedingt sein, z. B. durch verstärkte Mineralisationsprozesse nach einem Windwurf im Wald. Die anthropogen bedingten Einträge stammen zu einem Großteil aus diffusen landwirtschaftlichen Quellen, insbesondere aus der Stickstoffdüngung. Im jährlichen bundesweiten Durchschnitt stammen ca. 30 kg N/ (ha/a) bzw. ca. 1,2 kg P/ (ha/a) aus landwirtschaftlichen Quellen. Für die Stickstoffeinträge in Fließgewässer ist der Grundwasserpfad mit ca. 48 % der dominierende Eintragspfad.

Hinzu kamen ca. 15 % aus Dränagen. Bei steigenden atmosphärischen Depositionen können Forstbestände ihre Rolle als grundwasserschonende Nutzung per se immer weniger erfüllen. So wurden in einem Fichtenbestand im Solling (Niedersachsen) 1997 35 kg Stickstoff und 23 kg Sulfat Deposition gemessen. Die kritischen Eintragsraten werden damit deutlich überschritten. Der **Ammonium**-Anteil an den Stickstoffeinträgen lag bei knapp 60 %. Durch die Überführung von NH<sub>4</sub><sup>+</sup> im Boden in organische Bindung oder zu Nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), entstehen freie Protonen. Somit trägt die Ammonium-Deposition nicht nur zur (Über-) Düngung der Wälder, sondern ganz entscheidend auch zur Bodenversauerung bei. Als Belastungsschwerpunkte wurden niederschlagsreiche Regionen (z. B. Mittelgebirge) und Gebiete intensiver Viehhaltung festgestellt (z. B. Weser-Ems-Raum).

In unbelasteten natürlichen, sauerstoffhaltigen Grundwassern Deutschlands liegen die Nitratkonzentrationen zwischen 10 und 25 mg/l. Sauerstoffarmut des Grundwasserleiters kann dazu führen, dass Nitrat fast vollständig reduziert wird (<

1 mg/l), hingegen jedoch häufig die Ammoniumkonzentrationen ansteigen.

Die Auswaschung von stickstoffhaltigen Düngemitteln aus dem durchwurzelten Bodenraum erfolgt in Form von Nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), das so gut wie nicht an die Bodenaustauscher gebunden wird und daher zusammen mit dem Sickerwasser hochgradig mobil ist. Je länger die Nitratlösung im Wurzelraum verbleibt, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass Nitrat als Nährstoff von der Vegetation aufgenommen wird. Daher wird die Nitrat auswaschungsempfindlichkeit durch die Austauschhäufigkeit des Bodenwassers (AH) im effektiven Wurzelraum (We) bestimmt. Sie kann aus den langfristig unveränderlichen Faktoren Boden und Niederschlag errechnet werden. Der Einfluss des Bodens kann über seine Wasserrückhaltefähigkeit in den durchwurzelten Horizonten beschrieben und durch die Feldkapazität im effektiven Wurzelraum (FKWe) quantifiziert werden. Entscheidend für die Höhe der Feldkapazität sind Bodenart, Lagerungsdichte und Humusgehalt. Je höher der Ton- oder Schluffanteil, desto höher ist das Speichervermögen der Böden.

Der Einfluss des Niederschlags wird durch die Sickerwasserhöhe beschrieben, die die ungesättigte Zone des Bodens passiert und dem Grundwasser zugeführt wird. Die unten aufgeführte Formel beschreibt die Austauschhäufigkeit des Bodenwassers in Prozent innerhalb eines Jahres. Liegen die Werte unter 100 %, so wird im Jahresverlauf nur ein Teil des Bodenwassers ausgetauscht, der Rest der Niederschläge wird durch Evapotranspiration wieder der Atmosphäre zugeführt.

$$AH = (SW / FKWe) * 100$$

AH: Austauschhäufigkeit des Bodenwassers in (X/a)

SW: Sickerwasserhöhe (mm/a)

FKWe: Feldkapazität im effektiven Wurzelraum (mm)

(nach MÜLLER 1997)

Liegt die Austauschhäufigkeit über 100 %, so wird die Bodenlösung mehrfach ausgetauscht. Die Wahrscheinlichkeit, dass Nitrat in das Grundwasser ausgewaschen wird, nimmt damit zu.

Die vorgestellte Methode wird von mehreren Autoren beschrieben (vgl. Tab. 1). Sie berücksichtigt jedoch nicht, dass ein Großteil der Sickerwasserbewegung im Winterhalbjahr erfolgt. Dieser Sachverhalt wird in einem weiteren Ansatz des Niedersächsischen Landesamtes für Bodenforschung berücksichtigt, wo jedoch ausschließlich auf die Niederschläge des Winterhalbjahres Bezug genommen wird. Alle Methoden berücksichtigen nicht, dass Nitrat im Boden abgebaut (denitrifiziert) wird. Je stärker der Abbau in der gesättigten oder ungesättigten Zone erfolgt, desto eher ist die verbleibende Nitratkonzentration im Wasser eine Funktion der Zeit; je geringer der Nitratabbau, desto stärker ist die Nitratkonzentration eine Funktion der Verdünnung. Beide Vorgänge lassen sich nicht scharf voneinander trennen und erfolgen auch gleichzeitig. In der Empfindlichkeitsermittlung wird versucht, den Faktor „Zeit“ durch die Feldkapazität des Bodens abzubilden. Sind Denitrifikationsraten durch Messungen bekannt, so können sie in den Methoden berücksichtigt werden.

Das aktuelle Nitrat auswaschungsrisiko auf landwirtschaftlich genutzten Flächen wird entscheidend durch Art und Intensität der Anbauverfahren bestimmt. Als problematisch gelten Früchte mit hohem N Bedarf und geringer Abfuhr über das Erntegut wie z. B. Raps oder Gemüse. Weitere Faktoren, die beträchtlich zum Nitratgehalt im Boden nach der Ernte beitragen können, sind die verstärkte Mineralisation von Stickstoff durch Ernteverfahren (z. B. Rodung von Kartoffeln) oder das Belassen von Ernterückständen wie Kartoffelkraut oder Zuckerrübenblatt auf der Anbaufläche.

Sofern Stickstoffbilanzierungen für Gesamtbetriebe (Hoftorbilanz) oder Einzelflächen (Schlagbilanz) vorliegen, die Düngeverordnung schreibt für Betriebe ab einer bestimmten Größenordnung die Dokumentation von Stoffbilanzen vor, kann die oben beschriebene Indikationsmethode anhand von „Risikofruchtarten“ mit Zahlen untermauert bzw. korrigiert werden. Schlagbilanzen sind betriebsdurchschnittlichen Hoftorbilanzen vorzuziehen, um Belastungsintensitäten mit Auswaschungsempfindlichkeiten flächenkonkret verknüpfen zu können. Neben der Düngerezufuhr können organische Böden (Moorböden) eine erhebliche Stickstoff- und Phosphorquelle darstellen. Der Stickstoffgehalt von Mineralböden liegt im Bereich von 0,02 bis 0,4%, das entspricht bei einer Krume von 30 cm einer Spanne von 900 bis 18 000 kg N/ha.

Organische Böden können einen Stickstoffgehalt bis 5% aufweisen. Der Gehalt an wasserlöslichem Phosphat (Orthophosphation PO<sub>43</sub><sup>-</sup>) liegt unter Hochmoorböden oft bei 2-8 mg/l, während er im Grund- und Dränwasser von Mineralböden meistens nicht mehr als 0,3 mg/l PO<sub>43</sub><sup>-</sup> erreicht. Die unter weitgehendem Sauerstoffausschluss entstandenen Hoch- und Niedermoorböden sind zu ihrer Erhaltung auf einen intakten Wasserhaushalt angewiesen. In Hochmooren bedeutet das ganzjährige Wassersättigung; in Niedermoorböden sind sommerliche Grundwasserstände von 20 cm unter Flur hingegen nicht selten.

Durch Entwässerung und landwirtschaftliche Nutzung werden Spurengase mit klimatischer Wirkung (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O), aber auch Nährelemente, freigesetzt. Bei einer tiefgreifenden Entwässerung entstehen Torfverluste von 6 bis 20t/(ha \* a) Trockenmasse bei Stickstofffreisetzungen von 800 bis 2500 kg N/(ha \* a);

darunter Denitrifikationsverluste von bis zu 500 kg N. Stoffausträge im Drainagewasser betragen rund 70 kg N/ (ha \* a). Unter Waldgebieten ist das Risiko erheblich geringer, doch werden immerhin Nitratgehalte von bis zu 10 mg/1 gemessen. Diese Gehalte sind auf atmogene Stickstoffeinträge bzw. auf verstärkte Auswaschung infolge von Versauerungserscheinungen zurückzuführen. Die atmosphärische Deposition ist in Waldgebieten im Allgemeinen wesentlich höher als in Agrarökosystemen, was vor allem auf die größere Oberfläche und erhöhte Rauigkeit von Wäldern zu-rückzuführen ist. Insbesondere an Waldrändern und exponierten Lagen können die Depositionsraten zwischen 20 und 80 kg Gesamtstickstoff pro ha und Jahr betragen. Als kritische Eintragsraten (critical loads) können auf der überwiegenden Fläche hingegen 5 bis 15 kg N/ (ha \* a) gelten. Das critical loads-Konzept berücksichtigt die Gesamtfunktionsfähigkeit des Ökosystems Wald und nicht ausschließlich die Auswirkungen von Stickstoffeinträgen auf das Grundwasser. Nicht zu vernachlässigen sind Stickstoffdepositionen durch Ammonium, die in der Bundesrepublik im Durchschnitt jährliche Frachten von 16,4 kg/ha erreichen. In Gebieten mit vielen Massentierhaltungsbetrieben erreichen die Depositionen 30 bis 40 kg/ha. Diese Auswirkungen sind in einem Umkreis bis zu 25 km von der Quelle nachzuweisen.

**Schwermetalle** kommen im Wasser in gelöster und ungelöster Form vor, in der Regel werden sie jedoch an Schwebstoffe gebunden und sedimentiert. Bei der Bodenpassage des Sickerwassers wirkt die Bodenmatrix daher als effektiver Filter mit um so besserer Wirkung, je größer die reaktive Oberfläche, d. h. je feiner die Körnung und je höher der Humusanteil ist. Da-bei haben Bodenazidität, Carbonatgehalt und Schwermetallart entscheidenden Einfluss auf die relative Bindungsstärke: Cadmium (Cd) ist verhältnismäßig mobil, d. h. bindungsschwach, während Blei (Pb) eine deutlich höhere Bindungsstärke auch noch bei niedrigen pH Werten aufweist. Bei vielen Schwermetallen nimmt die relative Bindungsstärke bei pH-Werten um 4 (gemessen in CaCl<sub>2</sub>) und darunter stark ab. In die Methode zur Grundwassergefährdung durch Schwermetalle vom Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung gehen folgende Daten ein (Abb. 2):

Als Filterstrecke gilt der Bodenkörper bis 2 m Mächtigkeit, jedoch maximal bis zur Untergrenze des grundwasserfreien Bodenraumes. Hohe Ton oder Humusgehalte führen zu Zuschlägen (stärkeres Bindungsvermögen), grobporenreiche Böden (Quellung/Schrumpfung) werden abgewertet. Sickerwasserhöhe (ausgedrückt durch die Klimatische Wasserbilanz) und Filterstrecke (ausgedrückt durch die Grundwasserstufe) bestimmen, aufbauend auf der relativen Bindungsstärke, letztendlich die Grundwassergefährdung.

Eingangsdaten	Zwischenergebnisse	Endergebnis	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schwermetall</li> <li>• pH-Wert</li> <li>• Bodenart (Ton Gehalt)</li> <li>• Humusgehalt</li> <li>• Auflagehorizont</li> <li>• Grobboden</li> <li>• Festgestein/ -zersatz</li> </ul>	Relative Bindungsstärke des Oberbodens für Schwermetalle (Stufen 0-5)	Potentielle Gefährdung des Grundwassers durch Schwermetalle (Stufen 1-5)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• jährliche Niederschlag</li> <li>• jährliche Verdunstung</li> <li>• Nutzung</li> </ul>	jährliche Wasserbilanz (mm/a oder Stufen 1-6)		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bodentyp</li> <li>• Horizontbezeichnung</li> <li>• Grundwasserstand</li> </ul>	Grundwasserstufe (Stufen 1-7)		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• jährliche Niederschlag</li> <li>• jährliche Verdunstung</li> <li>• Nutzung</li> </ul>	jährliche Wasserbilanz (mm/a oder Stufen 1-6)		Potentielle Gefährdung des Grundwassers durch Schwermetalle (Stufen 1-5)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bodentyp</li> <li>• Horizontbezeichnung</li> <li>• Grundwasserstand</li> </ul>	Grundwasserstufe (Stufen 1-7)		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schwermetall</li> <li>• pH-Wert</li> <li>• Bodenart (Ton Gehalt)</li> <li>• Humusgehalt</li> <li>• Auflagehorizont</li> <li>• Grobboden</li> <li>• Festgestein/ -zersatz</li> </ul>			

Abb.2: Verknüpfungsregeln zur Bestimmung der Gefährdung des Grundwassers durch Schwermetalle (HAAREN 2004)

Durch die Landwirtschaft werden Schwermetalle über Dünge- und Pflanzenschutzmittel in den Boden eingebracht. Dabei lassen sich keine pauschalen Aussagen dazu treffen, ob die Einträge mit Mineraldüngern, Wirtschaftsdüngern oder Sekundärrohstoffen höher liegen. Cadmiumgehalte in Phosphatdüngern schwanken z. B. je nach verwendetem Rohphosphat und dem Herstellungsprozess zwischen 5 und 40 mg Cd/kg, zulässige Höchstgehalte für Klärschlamm liegen nach der AbfKlärV bei 10 mg/kg in der Trockenmasse. Effektive Schwermetalleinträge auf landwirtschaftlich genutzte Flächen über Mineraldünger und Betriebsdünger (d. h. abzüglich der Austräge durch Verkauf von Getreide, Fleisch, Milch) bewegen sich im Bereich von < 2 g/ (ha \* a) bei Cadmium und bis 500 g/ (ha \* a) bei Zink. Dadurch wird im Allgemeinen keine erhebliche Grundwassergefährdung bewirkt, insbesondere wenn ein mehr oder

weniger ausgeglichener Basenhaushalt im Boden gegeben ist. Anders stellt sich das Auswaschungsrisiko dar, wenn höhere Schwermetallmengen, z. B. durch Klärschlämme, intensive Gülledüngung (insbes. Cadmiumeinträge durch Schweinegülle), atmosphärische Deposition oder durch Überflutungen mit belastetem Flusswasser, eingetragen werden. Eine starke Schwermetallakkumulation in landwirtschaftlich genutzten Böden ist auch dann problematisch, wenn diese Standorte später aufgelassen (Sukzession) oder aufgeforstet werden und dabei eine pH-Wertabsenkung erfolgt. In diesem Fall können die Schwermetallvorräte des Oberbodens mobilisiert werden und zu gravierenden Gewässerbeeinträchtigungen führen. Solche Effekte wurden bereits in Nadelholzforsten auf basenarmen Ausgangsgesteinen beobachtet. In einem Beschluss der gemeinsamen Agrar- und Umweltministerkonferenz am 13. Juni 2001 wurde festgehalten, „... dass es durch Bewirtschaftungsmaßnahmen (insbesondere Aufbringung von Klärschlamm, Gülle und anderer Wirtschaftsdünger, mineralischem Dünger und Kompost) zu keiner Anreicherung von Schadstoffen im Boden...“ kommen darf (zit. in UBA 2001 b). Einige Bundesländer sprachen sich sogar dafür aus, die Ausbringung von Klärschlamm auf landwirtschaftlichen Flächen zu untersagen. BMU und BMVEL fordern eine Gleichbehandlung von Gülle und Klärschlamm hinsichtlich ihrer Schadstoffuntersuchungen.

Methode	Anwendungsebene, Einsatzbereich	Eingangsdaten	Verfahrensgang	Zielwert/ Kenngröße	Bemerkung
Nitratauswaschungsgefährdung (Austauschhäufigkeit)	verschiedene Maßstäbe	Sickerwasserhöhe (mm/a), Feldkapazität des effektiven Wurzelraumes (FKWe)	Bestimmung der Austauschhäufigkeit des Bodenwassers als Quotient aus Sickerwasserhöhe und Feldkapazität des effektiven Wurzelraumes	Nitratauswaschungsgefährdung (Austausch der Bodenlösung in der Wurzelzone in %)	prozentuale Aufschläge für Böden mit ausgeprägten Makroporen
Leitfaden für die Erstellung bodenkundlicher Stellungnahmen in Grundwassergewinnungs- und Wassereinzugsgebieten in Niedersachsen	verschiedene Maßstäbe	Niederschläge im Winterhalbjahr, Pot. Evapotranspiration im Winterhalbjahr nach HAUDE, Feldkapazität für 10 dm bzw. effektiver Wurzelraum, Oberirdischer Zu- oder Abfluss	1. Anwendung von Regressionsgleichungen für ebene oder geneigte Standorteinheiten zur Nitratverlagerungstiefe, z. Quotientenbildung aus effektivem Wurzelraum und Nitratverlagerungstiefe	Nitratauswaschungsgefährdung (Austausch der Bodenlösung in der Wurzelzone in %)	
Einfluss von Bodennutzung und Düngung in Wasserschutzgebieten auf den Nitratreintrag in das Grundwasser	großmaßstäblich geeignet (Wasserschutzgebiete)	Klimatische Wasserbilanz (KWBA), nutzbare Feldkapazität des effektiven Wurzelraumes (nFKWe)	qualitative Einstufung des Nitratrückhaltevermögens anhand von klimatischer Wasserbilanz und nutzbarer Feldkapazität des effektiven Wurzelraumes	Nitratrückhalt (ordinal skaliert in 3 Stufen: sehr groß/groß, mittel, gering/sehr gering)	berücksichtigt Verdünnungseffekte ab einer KWBA von > 300 mm
Potenzielle Nitratbelastung des Sickerwassers durch die Landwirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland	≤ 1 : 200 000, nur für grobe Übersichten geeignet	Sickerwasserspende, Wassergehalt bei Feldkapazität, effektive Durchwurzelungstiefe	1. Ermittlung der Sickerwasserverlagerungstiefe (dm/a) aus Sickerwasserspende und Feldkapazität z. Bestimmung der Auswaschungsgefährdung als Quotient aus Sickerwasserverlagerungstiefe und effektiver Durchwurzelungstiefe	Nitratauswaschungsgefährdung (Austausch der Bodenlösung in der Wurzelzone in %)	berücksichtigt die jährliche Sickerwasserverlagerungstiefe
Nitratrückhaltevermögen	verschiedene Maßstäbe	Klimatische Wasserbilanz (KWBA), Feldkapazität (FK) bezogen auf 10 dm	Bestimmung des Nitratrückhaltevermögens aus klimatischer Wasserbilanz und Feldkapazität	Nitratrückhalt (ordinal skaliert in 3 Stufen: gering, mittel, groß)	in ebener Lage und ohne Grund- oder Staunässe einfluss

Tab. 1: Ausgewählte Methoden zur Ermittlung der Nitratauswaschungsempfindlichkeit (HAAREN 2004)

#### 4. Nitratgehalt im Trinkwasser

Im Dezember 1998 trat die Richtlinie 98/83/EG des Rates über die Qualität des Wassers für den menschlichen Gebrauch in Kraft. Die darin enthaltenen Vorschriften sind mit der Novellierung der Trinkwasserverordnung in innerstaatliches Recht umgesetzt worden. Ist die Trinkwasserbereitstellung durch die Gemeinde gewährleistet, finden regelmäßige Kontrollen der Wasserqualität statt, die beim zuständigen Wasserversorger von jederman abgefragt werden können. Überschreitung der Grenzwerte werden vom Wasserversorger durch engmaschi-ge Kontrollen und geschicktes Wassermanagement vermieden. Probleme mit der Einhaltung der Grenzwerte z. B. für Nitrat (zulässige Konzentration 50 mg/l) oder Pflanzenschutzmittel und deren Derivate können jedoch auftreten, wenn die Wasserversorgung aus privaten Hausbrunnen erfolgt, die im Einzugsbereich landwirtschaftlich intensiv genutzten Ackerflächen liegen. Hier obliegt die Kontrollpflicht und die Einhaltung der Grenzwerte dem Betreiber. Im Zweifelsfall sollte die Wasserqualität regelmäßig durch eine chemisch-biologische Wasseranalyse geprüft werden.

#### 5. Ist unser Trinkwasser noch zu retten?

##### Erhöhte Einträge von Stickstoffverbindungen – Konsequenzen für das Sicker- und Grundwasser

Der Landschaftsraum Nordwestdeutschland wird heute – wie gesagt – durch eine intensive agrarische Nutzung geprägt, welche im Zusammenhang mit Massentierhaltung, Gülleverar-beitung und –ausbringung regional mit hohen Ammoniak-Emmissionen verbunden ist. Untersuchungen aus dem Institut für Geobotanik der Universität Hannover zeigen die Auswirkun-gen der luftbürtigen Eintrage von Stickstoffverbindungen auf die Beschaffenheit des Sicker- und Grundwassers im Bereich des Naturschutzgebietes „Heiliges Meer“ mit einer jährlichen Deposition anorganisch gebundenen Stickstoffs von etwa 16 kg/ha\*a auf den Freiflächen und bis zu 65 kg/ha\*a in Waldbeständen (Abb. 3).

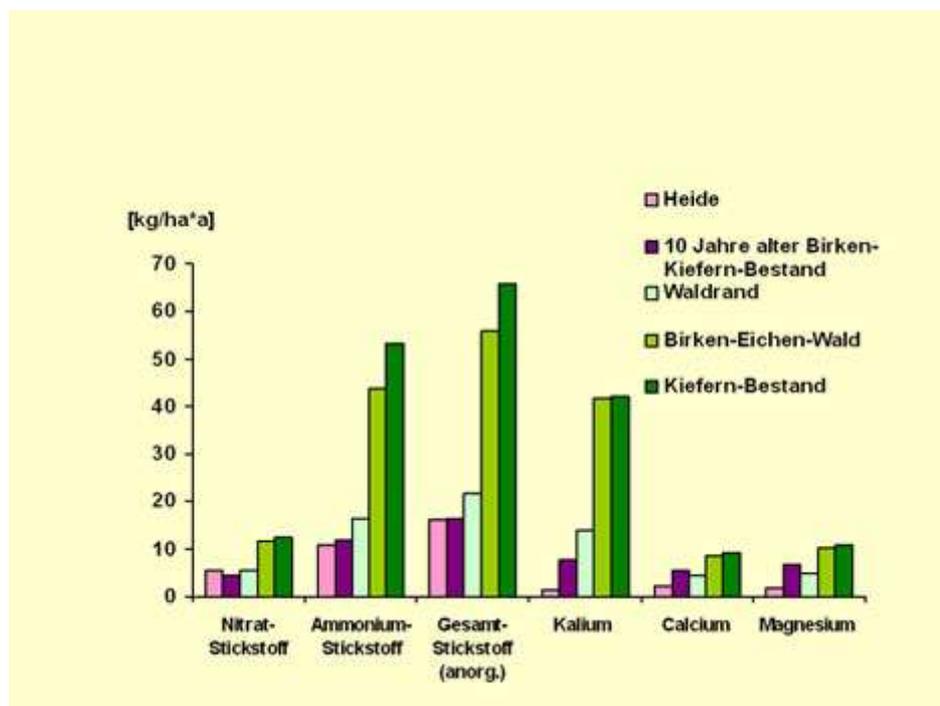


Abb. 3: Jährliche Deposition von Pflanzennährstoffen im Naturschutzgebiet „Heiliges Meer“ (HERRMANN 2004)

Im oberflächennahen Grundwasser der untersuchten Heidestandorte spielt Nitrat nur eine untergeordnete Rolle. Hier sind vermutlich Denitrifikationsprozesse im Zuge der Vertikalpassage des Sickerwassers sowie im Bereich des Grundwasser von entscheidender Bedeutung für den Abbau von Nitrat. Im Gegensatz dazu ist diese „Selbstreinigungskraft des Bodens“ unter landwirtschaftlichen Nutzflächen weniger effektiv bzw. nicht mehr ausreichend. Durch übermäßige Gabe von Stickstoff in Form von Natur- oder Kunstdüngern kommt es in Abhängigkeit von der Entwicklung der Feldfrucht zu Auswaschungsereignissen, die zur Erhöhung z.B. der Nitratkonzentration im Grundwasser beitragen. So sind im Verlauf der Sickerwasserpassage und im Grundwasser eben unter solchen Standorten meist deutlich erhöhte Konzentrationen von 60 – 90 mg/l Nitrat nachzuweisen (Abb. 4).

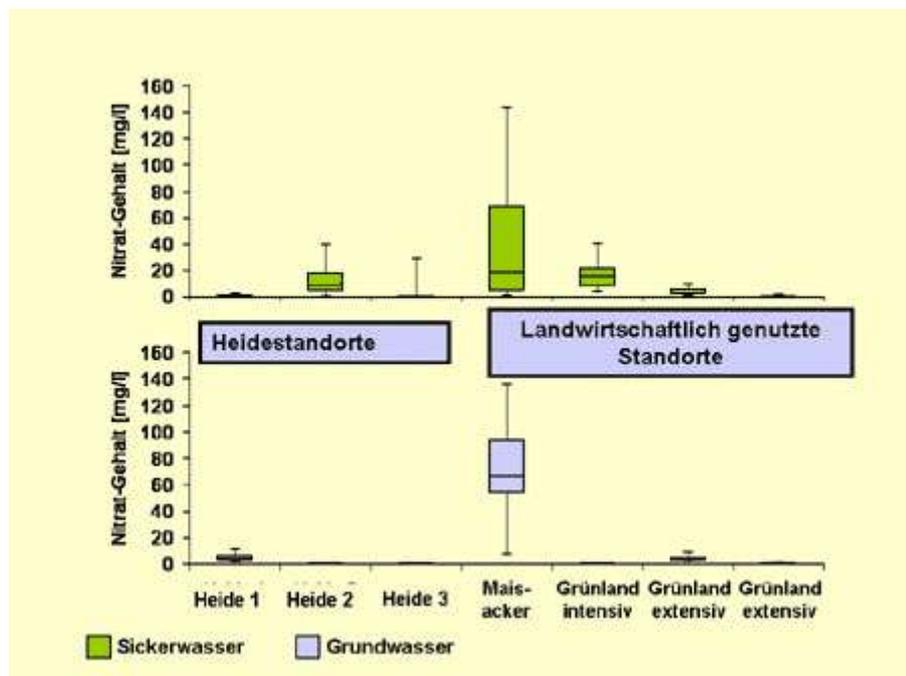


Abb. 4: Nitratkonzentration im Sicker und Grundwasser von landwirtschaftlich genutzten Standorten im Vergleich mit Heidestandorten (HERRMANN 2004)

Besonders eindrücklich zeigt sich dieser Zusammenhang, wenn die Nitratkonzentration mit dem Wechsel der verschiedenen Kulturphasen über ein Monitoring erfasst wird (Abb. 5).

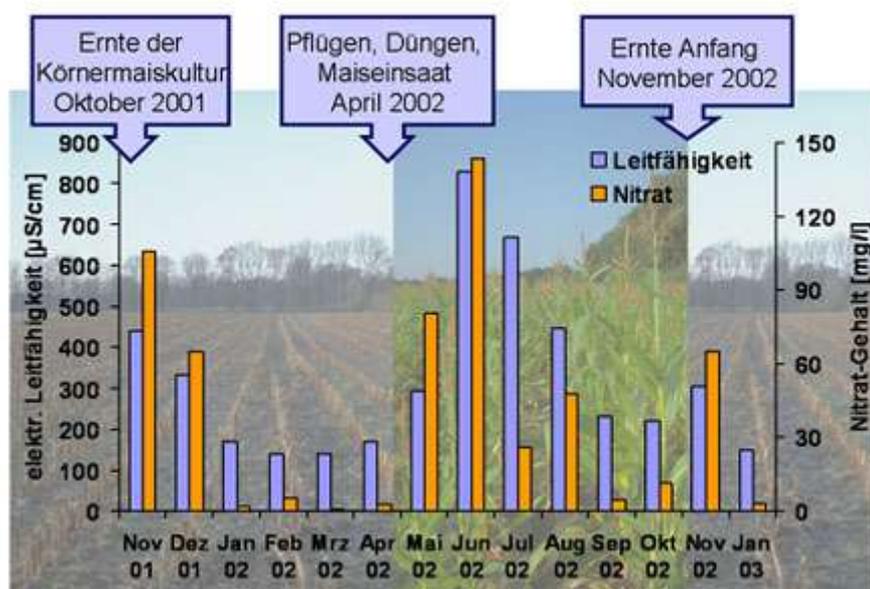


Abb. 5: Saisonale Veränderung der elektrischen Leitfähigkeit und der Nitratkonzentration im Verlauf einer Maiskultur (HERRMANN 2004)

Ein Maximum der Nitratkonzentrationen mit bis zu 130 mg/l Nitrat im Grundwasser ist kurz nach Beginn der Kultur zu verzeichnen, wenn die Stickstoffgaben am größten sind. Mit ausbleibender Düngung und zunehmender Stickstoffaufnahme durch die Pflanzen verringert sich die Konzentration im weiteren Verlauf des Jahres wieder und sinkt unter einen Wert von ca. 10 mg/l Nitrat ab, wie er auch unter ungedüngten Heideflächen festgestellt werden kann.

Was kann nun getan werden das Grundwasser und damit unser Trinkwasser für die Zukunft zu schützen?

Die Untersuchungen im Naturschutzgebiet aber auch viele Experimente anderen Orts in Nordwestdeutschland zeigen, dass beim Ausbleiben der intensiven menschlichen Nutzung die Belastung sehr rasch auf ein normals

Konzentrationsniveau zurückgeht.

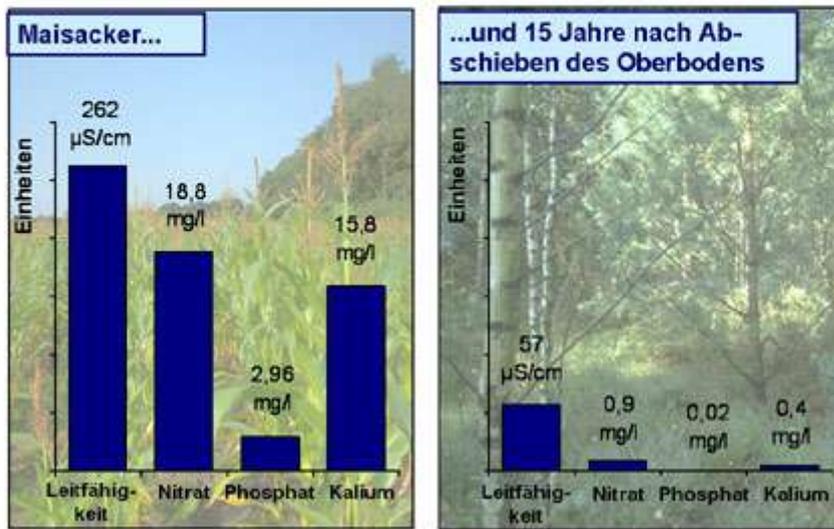


Abb. 6: Einfluß von Flächenumwandlung auf die Qualität des Sickerwassers (HERRMANN 2004).

In Abhängigkeit von der Ausgangssituation ist mit einer abgestuften Reduzierung der Nitratauswaschung zu rechnen. In Abb. 6 und 7 ist einen Überblick über Nitratkonzentrationen im Grundwasser bei verschiedenen Landnutzungstypen gegeben. Die größte Verminderung ist demnach bei der Umwidmung einer landwirtschaftlichen Nutzfläche in extensiv genutztes Grünland oder in Wald zu erzielen.

Aber auch die Umstellung auf eine bewußtere, naturverträglichere Landwirtschaft, wie sie z.B. von Bioland oder DEMETER-Landwirten praktiziert wird, führt bereits zu einer spürbaren Reduktion der Nitratkonzentration im Grundwasser.

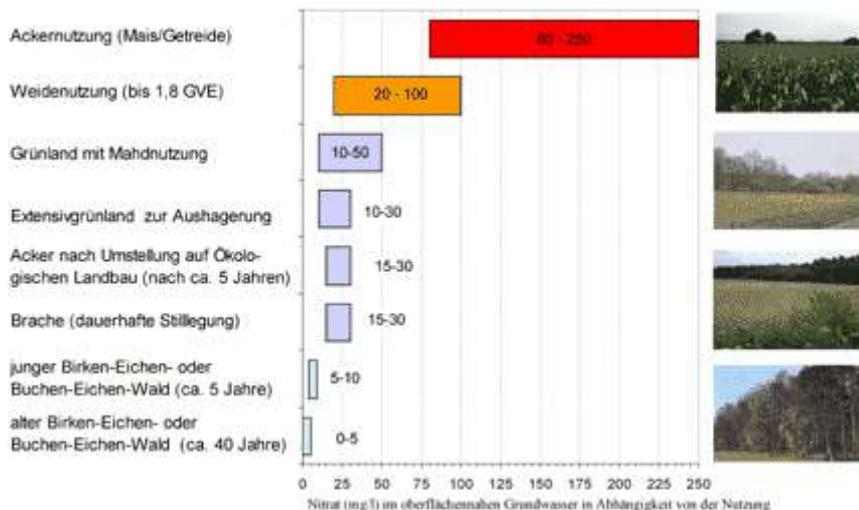


Abb. 7: Erwartungswerte der Nitratkonzentration in Abhängigkeit von verschiedenen Nutzungstypen. Angegeben ist die Nitratkonzentration [mg/l] im oberflächen-nahen Grundwasser

Die deutschen Landwirte greifen immer sparsamer in den Düngesack: Sie haben ihre Nachfrage nach Stickstoff, Phosphat und Kali im Wirtschaftsjahr 2002/03 (1.7. bis 30.6.) gegenüber den Gaben in 1999/00 erheblich eingeschränkt, zitiert der Landvolk-Pressedienst Daten des Industrieverbandes Agrar (IVA). Brachten die Landwirte 1999/00 noch 117 Kilogramm (kg) Stickstoff je Hektar (ha) Landfläche aus, reichten im vergangenen Jahr 105 kg/ha. Um fast ein Viertel zurückgegangen ist der Phosphatverbrauch von 25 kg/ha auf nur noch 19 kg in 2001/02. Fast ebenso deutlich haben die Landwirte ihre Kaligaben reduziert, und

zwar von 35 kg/ha auf 28 kg/ha. Auch beim Grunddüngemittel Kalk waren die Bauern im vergangenen Jahr sparsam, die Gaben reduzierten sich im Schnitt um 21 kg auf 115 kg/ha. Die Zurückhaltung bei der Ausbringung von Mineraldüngern ist jedoch kein neues Phänomen, bereits seit Anfang der neunziger Jahre düngen die Landwirte immer sparsamer. 1991/92 verbrauchten die Landwirte in den alten Bundesländern beispielsweise noch durchschnittlich 114 kg/ha Stickstoff, 37 kg/ha Phosphat und 53 kg/ha Kali. Damals lag allerdings die Kalkgabe mit 104 kg/ha noch niedriger als heute.

Generell passen die Landwirte heute die Art und Menge des Düngers gezielt an den Bedarf der Pflanzen in Abhängigkeit vom Bodenvorrat an. Neue Verfahren ermöglichen es dabei, die Zufuhr mineralischer Düngemittel gezielt zu steuern, um sowohl die Umwelt als auch den eigenen Geldbeutel zu schonen. So sind seit einiger Zeit schwefelhaltige Dünger besonderes gefragt, da dieser für die Pflanzen wichtige Nährstoff kaum noch aus der Atmosphäre in den Boden gelangt und daher gezielt zugeführt werden muss. Zusätzlich berücksichtigen die Landwirte die Nährstoffe aus organischen Düngern, wie Stallmist und Gülle, bei der Bedarfsermittlung stärker als früher. Häufig ist jedoch die Witterung entscheidend. Nach den Nässeschäden in der Ernte 2002 behinderte auch der starke Regen bei der anschließenden Herbstbestellung die termingerechte Düngung. Bei vielen Landwirten führten die Ernteausfälle in 2003 und die Verunsicherung durch die agrarpolitischen Signale dazu, dass sie Investitionen zurück hielten und insgesamt weniger Vorleistungen, und dabei insbesondere den Grunddünger Kali und Kalk, nachfragten. Der Absatz sank gegenüber dem Vorjahr um 5,1 Prozent beziehungsweise 8,4 Prozent. Die zu sparsame Düngung entspricht jedoch nicht mehr der guten fachlichen Praxis, da sie die Bodenfruchtbarkeit gefährdet.

Geringere Erfolge sind bei einer Dezimierung von Düngergaben bei gleichzeitigen Ertragseinbußen oder Umwandlung von Maisäckern in Intensivweiden zu erlangen. Bei einer optimalen Anpassung der Düngung an die Kultur (z.B. Mais) ist zwar ebenfalls mit einer Reduktion der Nitratauswaschung zu rechnen, der Zielbereich von weniger als 50 mg/l NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ist jedoch bei den gegebenen Voraussetzungen nur selten zu erreichen. Auf jeden Fall ist eine extensive Nutzung langfristig zu entwickeln. Unsere Untersuchungen haben folgendes ergeben: Im Hinblick auf die luftbürtigen Stickstoffeinträge bewirken Vegetation und Bodenpassage sogar eine entscheidende Verminderung der letztlich im Grundwasser auftretenden Stoffkonzentrationen. Da zudem die Heide als Freifläche eine wesentlich höhere Grundwasserneubildungsrate aufweist als beispielsweise eine Waldfläche, bildet sie eine wichtige Quelle für nährstoffarmes Grundwasser, welches entscheidend zur Stabilisierung der Nährstoffbedingungen in Sandlandschaften Nordwestdeutschlands.

## **6. Beeinflussung der Stoffdynamik**

Die Umwandlung von Ackerflächen in Weideflächen führt zu einer raschen Abnahme der Nitratbelastungen im Grundwasser. Zusätzlich kann durch den Fortfall von Düngemittelausträgen und durch den Ausfall von Bewirtschaftungsphasen mit Brachflächen die Auswaschungsrate von Stickstoff und anderen Nährstoffen erheblich reduziert werden. Zudem begünstigt eine Weidewirtschaft die Reduktion von Nitrat zu Ammonium und zu molekularem Stickstoff. So ließ sich nach Umwandlung eines Maisackers in eine Weidefläche im Nordwesten des Naturschutzgebietes ein Nitratrückgang im Grundwasser von 200 mg/l auf unter 10 mg/l innerhalb eines Zeitraumes von sechs Jahren beobachten (Abb. 8).

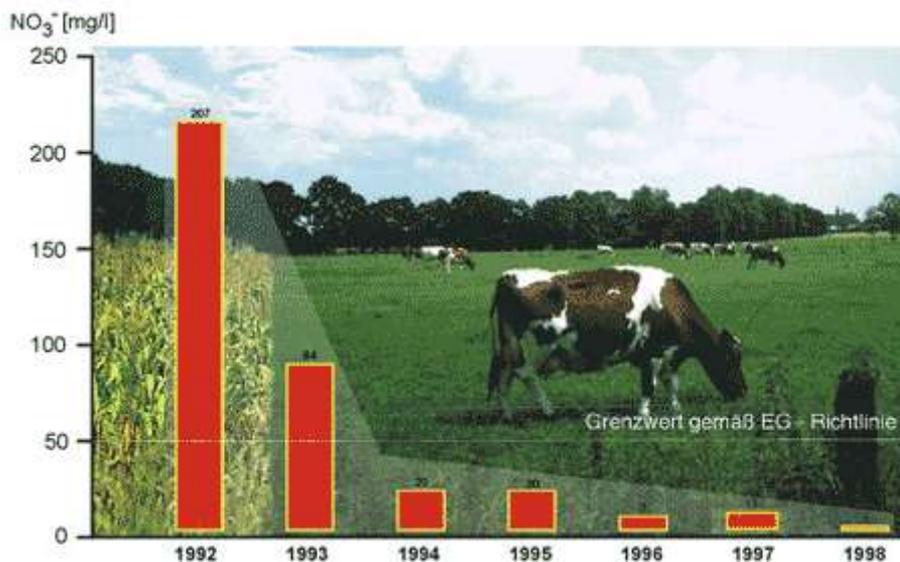


Abb. 8: Rückgang der Nitrat-Konzentration im Grundwasser nach der Umwandlung eines Maisackers in Grünland (verändert nach POTT 1998, 2000)

Schon nach einem Jahr konnte ein Nitratrückgang auf weniger als 50 Prozent der Ausgangskonzentration festgestellt werden. Dieses Beispiel verdeutlicht einmal mehr, dass bereits kurz bis mittelfristig die Nitratkonzentration im Grundwasser über Änderungen der Bewirtschaftungsform lokal erheblich reduziert werden kann. Um Veränderungen in Ökosystemen wahrzunehmen und daraus Trends ableiten zu können, bedarf es der Kenntnis natürlicher Schwankungsbreiten, das heißt, welche Situation innerhalb des Systems noch als »normal« und welche schon als »Veränderung« einzustufen ist (Pufferwirkung). Ein wissenschaftlich fundiertes »Langzeitmonitoring« über viele Jahre hinweg sichert also die Datenbasis und ist für ökologische Aussagen essentiell.

### 7. Wie schädlich ist Nitrat für die menschliche Gesundheit?

Vom Nitrat selbst geht nur eine sehr geringe, unmittelbare Gesundheitsgefährdung für den erwachsenen Menschen aus. Unter bestimmten Umständen (z.B. durch Bakterien im Mundraum oder Magen) kann Nitrat jedoch teilweise zu Nitrit umgewandelt werden, das auf zwei Arten die menschliche Gesundheit gefährdet:

- Zum einen kann es bei Säuglingen den Sauerstofftransport im Blut behindern und dadurch eine „Methämoglobinämie“ mit Blausucht (Cyanose) verursachen.
- Zum anderen kann Nitrit mit sekundären Aminen - das sind stickstoffhaltige chemische Verbindungen, die in vielen Lebens- und Arzneimitteln vorkommen und auch bei der Verdauung entstehen - sog. „Nitrosamine“ bilden. Tierversuche haben gezeigt, dass bestimmte Nitrosamine stark krebserzeugend wirken.

### 8. Verbraucher-Tipps zum Thema Nitrat

- Interessierte Verbraucher, die ihr Trinkwasser aus einer größeren, zentralen Wasserversorgung beziehen, können die Nitratgehalte von ihren zuständigen Wasserversorgungsunternehmen, den Gemeindeverwaltungen oder den Gesundheitsämtern erfragen.
- Eigentümern von Eigen- oder Einzeltrinkwasserversorgungsanlagen wird empfohlen, sich über die Qualität ihrer Trinkwässer in Form einer Trinkwasseranalyse, die Nitrat mit einschließt, kundig zu machen. Derartige Analysen sollten von Laboratorien durchgeführt werden, die dafür eine Zulassung nach der Trinkwasserverordnung besitzen, oder ihre Kompetenz in anderer Form (z.B. Akkreditierung) belegen können.
- Sofern besorgte Verbraucher eigene Maßnahmen zur Nitratverringerung des Trinkwassers im Haushalt mit sog. „Nitratentfernern“ durchführen wollen, sollten sie sich vorher unbedingt sachkundig beraten lassen und Geräte verwenden, die ein Prüfzeichen des Deutschen Vereins des Gas- und Wasserfachs (DVGW) besitzen. Dann ist sichergestellt, dass diese Geräte einwandfrei funktionieren.
- Wer „nitratbewusst“ Gemüse einkaufen will, sollte insbesondere bei Blatt- und einigen Wurzelgemüse Frischware bevorzugen, die in lichtstarken Monaten geerntet werden.

- Gemüse aus ökologischem Landbau und Freilandware weisen tendenziell etwas geringere Nitrat-Gehalte auf als Ware aus konventionellem Anbau.

- Bei der Zubereitung von Blattgemüse kann die Entfernung von Stiel, Stängel, großen Blattrippen und der äußeren Hüllblätter eine Nitratminderung bewirken. Auch durch Blanchieren und Garen lassen sich Nitratverluste (ca. 40 bis 80 %) erzielen. Allerdings sollte das Garwasser nicht in Gemüseszubereitungen für Säuglinge verwendet werden.

## 9. Literatur- und Quellenverzeichnis

- ARUM (Arbeitsgemeinschaft Umweltplanung)(2001): Leitbilder und Maßnahmen für eine nachhaltige Bewirtschaftung der Boden- und Wasserressourcen im niedersächsischen Elbetal – Kopnzepte zur Bewältigung landwirtschaftlich-naturschutzfachlicher Konfliktfelder in Auenökosystemen – Ein Beitrag zum BMBF-Forschungsvorhaben Leitbilder des Naturschutzes und deren Umsetzung mit der Landwirtschaft, Hrsg. NNA (Alfred Toepfer-Akademie Schneverdingen).
- Behrendt, H., P. Huber, D. Opitz, O. Schmoll, G. Scholz, R. Uebe (1999): Nährstoffbilanzierung der Flußgebiete Deutschlands. Forschungsbericht 296 25 515; UBA-FB 99-087. UBA Texte 75/99.
- Frede, H.-G. & S. Dabbert (Hrsg.)(1998): Handbuch zum Gewässerschutz in der Landwirtschaft. Ecomed-Verlag, Landsberg.
- Fürchtenicht, K. (1998): Problematik hoch aufgedüngter Böden. Arbeitshefte Boden 1998 (1): 35-45.
- GPM 3/01 Quelle: <http://www.greenpeace-magazin.de/magazin/reportage.php?repid=674>
- Griebler, C. & Mösslacher, F. (2003): Grundwasserökologie. – Facultas UTB, Wien, hier S. 376-378.
- Haaren, C. v. (Hrsg.)(2004): Landschaftsplanung. - 528 S., Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Haaren, C.v. & M. Munke (1992): Umweltschonende Landwirtschaft im Großraum Hannover. Beiträge zur regionalen Entwicklung 27.
- Herrmann, M. (2004): Einfluß der Vegetation auf die Beschaffenheit des oberflächennahen Grundwassers im Bereich von Heide, Wald und landwirtschaftlichen Nutzflächen. - Abhandl. Westf. Museum f. Naturkde., 66. Jhg. Heft: 2 (im Druck).
- <http://www.umweltbundesamt.de/wasser/themen/grundwasser/nigehalt.htm>
- <http://www.umweltlexikon-online.de/fp/archiv/RUBlandwirtsrohstoffe/Guelle.php>
- <http://www.vis-ernaehrung.bayern.de/de/left/fachinformationen/risiken/stoffe-nonbio/nitrat.htm>
- Kuess, J. & F. Raissi (1995): Leitfaden für die Erstellung bodenkundlicher Stellungnahmen bzw. Gutachten in Grundwassergewinnungs- und Wassereinzugsgebieten in Niedersachsen, Arbeitshefte Boden 1/1995: 3-32.
- LAWA 1995: Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, Bericht zur Grundwasserbeschaffenheit -Nitrat-
- Lethmate, J.; B. Eickelmann u. Th. Worringer (2002): Der nordrhein-westfälische Gülle-Belt und sein Einfluss auf die Deponate des Teutoburger Waldes. Geoöko 23, S. 61-75
- Meesenburg, H., P. Rademacher, K.J. Meiwes (1998): Stoffeintrag über atmogene Deposition in verschiedene Ökosysteme Niedersachsens und deren Auswirkungen. Arbeitshefte Boden 1998/1: 67-77.
- Müller, U. (1997): Auswertungsmethoden im Bodenschutz – Dokumentation zur Methodenbank des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS). 6. Auflage, Hannover
- Pott, R. (Hrsg.) (2000): Ökosystemanalyse des Naturschutzgebietes „Heiliges Meer“ (Kreis Steinfurt). - Abhandl. Westf. Museum f. Naturkde., 62. Jhg. Beiheft:397 S.
- Pott, R., J. Pust & B. Hagemann (1998): Stickstoffbelastungen der Gewässerlandschaft im Naturschutzgebiet „Heiliges Meer“ (Kreis Steinfurt) und Möglichkeiten landesplanerischer Gegensteuerung. - Abh. Westf. Museum f. Naturkde. 60., H.2.
- Pott, R., J. Pust & K. Hofmann (1996): Trophiedifferenzierungen von Stillgewässern im Naturschutzgebiet "Heiliges Meer" und deren Auswirkungen auf die Vegetation - Erste Ergebnisse. - Abh. Westf. Mus. Naturkde. 58(2), 1-60, Münster.
- Schilling, G. (2000): Pflanzenernährung und Düngung. Ulmer-Verlag, Stuttgart.
- Succow, M. (1998): Nutzung, Nutzen und zukünftige Nutzbarkeit von Niedermoorstandorten. Zehn Jahre Projekt „Wurzbacher Ried“/Internationale Fachtagung zur Erhaltung und Regeneration von Mooregebieten, 6.-9. Oktober 1997: 21-33, Bad Wurzach.
- Volker Angres, Claus-Peter Hutter, Lutz Ribbe Futter fürs Volk — Was die Lebensmittelindustrie uns aufischt, Droemer, 2001, 400 S., 36,90 Mark

Verwendung des Textes und von Auszügen daraus nur unter Angabe der Quelle gestattet.