
Standpunkt

Mögliche ökologische Folgen hoher Phosphatgehalte im Boden und Wege zu ihrer Verminderung

Zuständige Fachgruppen:

- I Bodenkunde, Pflanzenernährung und Düngung
- II Bodenuntersuchung
- X Bodenfruchtbarkeit und Agrarökologie

Federführung (in alphabetischer Reihenfolge):

Prof. Dr. K. Auerswald, Freising Prof. Dr. N. Claassen, Göttingen
Prof. Dr. W. Römer, Göttingen Prof. Dr. Dr. h.c. W. Werner, Bonn

unter Mitwirkung von:

Dr G. Baumgärtel, Hannover	Dr. P. Boysen, Kiel
Dr. A. Hamm, München	LD U. Hege, Freising
Dr. M. Kerschberger, Jena	Dr. M. Mokry, Karlsruhe
Dr. H. Neyer, Kempten (zeitweilig)	Dr. M. Rex, Kamperhof
Prof. Dr. Sauerbeck, Braunschweig	Prof. Dr. D. Steffens, Gießen
Dr. G. Steffens, Oldenburg	Dr. rer. nat. habil. L. Suntheim, Leipzig
PD Dr. F. Wiesler, Hannover	

Darmstadt, 10.12.2001

Impressum

Standpunkt des VDLUFA, 10.12.2001

Herausgeber: Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA)
Bismarckstr. 41 A, 64293 Darmstadt
Telefon: 0 61 51-95 58 40, Fax: 0 61 51-29 33 70
E-Mail: info@VDLUFA.de
Homepage: <http://www.vdlufa.de>

Präsident: Prof. Dr. G. Breitschuh

Redaktionelle Bearbeitung: Prof. Dr. W. Römer

Stellungnahmen (die Nennung des Namens ist nicht gleichbedeutend mit inhaltlicher Zustimmung):

Prof. Dr. R. Aldag, Speyer; Prof. Dr. D. Alt, Bohmte; Dr. E. Bihler, Veitshöchheim; Dr. L. v. Braunschweig, Kassel; Prof. Dr. G. Breitschuh, Jena; Dr. W. Burgdorf, Pattensen; Dr. B. Deller, Augustenburg; Dr. T. Diez, Seehausen; Dr. H. Eckert, Jena; E. Grantzau, Hannover; Dr. P. Gullich, Jena; Prof. Dr. Ch. Hecht-Buchholz, Berlin; L. Herold, Jena; Prof. Dr. G. Hoffmann, Freising; Prof. Dr. W. Horst, Hannover; Dr. K. Isermann, Hanhofen; Dr. R. Kluge, Augustenburg; Dr. V. König, Jena; Dr. K. Kummer, Limburgerhof; M.G. Lindhauer, Detmold; Dr. F.X. Maidl, Freising; Prof. Dr. W. Merbach, Halle; Dr. J. Moerschner, Göttingen; Dr. V. Mohaupt, Berlin; Dr. H. Munk, Heiligenhaus; Dr. M. Munzert, Freising; Dr. K. Orlovius, Kassel; Dr. G. Pasda, Limburgerhof; R. Paul, Jena; Dr. G. Pommer, Freising; Dr. D. Pradt, Frankfurt/Main; Dr. Roschke, Frankfurt/Oder; Dr. B. Scheffer, Bremen; Dr. T. Schwarick, Erfurt; Dr. E. Stimpfl, Laimburg; Dr. E. Viehausen, Düsseldorf; Dr. W. Zerulla, Limburgerhof; Dr. W. Zorn, Jena

Endredaktion: Dr. H.-G. Brod
Gesamtherstellung: VDLUFA, Selbstverlag

Die Standpunkte des VDLUFA sind urheberrechtlich geschützt.

Gegenwärtige Situation und Ziele

Die hohe Nährstoffbelastung der Oberflächengewässer vor allem mit Stickstoff und Phosphor wird begleitet von starkem Algenwachstum, unerwünschten Veränderungen der Gewässerflora sowie Sauerstoffmangel und negativen Auswirkungen auf die Fauna bis in die Meere. Internationale Gewässerschutz-Gremien fordern daher seit Jahren eine Reduzierung der Nährstoffeinträge. Besonders betroffen ist hier die Landwirtschaft, da sie über verschiedene Eintragswege einen relativ hohen Anteil zu dieser Gesamtbelastung beiträgt.

Nach jüngsten Schätzungen werden in der Bundesrepublik Deutschland jährlich ca. 25.000 t P aus der Landwirtschaft in die Fließgewässer eingetragen (Umweltbundesamt, 1997; Behrendt et al., 1999). Dies sind 43 % der Gesamtbelastung. Diese hohen P-Austräge sollten nicht nur aus Gründen des Gewässerschutzes, sondern auch wegen der weltweit begrenzten, zur Herstellung von Düngern geeigneten P-Vorräte deutlich verringert werden.

Aus den Bodenuntersuchungsergebnissen des VDLUFA geht hervor, dass bereits Mitte der 90er Jahre 25 bis 40 % der Ackerflächen den P-Gehaltsklassen D und E zuzuordnen waren, also Gehalte aufwiesen, die selbst für hohe bis sehr hohe Erträge nicht erforderlich sind. Nach neueren Nährstoffbilanzen ergeben sich für die Landwirtschaft der gesamten Bundesrepublik noch immer P-Überschüsse von durchschnittlich 8–12 kg/ha/a. Ursache hierfür sind vor allem die stark positiven P-Salden in einigen Regionen mit sehr hohem Viehbesatz. Demzufolge ist dort der Anteil der Böden mit hohen und sehr hohen P-Gehalten besonders hoch.

Die konsequente Umsetzung der in der **Düngeverordnung (DüV) von 1996** geforderten „bedarfsgerechten Düngung“, stets unter Einbeziehung der Gehalte des Bodens an pflanzenverfügbarem P, soll letztlich zu einer Angleichung dieser P-Gehalte an die generell anzustrebende Gehaltsklasse C führen. Diesem Ziel dient auch der VDLUFA-Standpunkt „Phosphordüngung nach Bodenuntersuchung und Pflanzenbedarf“ von 1997, dessen Empfehlungen aus über 300 Feld- und Grünlandversuchen in der gesamten Bundesrepublik wissenschaftlich abgeleitet wurden.

Zu dem übergeordneten Grundsatz der „bedarfsgerechten Düngung“ nach DüV und dem entsprechenden VDLUFA-Standpunkt zur P-Düngung steht jedoch die Regelung nach § 3 Abs. 6 der DüV in fachlichem Widerspruch, da sie die Ausbringung von Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft auch noch auf sehr hoch mit P versorgten Böden bis zur Höhe des P-Entzuges (Abfuhr) erlaubt. Hierdurch sollen viehhaltende Betriebe in der Lage bleiben, die in den Wirtschaftsdüngern enthaltenen anderen Pflanzennährstoffe weiterhin zu verwerten, auch wenn dort an sich kein P-Düngebedarf mehr besteht. Durch diese Einschränkung kann zumindest eine weitere P-Anreicherung dieser Böden verhindert werden. Ausdrücklich ausgenommen davon sind diejenigen Standorte, auf denen durch weitere P-Zufuhr in Form von Wirtschaftsdüngern „schädliche Auswirkungen auf Gewässer“ zu erwarten sind.

Die gegenwärtige ordnungsrechtliche Grenze, d. h. der Schwellen- bzw. Eingriffswert, ab dem die „sehr hohe“ P-Versorgung nach § 3 Abs. 6 DüV beginnt, wurde in den Verwaltungsvorschriften einiger Bundesländer pauschal mit 50 mg P₂O₅ (22 mg P) /100g Boden nach der CAL/DL-Bodenuntersuchungsmethode (= Lactat-P) definiert. Diese Grenze ist allein für den Verwaltungsvollzug begründet und damit nicht gleichzusetzen mit dem Beginn der Gehaltsklasse E des Auswerteschemas des VDLUFA, bei der keinerlei P-Düngung mehr empfohlen wird.

Für den VDLUFA hat deshalb § 3, Abs. 6 der DüV aus den Aspekten der Phosphorennährung der Pflanze und der Ressourcenschonung keine sachliche Rechtfertigung. Dessen ungeachtet sieht es jedoch der VDLUFA als seine Aufgabe an, eine sachgerechte Vorgehensweise für die Umsetzung von § 3 Abs. 6 der DüV in der Praxis anzubieten.

Deshalb werden nach Darlegung der Belastbarkeitsgrenzen der Oberflächengewässer durch P und einer Skizzierung der wichtigsten Wege des P-Austrags aus landwirtschaftlichen Flächen folgende Ziele mit diesem VDLUFA-Standpunkt verfolgt:

- Ausgehend vom derzeitigen Wissen über das Bindungs- und Verlagerungsverhalten von Phosphat im Boden werden Leitlinien zur Abschätzung der potentiellen Gefährdung der Gewässer durch P-Einträge aus der Landwirtschaft vorgeschlagen.
- Es werden ursachenorientierte und an den Qualitätszielen für Oberflächengewässer ausgerichtete Kriterien und Maßnahmen zur Reduzierung dieser Gewässerbelastung dargestellt, wobei diese Überlegungen auch ökonomische Belange der landwirtschaftlichen Produktion mit einschließen.

Kritische P-Gehalte von Gewässern

Nach dem Kenntnisstand der Gewässerökologen gibt es keinen für alle Gewässer einheitlichen Richtwert für den noch zu tolerierenden P-Gehalt. Die unterschiedlichen Gewässertypen unterscheiden sich in ihrer Eutrophierungsneigung, woraus sich entsprechend differenzierte kritische P-Gehalte ableiten lassen.

Am stärksten gefährdet sind abflusslose bzw. **stehende Gewässer (Seen)**. Als wünschenswertes Ziel wird hierfür der potentiell natürliche Zustand angestrebt. Dieser entspricht in der Regel oligo- bis maximal mesotrophen Verhältnissen, die je nach Typ des Sees (z. B. Flachsee, Tiefsee) bereits bei Konzentrationen $< 0,045$ mg Gesamt-P/l gegeben sind. Die Eutrophierungsgefährdung der **Fließgewässer** ist in Abhängigkeit von Gewässertyp, Morphologie, Abflussdynamik, Art der dominierenden Gewässerflora, Nährstoffsituation, Belichtung und anderen Faktoren sehr unterschiedlich.

Basierend auf der „Studie über die Wirkungen und Qualitätsziele von Nährstoffen in Fließgewässern“ (Hamm, 1991) und darüber hinausgehenden Untersuchungen setzte die LAWA (1998a) für die Güteklasse II von Fließgewässern („mäßige Belastung“) als Zielvorgabe $< 0,15$ mg Gesamt-P/l bzw. $< 0,10$ mg P/l als gelöstes Orthophosphat fest. Bei diesen als „gerade noch tolerabel“ angesehenen P-Gehalten werden in planktondominierten, gestauten Fließgewässern kritische Spitzenkonzentrationen an Chlorophyll (=Phytoplankton) und gefährliche Sauerstoffdefizite vermieden. Da solche Gewässer aber trotzdem noch als unerwünscht eutroph gelten, wird für Fließgewässer längerfristig das für mesotrophe Verhältnisse erforderliche Qualitätsziel von $< 0,10$ mg Gesamt-P/l bzw. $< 0,04$ mg Orthophosphat-P/l angestrebt (LAWA, 1998b).

Wege des P-Austrags aus landwirtschaftlichen Nutzflächen

Im Durchschnitt der Bundesrepublik Deutschland stellt die Bodenerosion die mengenmäßig wichtigste diffuse Gewässerbelastung mit Phosphat dar, auch wenn in Regionen mit geringer Erosionsgefährdung die versickerungsbedingten P-Einträge über Grund- und Dränwasser dominieren. Hieraus leiten sich auch unterschiedliche Prioritäten für die jeweils durchzuführenden Vermeidungsmaßnahmen ab.

Bodenerosion

Der Hauptanteil des aus der Landwirtschaft in die Gewässer eingetragenen Phosphates stammt aus dem erosiven Bodenabtrag (Mitte der 90er Jahre ca. 18.500 t P/Jahr = 31 % der Gesamteinträge; nach: Umweltbundesamt, 1997). Verantwortlich dafür sind im wesentlichen zwei Faktoren:

- **Bodenabtrag:** In Folge von Flurbereinigung und der Zunahme erosionsfördernder Anbauverfahren und -systeme (z.B. Maisanbau) in Hanglagen nahm der Bodenabtrag in den letzten 40 Jahren regional beträchtlich zu (ca. 30%).
- **P-Anreicherung des Bodens:** Seit den 60er Jahren ist es als Folge der verstärkten Düngung und Viehhaltung zu einer zunächst erwünschten, später aber vielfach auch über die pflanzenbaulichen Erfordernisse hinausgehenden Anhebung der P-Gehalte gekommen. Vor allem in viehstarken Regionen hat der Anteil der Böden in den Gehaltsklassen D und E (hoch bzw. sehr hoch) bis in die 90er Jahre stark zugenommen.

Auf gefährdeten Standorten ist Erosionsschutz schon aus Bodenschutzgründen dringend erforderlich. Der erosionsbedingte P-Eintrag in die Gewässer verleiht solchen Erosionsschutzmaßnahmen jedoch eine zusätzliche Dringlichkeit. Bodenschutz ist daher in solchen Fällen gleichbedeutend mit Gewässerschutz. Durch Erosionsschutzmaßnahmen kann der Boden- und P-Eintrag in Fließgewässer rasch und wirksam reduziert werden. Dies gilt jedoch vorrangig für das an Bodenpartikel gebundene Phosphat. Dagegen sinkt die Konzentration an gelöstem Phosphat im Oberflächenabfluss wegen der hohen P-Nachlieferung gut mit P versorgter Böden nur langsam. Ebenso dauert im Gewässer selbst die P-Freisetzung aus Gewässersedimenten an.

Versickerung

Im Gebiet der Bundesrepublik Deutschland gelangen jährlich ca. 2.500 t P über den Sickerwasserabfluss in die Fließgewässer (UBA, 1997). Bis in die jüngste Vergangenheit wurde die versickerungsbedingte Verlagerung im Bodenprofil – Moorböden ausgenommen – von maximal 0,5 bis 1 kg P/ha und Jahr mengenmäßig als unbedeutend angesehen. Dies mag aus rein agronomischer Sicht auch berechtigt sein, kann jedoch dann zu gewässerökologisch negativen Auswirkungen führen, wenn in Folge der P-Zufuhr über Drän- und Grundwasser die oben erwähnten P-Richtkonzentrationen zum mesotrophen Zustand von Oberflächengewässern überschritten werden. Insbesondere niederschlagreiche Regionen mit vielen Seen (Oberschwaben, Allgäu, Chiemgau) sowie die Marschgebiete (zusätzlich Oberflächenabfluss in die Gruppen) sind trotz hohen Grünlandanteils hiervon betroffen.

Die Wasserversickerung verläuft einerseits mehr oder weniger gleichmäßig durch die Bodenmatrix hindurch, andererseits aber auch über Grobporen, Risse und Spalten in tiefere Bodenschichten bis in die Dränanlagen und das Grundwasser hinein. Insbesondere auf schweren Böden und bei Grünland ist mit Grobporenfluss zu rechnen.

Der versickerungsbedingte P-Austrag (gelöster und partikulärer P) wächst naturgemäß mit

- zunehmender P-Sättigung des Oberbodens,
- steigender Sickerwassermenge, die wiederum von der Höhe der Niederschläge und der Feldkapazität abhängig ist,
- zunehmendem Grobporen-Anteil und
- abnehmender Sickerstrecke (hoch anstehende Dränanlagen, Verdichtungszone oder geringer Grundwasserflurabstand).

Bei ungünstiger Konstellation dieser Faktoren kann P auch in tiefere Bodenschichten bis ins Dränwasser bzw. in hoch anstehendes Grundwasser verlagert werden. Ein regelmäßiger Zusammenhang zwischen dem P-Gehalt des Oberbodens und der P-Konzentration des Sickerwassers in Unterböden wurde allerdings aufgrund des komplexen Zusammenspiels dieser Faktoren bisher nicht nachgewiesen. Allein aus den Untersuchungsergebnissen des Oberbodens ist daher auch keine klare Prognose der P-Austragsgefährdung möglich. Wohl aber lässt der Gehalt an leicht löslichem P im Unterboden eine entsprechende Vorhersage zu.

Grundsätzlich bedingt jede unnötige P-Anreicherung im Oberboden eine zunehmende Aufsättigung von dessen P-Sorptionskapazität bzw. steigende P-Konzentrationen der Bodenlösung und als deren Folge eine erhöhte P-Verlagerung. Auch wenn es dadurch in den austragsrelevanten Bodentiefen (Grundwasseroberkante, Dräntiefe) der meisten Böden noch nicht zu für den Gewässerschutz relevanten P-Konzentrationen gekommen ist, so stellt doch jeder P-Austrag aus der durchwurzelten Bodenzone aus der Sicht des Recourssenschutzes und der Ökonomie einen Verlust dar.

Indikatoren zur Prognose des versickerungsbedingten P-Austrags

P-Gehalte in der anzustrebenden Gehaltsklasse C (4,5 – 9,0 mg P bzw. 10,0 – 20,0 mg P₂O₅/100 g Boden in lactatlöslicher Form) entsprechen in der Regel Konzentrationen im Bodenwasser der Oberkrume von Mineralböden von 0,3 – 0,8 mg P/l. Diese vergleichsweise „eutrophe“ Bodenlösung im Wurzelraum ist Voraussetzung für ein optimales Pflanzenwachstum. Gelangt jedoch diese Bodenlösung bis in die Dränanlage bzw. den Vorfluter, so stellt das aus Sicht des Gewässerschutzes bereits eine potentielle Gefährdung dar. Insofern besteht hier ein grundsätzlicher Zielkonflikt zwischen Landwirtschaft und Gewässerschutz, der für die Gefährdungsabschätzung und daraus abzuleitende Empfehlungen und Maßnahmen zwangsläufig eine Güterabwägung erforderlich macht.

Die aus den ökologisch tolerierbaren Trophiegraden für Oberflächengewässer abgeleiteten P-Richtkonzentrationen können aber auch aus anderen Gründen nicht unverändert als Richtwerte für die zulässigen P-Konzentrationen des aus landwirtschaftlichen Flächen ins Grund- und Dränwasser eingetragenen Sickerwassers herangezogen werden, zumal Dränwasser und Grundwasser eine unterschiedliche Betrachtung erfordern:

- So sorbiert die Bodenmatrix der Sickerzone und des Grundwasserleiters einen Teil des Phosphats und vermindert dadurch mehr oder weniger deutlich die P-Konzentration. Für das aus geringeren Bodentiefen stammende Dränwasser trifft das allerdings weniger zu.
- Grund- und Dränwasser aus landwirtschaftlichen Flächen sind keineswegs die alleinigen Zuflusskomponenten eines Oberflächengewässers. Die hydrologische Gesamtsituation des Gewässerinzugsgebietes spielt daher eine entscheidende Rolle.
- Außerdem kommt es in Abhängigkeit von der Abflussgeschwindigkeit auch im Gewässersystem selbst zu Retentionen von P, die zumindest teilweise irreversibel sind und daher konzentrationsmindernd wirken.

Auf Grund dieser komplexen Zusammenhänge werden für Einzugsbereiche von Seen und Fließgewässern folgende **Orientierungswerte für in Grund- und Dränwasser eingetragenes Sickerwasser** vorgeschlagen, **oberhalb derer** eine gewässerökologische Gefährdung eintreten kann:

- Bodenlösung (Sickerwasser) in 60-90 cm Bodentiefe bzw. an der Grundwasser-Oberkante: 0,20 mg Gesamt-P/l bzw. 0,15 mg Orthophosphat-P/l.
- Dränwasser (Ablauf): 0,12 mg Gesamt-P/l bzw. 0,08 mg Orthophosphat-P/l.

Ob das Überschreiten dieser Orientierungswerte im Einzelfall „schädliche Auswirkungen“ auf das Gewässer im Sinne von § 3 Abs. 6 DüV hat, hängt sowohl vom erfassten Zeitraum (Einzelmesswert oder Mittelwert einer längeren Periode) als auch von der Repräsentanz dieser Fläche für das Einzugsgebiet (räumliche Mischung) ab. Empfindliche Seen unter ungünstigen Bedingungen (fast ausschließlich landwirtschaftlich genutztes Einzugsgebiet, hoher Anteil Dränanlagen, geringe Seetiefe) erfordern niedrigere Orientierungswerte. Diese sind lokal mit den zuständigen Wasserbehörden festzulegen.

Schlussfolgerungen für die Bodenuntersuchungspraxis und Schutzmaßnahmen

Die folgenden Hinweise und Empfehlungen sollen eine Identifizierung von landwirtschaftlich genutzten Flächen, von denen eine Gewässerbelastung mit P ausgehen kann, ermöglichen. In Frage kommen hierfür vorrangig bereits „sehr hoch“ mit P versorgte Flächen (Gehaltsklasse E bzw. P-Gehalte oberhalb des Eingriffswertes der Verwaltungsvorschriften), die vor allem in Betrieben, deren P-Anfall aus der Tierhaltung die P-Abfuhr mit den Ernteprodukten deutlich übersteigt und in Betrieben mit bestimmten Sonderkulturen zu finden sind.

Ermittlung und Beurteilung des durch Erosion möglichen P-Abtrages

Zur Ermittlung der Flächen mit hoher Erosionsdisposition sind in allen Bundesländern Erosionskataster zu erstellen, die für eine praktische Auswertung nutzbar sind. Die Erosionsgefährdung kann durch die „Allgemeine Bodenabtragsgleichung“ (Schwertmann et al., 1987) ermittelt werden. Solange noch kein Erosionskataster existiert, kann auch die Hangneigung als einfaches Maß der standörtlichen Erosionsdisposition dienen. Bei Hangneigungen > 2 % ist von einer solchen Gefährdung auszugehen. Auf allen derartigen Standorten sind sowohl aus Boden- als auch aus Gewässerschutzgründen gezielte acker- und pflanzenbauliche **Erosionsschutzmaßnahmen** erforderlich.

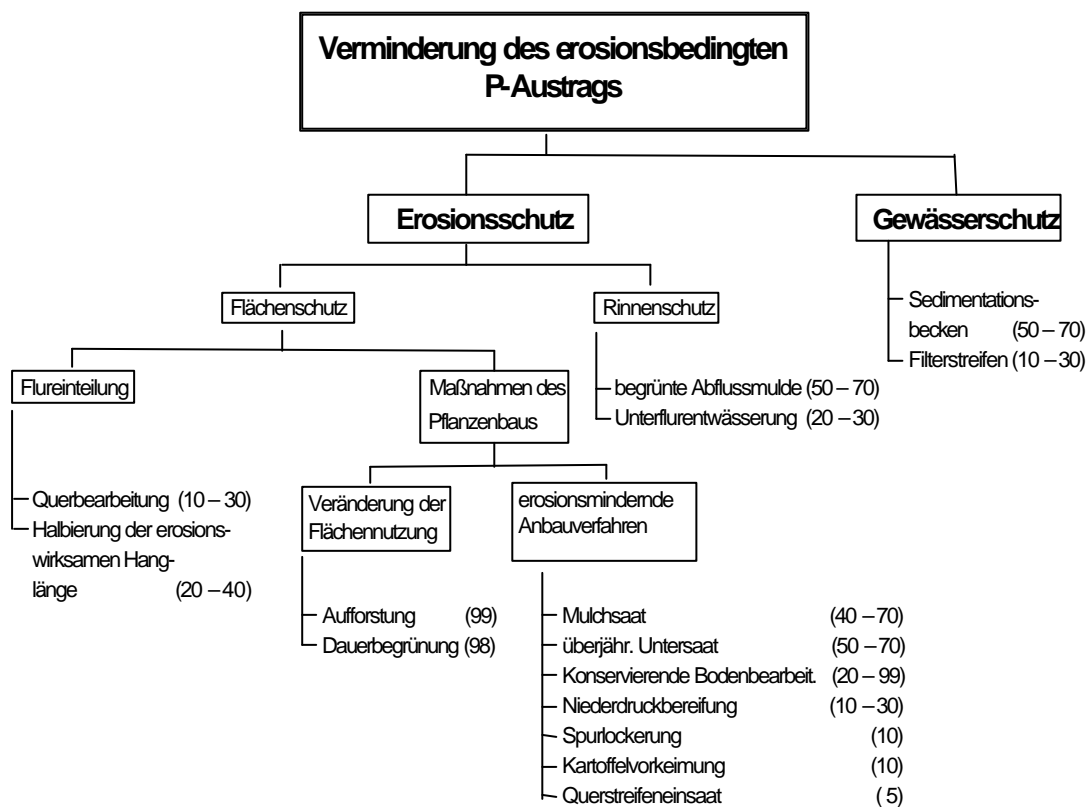


Abb.1: Prozentuale Verminderung des P-Austrags aus Ackerflächen durch Maßnahmen zur Minderung von Oberflächenabfluss und Bodenabtrag

Mögliche Erosions- und Gewässerschutzmaßnahmen sowie deren zu erwartende Wirksamkeit hinsichtlich der Verminderung der P-Verlagerung sind in Abb.1 zusammengefasst. Die Verminderung durch die Kombination mehrerer Maßnahmen kann mit Hilfe folgender Gleichung berechnet werden, wobei w_1 bis w_n die Wirksamkeit der n Einzelmaßnahmen aus Abb. 1 repräsentiert.

$$\text{Verminderung} = 100 - (100 - w_1) \cdot \frac{(100 - w_2)}{100} \cdot \dots \cdot \frac{(100 - w_n)}{100}$$

Beispiel: Minderung des P-Austrages durch Mulchsaat (40 - 70, häufig 50 %) und begrünte Abflussmulden (50 - 70, häufig 60 %) ergibt in Kombination

$$\text{Verminderung} = 100 - (100 - 50) \cdot \frac{(100 - 60)}{100} = 80 \%$$

Der P-Austrag wird folglich durch die Kombination beider Maßnahmen im Mittel um 80 % gesenkt. Auf abtragsgefährdeten Standorten mit „sehr hoher“ P-Versorgung ist ohne hochwirksame Erosionsschutzmaßnahmen eine weitere Ausbringung von Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft nicht mehr zu gestatten, wenn der erosionsbedingte Bodenabtrag unmittelbar oder über das Wegenetz in die Gewässer gelangen kann.

Ermittlung und Beurteilung des durch Versickerung möglichen P-Austrags

Acker- und Grünlandstandorte mit „sehr hohen“ Gehalten an lactatlöslichem P im Oberboden sind zusätzlich zu beproben und auf entsprechende P-Fractionen zu untersuchen:

- a) in der Bodenschicht von 60 – 90 cm Tiefe, wenn der Grundwasserflurabstand weniger als 1 m beträgt,
- b) bei Vorhandensein einer Dränanlage in der dieser unmittelbar aufliegenden Bodenschicht (bis 20 cm). Die zu beprobende Fläche sollte einen Streifen von 0,5 m beidseitig des Dräns umfassen.

Liegen in den genannten Bodenschichten die Gehalte an lactatlöslichem P bei ≥ 6 mg $P_2O_5/100$ g Boden (= 2,6 mg P/100 g) oder der Gesamt-P-Gehalt in der Bodenlösung bei $\geq 0,2$ mg/l oder der gelöste PO_4 -P-Gehalt im Dränwasser bei $> 0,08$ mg/l vor, ist näher zu prüfen, ob dadurch im Sinne von § 3 Abs. 6 DüV „schädliche Auswirkungen auf Gewässer“ zu erwarten sind. Ist dies der Fall, so hat jegliche weitere P-Zufuhr durch Düngungsmaßnahmen zu unterbleiben. Die zuständigen Behörden werden die Berechtigung dieser Auflagen in angemessenen Zeiträumen überprüfen.

Literatur:

- Behrendt et al., 1999: Nährstoffbilanzierung der Flussgebiete Deutschlands, UBA-FB 99-087.
- Hamm, A. (Hrsg.) 1991: Studie über Wirkungen und Qualitätsziele von Nährstoffen in Fließgewässern. Academia Verlag, Sankt Augustin.
- LAWA (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser), 1998a: Zielvorgabe zum Schutz oberirdischer Gewässer, Bd. III, 1. Aufl., Kulturbuchverlag Berlin.
- LAWA (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser), 1998b: Beurteilung der Wasserbeschaffenheit von Fließgewässern in der BRD – Chemische Gewässergüteklassifikation. Kulturbuchverlag Berlin.
- Schwertmann, U., Vogl, W. und Kainz, M., 1987: Bodenerosion durch Wasser – Vorhersage des Bodenabtrags und Bewertung von Schutzmaßnahmen. Ulmer, Stuttgart, 67 S.
- Umweltbundesamt (UBA, Hrsg.), 1997: Daten zur Umwelt. Erich Schmidt Verlag Berlin.
- VDLUF^A (Hrsg.) 1999: Hohe P-Gehalte im Boden – mögliche Folgen für die Umwelt – Konsequenzen für die Ausbringung von phosphorhaltigen Düngemitteln. VDLUF^A-Schriftenreihe 50.

Eine erweiterte Literaturliste kann beim Redakteur angefordert werden:
Prof. Dr. W. Römer, Institut für Agrikulturchemie, Von-Siebold-Str. 6, 37075 Göttingen.