

Wilhelm Römer

Sind oberhalb von 50 mg P₂O₅/100 g Boden schädliche Auswirkungen auf Gewässer zu erwarten?

Does more than 50 mg P₂O₅/100 g soil lead to water pollution?

Zusammenfassung

Die Düngeverordnung des Jahres 1996 erlaubt bei sehr hohen P-Gehalten im Boden (50 mg P₂O₅/100 g Boden nach der CAL-Methode) die weitere Ausbringung von Wirtschaftsdüngern. Der Beitrag beschäftigt sich deshalb mit dem möglichen P-Austrag aus Böden mit sehr hohen P-Gehalten, um auf die Gefahren der möglichen Eutrophierung von Oberflächengewässern hinzuweisen.

Summary

The German fertilisation ordinance of 1996 allows the continued application of organic fertilizers at very high phosphorus concentrations in soil (lactate extractable P: 50 mg P₂O₅/100 g soil). This article considers P losses from soils rich in phosphorus and possible eutrophication of surface waters.

1 Einleitung

Die Empfehlungen zur Phosphordüngung basieren bundeseinheitlich auf dem System der fünf Gehaltsklassen A bis E des VDLUFA. Danach ist Gehaltsklasse C anzustreben, da innerhalb dieser Klasse hohe und höchste Erträge bei vertretbaren Düngerkosten erzielt werden, also unter rentablen Bedingungen gewirtschaftet werden kann. Uneinheitlich waren aber die in den einzelnen Bundesländern benutzten Extraktionsmethoden (DL, CAL, H₂O) und die Grenzwerte für die Einteilung der Gehaltsklassen. Eine Folge davon war, daß z. B. für Böden, die von zwei benachbarten Anstalten untersucht wurden, stärker voneinander abweichende Düngungsempfehlungen erteilt wurden. Die Düngewirkung hängt zwar von regionalen Boden- und Witterungsbedingungen ab, so daß Grenzwerte differieren können, aber manche Unterschiede in den Empfehlungen waren ungerechtfertigt hoch. Zur Beseitigung dieser Diskrepanzen wurden vom VDLUFA über 200 längerfristige P-Düngungsversuche ausgewertet [10]. Zwei wichtige Schlußfolgerungen wurden dabei gezogen: Bei den Extraktionsmethoden wird die Calciumacetatmethode (CAL) als Verbandsmethode favorisiert. Für Sandböden soll die Doppellactatmethode (DL) beibehalten werden. Für Gehaltsklasse C (= hoch versorgt) werden 10 bis 20 mg P₂O₅/100 g Boden nach der CAL-Extraktion für ausreichend gehalten. In Gehaltsklasse E (> 34 mg P₂O₅/100 g Boden) ist die P-Düngung zu unterlassen. Dazu im Widerspruch steht der § 3 (6) der Düngeverordnung bzw. die entsprechende Verwaltungsvorschrift,

denn danach dürfen noch P-Mengen mittels Wirtschaftsdünger in Höhe der P-Abfuhr durch Ernteprodukte ausgebracht werden, wenn die Bodengehalte 50 mg P₂O₅/100 g Boden überschritten haben.

Der Gesetzgeber stimmt also einer Ausbringung von P-haltigen Wirtschaftsdüngern für Bedingungen zu, unter denen eine Düngung keine Ertragswirkung hervorbringt. Damit wird die unnütze Belastung der Umwelt mit Nährstoffen bewußt in Kauf genommen. Sie soll begrenzt werden durch die Bedingung, daß eine Ausbringung von Wirtschaftsdüngern oberhalb von 50 mg P₂O₅/100 g Boden nur erfolgen darf, wenn keine schädlichen Auswirkungen auf Gewässer zu erwarten sind. Leider ist an keiner Stelle definiert, was unter schädlichen Auswirkungen konkret zu verstehen ist. Daraus erwächst die Gefahr, daß auf Flächen, die bereits sehr hoch mit P versorgt sind, weiterhin P-haltige Dünger ausgebracht werden, und damit der Eutrophierung der Gewässer Vorschub geleistet wird.

In diesem Beitrag soll deshalb der Frage nachgegangen werden, unter welchen Boden- bzw. Wirtschaftsbedingungen die P-Einträge in die Gewässer so hoch sind, daß die von der Wasserwirtschaft tolerierten P-Gehalte überschritten werden. Dabei sind die Standorte mit P-Gehalten im Oberboden (Krume) von mehr als 50 mg P₂O₅/100 g Boden von besonderem Interesse.

2 Höhe der tolerierbaren Phosphorgehalte in den Gewässern

Für Seen ist die Eutrophierungsgefahr durch Phosphor besonders groß. So werden 60 µg P/L im bayerischen Hopfensee nicht mehr als tolerierbar angesehen. Es wird nach Wegen gesucht, die diffusen P-Einträge (Landwirtschaft) weiter zu reduzieren [8]. Für Fließgewässer werden in einer detaillierten Studie [7] deutlich höhere Werte akzeptiert. Als Maßstab gilt aber auch dort die Menge an Biomasse, deren Bildung von der P-Konzentration des Wassers abhängig ist, und für deren Abbau eine bestimmte Menge an Sauerstoff nötig ist.

Als Richtwert sollen 100 µg Chlorophyll/L als Maß für die pflanzliche Biomasse nicht oder nur kurzzeitig überschritten werden. Bei höherer Biomassebildung wird der O₂-Haushalt nach Absterben der Biomasse gefährdet. Ein Rechenbeispiel, das auf [15] zurückgeht, soll das Vorgehen deutlich machen: Wird z. B. für Scenedesmus eine maximale Wachstumsrate μ_{\max} von 1,8 und ein K_P von 50 µg P/L angenommen, so ergeben sich folgende Wachstumsraten μ bei I = 1000 J/cm² · d, 18°C und variierten P-Konzentrationen (µg P/L):

P-Konzentration	Wachstumsrate	Anstieg des Chlorophyllgehaltes in 2 Tagen
1000 µg P/L	µ = 1,38	von 10 auf 160 µg/L
500 µg P/L	nicht angegeben	von 10 auf 140 µg/L
200 µg P/L	µ = 1,14	von 10 auf 98 µg/L

Daraus wurde abgeleitet, daß eine Senkung des Gehaltes an gelöstem Phosphat auf 0,16 bis 0,2 mg Gesamt-P/L eine recht wirksame Maßnahme ist und für Flüsse wie Ruhr und Main als gerade noch tolerabel gelten können. Dabei wird davon ausgegangen, daß der gelöste P-Anteil bei über 75 % bis 90 % liegt. Auf weitere Einzelheiten, die im konkreten Fall das Qualitätsziel eines Gewässers weiter mitbestimmen (wie Sekundärproduktion (Zooplankton), Belastung des O₂-Haushaltes, pH-Anstieg durch photosynthetischen CO₂-Entzug, u. a.) kann hier nicht eingegangen werden. Aber auf die EG-Fischgewässer-Richtlinie vom 18. Juli 1978 (78/659 EWG) ist unbedingt hinzuweisen. Danach werden für Salmonidengewässer 65 µg P/L und für Cyprinidengewässer 130 µg P/L als Richtwerte angegeben.

Außerdem wurde in der Studie [7] auf ein „weiterreichendes Qualitätsziel“ für Phosphor in gestauten Fließgewässern verwiesen, wenn sie zur Trinkwassergewinnung genutzt werden. Dann ist das Qualitätsziel für Chlorophyll im Fließwasser 30 µg/L. Dies wird in Abhängigkeit von den einzelnen Gewässerspezifika bei P-Konzentrationen von 50 bis 150 µg P/L Gesamt-Phosphor erreicht. Dieses weiterreichende Qualitätsziel gilt für die Vegetationsperiode. Es deckt sich im wesentlichen mit der EG-Fischgewässer-Richtlinie.

Welche Schlußfolgerungen ergeben sich daraus für die Beurteilung von Wasser, das landwirtschaftlich genutzte Flächen verläßt? Die Anforderungen an die tolerierbaren P-Gehalte reichen von 20 bis 30 µg P/L (Seen), wie sie bereits von der OECD 1982 vorgeschlagen wurden [19], bis zum Bereich von 160 bis 200 µg P/L für die Fließgewässer. Generell P-Gehalte von 20 bis 30 µg/L zu fordern, wie sie in nicht anthropogenen Gewässern vorkommen, ist eine unrealistische Forderung, wenn sie auch im Einzelfall zutreffen mag [8]. Standortliche Gegebenheiten entscheiden mit über tolerierbare P-Gehalte. Treten in Sickerwässern, Dränwässern und im run off P-Gehalte von > 200 µg P/L auf, so sind vor Ort zwischen Wasserwirtschaft, Landwirtschaft und staatlicher Verwaltung (Hilfsprogramme für die Landwirte) Maßnahmen zu treffen, um P-Einträge in die Fließgewässer zu reduzieren. Im folgenden Abschnitt soll analysiert werden, unter welchen Bedingungen P-Konzentrationen im Wasser von Vorflutern landwirtschaftlicher Nutzflächen auftreten, die Werte von 160 bis 200 µg P/L erreichen bzw. überschreiten und somit für Fließgewässer nicht tolerierbar sind.

3 Phosphorausträge aus landwirtschaftlichen Nutzflächen in die Gewässer

Aus „Daten zur Umwelt 1997“ des Umweltbundesamtes geht hervor, daß bei den P-Einträgen in die Gewässer die Landwirtschaft mit über 40 % beteiligt ist (Tabelle 1).

Dabei kommt der Erosion eine hohe Bedeutung zu. Ihre Wirkung ist natürlich um so größer, je höher die Boden-P-Gehalte sind. Dazu liegen einschlägige Untersuchungen vor [7]. Dieses Problem ist jedoch bis zu einem gewissen

Tabelle 1 Phosphoreinträge in Fließgewässer 1995 (nach Daten zur Umwelt 1997)

	1000 t	%
Diffuse Einträge:		
Niederschlag	1	2
Einleitungen Landwirtschaft	7	12
Erosion	18,5	31
Dränwasser	1,5	3
Grundwasser	1	2
Punktförmige Einträge:		
Industrie	6	10
Häusliche Abwässer	17	30
Regenwasserbehandlung	6	10
Summe	58	100

Grad lösbar, wie das Schema in Bild 1 und die Resultate von [1] zeigen (Bild 2). Internationale Ergebnisse [2] bestätigen dies. Die negative ökologische Bewertung sehr hoher

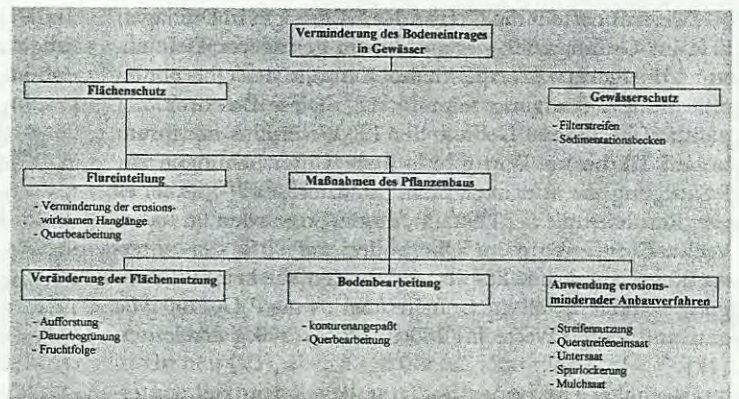


Bild 1 Maßnahmen zur Verminderung des erosionsbedingten Nährstoffeintrages [7]

Boden-P-Gehalte durch die Thüringische Landesanstalt für Landwirtschaft [5] bei der Bewertung landwirtschaftlicher Betriebe trägt diesem Problem bereits Rechnung.

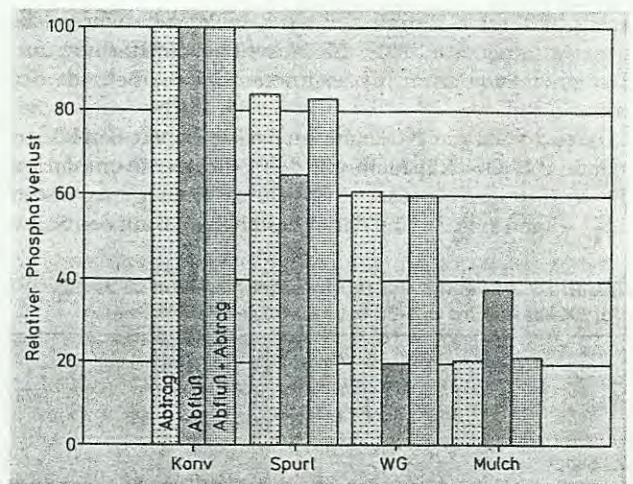


Bild 2 Einfluß verschiedener erosionsmindernder Anbauverfahren von Mais auf den P-Abtrag, -Abfluß und -Gesamtverlust (berechnet für eine Maisvegetationsperiode aus den Daten mehrjähriger Beregnungsversuche) [1]

konv = konventionell gesäteter Mais
 Spurl = Maissaat mit anschließender Spurlockerung
 WG = Mais mit Wintergersteneinsatz nach jeder 2. Reihe
 Mulch = Mulchsaatverfahren

Tabelle 2 Gehalte einzelner Bodenschichten an DL-löslichem Phosphor und Gesamt P-Konzentrationen in den Bodenlösungen der einzelnen Bodenschichten bei 17jähriger Düngung mit Schweinegülle (Standort: Heidkamp, humoser Sand); nach [20]

Gülle m ³	Variante P ₂ O ₅ kg	mg P ₂ O ₅ /100 g		
		0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm
0	0	40	24	9
30	100	46	31	6
60	200	57	34	6
µg P/L (Bodenlösung)				
0	0	3470	300	300
30	100	n. b.	n. b.	60
60	200	7750*	590*	279
120	400	17 050**	650***	341***

n. b. = nicht bestimmt,

* ca. 50 % Orthophosphat-P, 50 % organisch gebundener P

** ca. 80 % Orthophosphat-P

*** ca. 90 % organisch gebundener P

Zweitens besteht die Gefahr des P-Eintrages in Dränagen bzw. ins Grundwasser, wenn dieses in geringerer Tiefe ansteht, die Sickerwasserspende hoch ist und der Oberboden eine hohe P-Sättigung zeigt [4, 18]. Diese Beschreibung paßt auf bestimmte Gebiete der LK Weser-Ems mit ihrem hohen Tierbesatz. Dort gibt es erste Untersuchungen zur P-Sättigung, die aber noch nicht publiziert sind [6]. Aber es gibt Resultate mit der Laktatmethode. So wurden im Raum Vechta-Cloppenburg im Oberboden auf 90 % der untersuchten Standorte Laktatwerte gefunden, die keiner P-Düngung bedürfen, weil die Gehalte über 34 mg P₂O₅/100 g lagen und einige Werte bis 180 mg P₂O₅/100 g erreichten [12].

P-Gehalte von Bodenlösungen liegen von den untersuchten Standorten nicht vor, aber von einem anderen humosen Sandboden in diesem Raum (Tabelle 2) nach [20]. Nach 17jähriger Düngung mit jährlich 60 m³ Schweinegülle (≈ 200 kg P₂O₅/ha) wurden in 0-30 cm Tiefe 57 mg P₂O₅ DL-P/100 g und 7750 µg P/L (50 % als anorganisches Phosphat) in der Bodenlösung gemessen. In 30-60 cm Tiefe waren es noch 34 mg P₂O₅ DL-P/100 g und 590 µg P/L. Bei noch höheren Güllegaben stiegen die Werte weiter an. In einer internen Studie der LK Weser-Ems mit P-armen und P-reichen Standorten [6] zeichneten sich die Befunde der Tabelle 3 ab.

Wenn auch die P-Gehalte im Wasserextrakt der Böden (Boden: H₂O = 1:2) nicht mit den P-Gehalten von nativen Bodenlösungen identisch sind – diese können geringer sein [17] – kann kein Zweifel daran bestehen, daß auf den Sand-

Tabelle 3 Bodenuntersuchungsergebnisse von 38 Böden der LK Weser-Ems in 0-30 bzw. 60-90 cm Tiefe

	0-30 cm Humus %	0-30 cm DL-P mg P ₂ O ₅ /100 g	60-90 cm Anorg. P im Bodenextr. ¹⁾ mg/L
22 Sandböden	2-12	2-90	0,03-13,2
6 lehmige Sande	2-23	12-225	0,04-0,6
10 Sandmischkulturen	3-11	14-63	0,03-0,35 bei < 4% Humus 1,16-2,5 bei 4-15% Humus 2,4-15,2 bei > 15% Humus

¹⁾ Boden zu Wasser = 1 : 2

böden bei hohen Gehaten an laktatlöslichem P eine Verlagerung in den Unterboden geschieht, wobei dem Humusgehalt offenbar eine gravierende Rolle zukommt, wie die Sandmischkulturen deutlich machen. Diese Erkenntnis deckt sich mit den Arbeiten aus Bremen [11]. Auf P-reichen Sand- und Moorböden ist also mit sehr hohen P-Konzentrationen in größerer Tiefe zu rechnen. Gleiches wird auf den viehstarken Standorten in Belgien [4] und den Niederlanden beobachtet [18]. Dort arbeitete man auf Sandböden (Feldversuche) mit einer variierten Phosphatsättigung (DPS) von 25 bis 100 %. Sie düngten 0; 48 bzw. 87 kg P/ha und bestimmten die P-Konzentration im Bodenwasser vor und 5 Wochen nach der P-Applikation. Bei 50 % DPS lag die P-Konzentration schon ohne P-Zufuhr bei 1000 µg P/L. Sie stieg auf ca. 4000 µg P/L an, wenn der Boden mit P gesättigt war. Bei P-Düngung mit 87 kg P/ha stieg die P-Konzentration auf 15000 µg P/L an. Die Autoren [18]

haben inzwischen ein Modell zur Beschreibung der P-Austräge aus dem Oberboden in den Unterboden und in das Oberflächenwasser entwickelt, das offenbar die tatsächli-

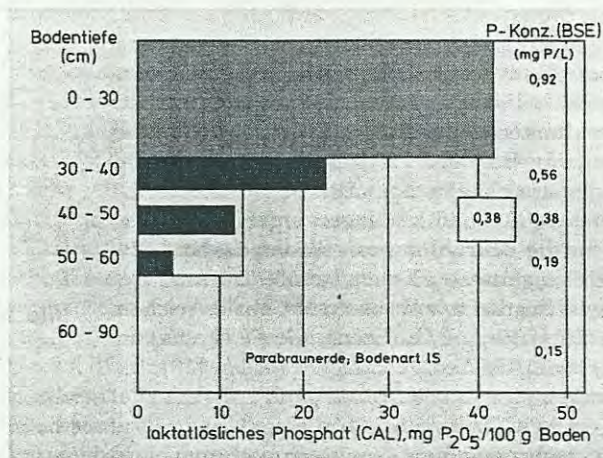


Bild 3 Laktatlösliche Phosphatgehalte und Phosphatkonzentrationen der Bodenlösung (Bodensättigungsextrakt) im Bodenprofil einer Parabraunerde [16]

chen Verhältnisse gut wiedergibt. Ein besonderes Problem ist, daß bei hohen Mengen organischer Dünger, die auf Sandböden ausgebracht werden, der Phosphor bis in 80 cm Tiefe in Konzentrationen von 500 bis 3000 µg/L gefunden wird, wobei 70 bis 90 % in organisch gebundener Form vorliegt [3]. Hier bleibt zunächst unklar, aus welchen P-Verbindungen diese Substanzen wirklich bestehen und wie hoch ihre biologische Verfügbarkeit (z. B. für Algen) ist.

Aus dem Gesagten ergibt sich eindeutig, daß in Sandböden und erst recht in Sandmischkulturen, wenn sie im Oberboden 50 mg P₂O₅/100 g Boden enthalten, mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit P-Konzentrationen in 60 bis 90 cm Tiefe im Bodenwasser besitzen, die den tolerierbaren Wert von 200 µg P/L überschreiten. Wenn auf solchen Böden weiterhin organische Dünger aufgebracht werden, auch wenn sie nur soviel P enthalten, wie mit den Ernteprodukten abgefahren wird, wie die Düngeverordnung erlaubt, so würde der P-Eintrag ins Sickerwasser auf diesen Standorten längerfristig aufrechterhalten bleiben.

Wie sieht das Problem auf den mittelschweren und schweren Böden aus? Bild 3 und Tabelle 4 zeigen zwei Bei-

Tabelle 4 Gehalt des Bodens Hückelheim (lehmiger Schluff, Ackerzahl 80; Südhannover) an CAL-P und P in der Bodenlösung in verschiedenen Bodentiefen [14]

Bodentiefe cm	CAL-P mg P ₂ O ₅ /100 g	µg P/L
0-10	46	3870*
10-30	46	4860*
30-50	7	255*
50-70	4,6	60**
70-90	2,3	<60**

*) gemessen, Mittelwert von 4 Meßterminen

**) aus der Pufferkurve geschätzt

spiele für Parabraunerden. Nach dem Beispiel von [16] werden auf einem lehmigen Sand bei ca. 42 mg P₂O₅ im Oberboden in einer Tiefe von 50 bis 60 cm 190 µg P/L im Bodensättigungsextrakt gemessen. Es ist also damit zu rechnen, daß bei 50 mg P₂O₅/100 g im Oberboden der Wert von 200 µg P/L in 50 bis 60 cm Tiefe erreicht bzw. überschritten wird. Liegt in dieser Tiefe eine Dränage, würde das Dränwasser mit mindestens 200 µg P/L das Feld verlassen. Würde die Forderung aber nach einem Gehalt von nur 50 bis 150 µg P/L (weiterreichendes Qualitätsziel!) als Maß benutzt, so wäre das Dränwasser bereits deutlich über diesem Grenzwert belastet.

Aus Tabelle 4 geht hervor, daß zwar bei ca. 50 mg P₂O₅ im Oberboden beträchtlich höhere P-Konzentrationen in der Bodenlösung auftreten, als für optimales Pflanzenwachstum nötig sind, aber nach unten nehmen die CAL-Werte und die P-Gehalte der Bodenlösung rasch ab. In 50 bis 70 cm Tiefe liegt die P-Konzentration nur noch bei 60 µg P/L. Hier wäre also keine akute Eutrophierung von Dränwasser zu erwarten, wenn in dieser Tiefe eine Dränage liegt. Besteht also auf schweren Böden keine Gefahr des P-Austrages über Dränagen?

In dem Zusammenhang erscheint es wichtig, an englische Resultate (150jährige Versuche in Rothamsted) zu erinnern. Man fand im Dränwasser [9] unter schluffig-tonigem Lehm von Broadbalk P-Gehalte von über 500 bis 2500 µg Gesamt-P/L, wenn die Bodengehalte deutlich über 60 mg P/kg Boden (Bikarbonatextraktion) anstiegen (Bild 4). 10 mg P/kg gelten als ausreichend. 60 mg und mehr sind also als hoch bis sehr hoch einzustufen. Es gibt also doch Gefahren des P-Austrages über die Dränagen auf schweren Böden. Wie gelangt das Phosphat in diesen Böden in die Dränagen?

Unter natürlichen Bedingungen findet die Bewegung von Sickerwasser offenbar nicht als gleichmäßiger Fluß im gesamten Bodenprofil statt, sondern es gibt den „preferential flow“ [21]. Nur über ihn lassen sich relativ hohe P-Gehalte im Dränwasser erklären, weil sie vom P-Adsorptionsvermögen der schluffig-tonigen Lehme nicht zu erwarten sind [9]. Das bedeutet, daß die P-Verlagerung aus dem Oberboden über Grobporen, permanente Gänge, Risse etc. sehr schnell in tiefere Bodenschichten und Dränagen vor sich gehen kann. Bei hohen Oberboden-P-Gehalten bleibt also die Gefahr groß, daß mit Phosphat angereichertes Sickerwasser in tiefere Schichten und Dränagen gelangen kann, auch wenn dies aufgrund des hohen P-Adsorptionsvermögens der Böden nicht erwartet wird. Sehr hohe Oberbodengehalte findet man in Deutschland insbesondere in zwei Regionen, im Raum Oldenburg-Vechta mit seinem extrem hohen Viehbesatz und in den Hopfenanbaugebieten im süddeutschen Raum. Das prinzipiell gleiche Problem besteht in den Niederlanden. Ohne eine drastische

Reduktion der Aufbringung von tierischen Exkrementen sind die P-Austräge (Erosion und Auswaschung) nicht zu senken. So ist für die Niederlande vorgesehen, 24 bis 29 % der schweinehaltenden Betriebe in den nächsten fünf Jahren zu schließen [22]. Dieser Plan hat natürlich dramatische sozioökonomische Konsequenzen, auch wenn es staatliche Begleitmaßnahmen gibt.

4 Landwirtschaftliche Beratung

Wo ordnungsgemäße Landbewirtschaftung betrieben wird, besteht keine Gefahr des P-Austrages in Dränagen oder das Grundwasser. Für die P-Düngung bedeutet dies eine Zufuhr in Höhe des Bedarfs der Pflanzen (Entzug) die gleichzeitig den Boden in Gehaltsklasse C aufrechterhält (Erhaltungsdüngung nach VDLUFA). Bei einer Auswertung von 204 P-Dauerdüngungsversuchen auf Ackerland (10 Bundesländer) kommen Vertreter des VDLUFA zu dem Schluß, daß bei P-Gehalten von >20 mg P₂O₅/100 g Boden (CAL-Methode) durch P-Düngung eine Ertragsbeeinflussung weitgehend auszuschließen ist [10]. Sie schlagen einen einheitlichen P-Gehaltsbereich von 10 bis 20 mg P₂O₅/100 g (CAL- bzw. DL-Methode) für die Gehaltsklasse C für alle beteiligten Länder vor. Bei solchen Bodengehalten ist stets mit P-Konzentrationen von 160 bis 310 µg P/L in der Bodenlösung zu rechnen, die nach [13] für optimales Wachstum ausreichen. Bei diesen CAL-P-Gehalten sind landesweit hohe und höchste Erträge zu erzielen. 50 mg P₂O₅/100 g Boden sind also nirgendwo erforderlich und keinesfalls anzustreben. Eine Aufbringung von Düngestoffen auf Flächen mit über 50 mg P₂O₅/100 g ist also keine Düngungsmaßnahme sondern eine Abfallbeseitigungsmaßnahme. Diese Auffassung ist nicht neu [23], aber nicht überall akzeptiert.

Die landwirtschaftlichen Berater stehen hier vor einem Problem: wenn auf Sandböden, Sandmischkulturen und lehmigen Sanden bei 50 mg P₂O₅/100 g Boden in der Krume bereits mit größter Wahrscheinlichkeit P-Gehalte im Sickerwasser von über 200 µg P/L in 60 bis 90 cm Tiefe auftreten und ins Grundwasser bzw. ins Dränwasser gelangen, so bedeutet dies nach § 3 der Düngeverordnung, daß schädliche Auswirkungen auf Gewässer zu erwarten sind. Die Berater haben dieses dem Landwirt mitzuteilen. Der Officialberatung fällt die Aufgabe zu, diese Flächen zu ermitteln, was durch die mit der Düngeverordnung festgelegte Bodenuntersuchungspflicht möglich ist. Sollte es Betriebe mit einer solchen Situation geben, so ist die Wirtschaftspolitik des Landes gefordert, um den Landwirten zu helfen, zu entsprechenden Produktionssystemen überzugehen.

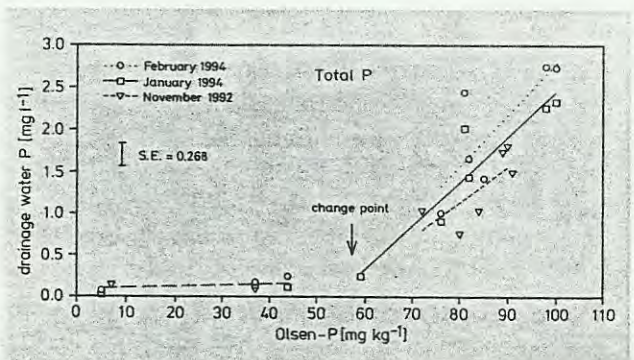


Bild 4 Beziehung zwischen dem Gesamt-P im Dränwasser mehrerer Niederschlagsereignisse und dem pflanzenverfügbaren P nach Olsen in verschiedenen Parzellen von Broadbalk [9]

In Regionen mit mittleren und schweren Böden ist die Gefahr der Verlagerung von Phosphat mit dem Sickerwasser wesentlich geringer und bedarf vorrangig in Gebieten mit Dränagen und entsprechend hohem Sickerwasseranfall der Kontrolle. Das Beispiel Rothamsted hat gezeigt, daß nur dann Gefahren bestehen, wenn in der Krume die P-Gehalte höher sind als für eine optimale Versorgung der Pflanzen nötig ist. Nur dann wird der „preferential flow“ zur Gefahr für das Dränwasser. Daraus ergibt sich, daß auch auf schweren Böden, wenn sie gedränt sind, bei P-Gehalten von 50 mg P₂O₅/100 g Boden in der Krume keine Dünger, die P enthalten, mehr ausgebracht werden sollten. Auch diese gefährdeten Standorte sollten von den staatlichen Verwaltungen erfaßt werden, damit eine gezielte Beratung der Landwirte erfolgen kann. Das gleiche gilt für das Problem des Bodenaustrages in Gewässer durch Erosion. Erosionsgefährdungskataster sind zu erstellen, um regionale Gefährdungspotentiale zu erfassen, so daß vor Ort konkrete Projekte zur Minderung der erosiven Stoffeinträge erarbeitet und verwirklicht werden können. Die ökologische Bewertung von Landwirtschaftsbetrieben nach dem Schlüssel der Thüringischen Landesanstalt für Landwirtschaft erscheint im vorliegenden Zusammenhang praktikabel und empfehlenswert [5].

Literatur

- 1 Auerswald, K. (1984): Die Bestimmung von Faktorenwerten der allgemeinen Bodenabtragsgleichung durch künstliche Starkregen. Diss. TU München.
- 2 Catt, J. A.; Johnston, A. E.; Quinton, J. N. (1995): Phosphate losses in the Woburn erosion reference experiment. Intern. Workshop Phosphorus Loss to Water from Agriculture, Wexford, Ireland, 51–52.
- 3 Chardon, W. J. (1995): Organically combined phosphorus in soil solution and leachates. Intern. Workshop Phosphorus Loss to Water from Agriculture, Wexford, Ireland, 39–40.

- 4 De Smet, J.; Scheldeman, K.; Hofman, G.; Van Meirvenne, M.; Vanderdeelen, J.; Baert, L. (1995): Inventory of the phosphate saturation degree of the light textured soils in West-Flanders, Belgium. Intern. Workshop Phosphorus Loss to Water from Agriculture, Wexford, Ireland, 93–94.
- 5 Eckert, H.; Breitschuh, G. (1996): Kritische Umweltbelastungen Landwirtschaft (KUL): Ein Verfahren zur Erfassung und Bewertung landwirtschaftlicher Umweltwirkungen, 185–195. In Diepenbrock et al.: Initiativen zum Umweltschutz Band 5. Zeller Verlag Osnabrück.
- 6 Früchtenicht, K.; Steffens, G.; Mählhop, R.; Feyen, A. (1995): Ermittlung von P-Grenzwerten im Boden. Forschungsbericht der LK Weser-Ems an das Nieders. Minist. für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten.
- 7 Hamm, A. (Hrsg.), (1991): Studie über Wirkungen und Qualitätsziele von Nährstoffen in Fließgewässern. Academia Verlag, Sankt Augustin.
- 8 Hamm, A. (1998): Gegenwärtige Situation der Belastung der Gewässer mit Phosphat und Zielvorgaben hinsichtlich der Eutrophierung der Gewässer. Vortrag Frühjahrstagung des VDLUFA, 19. März, Oldenburg; Schriftenreihe des VDLUFA (im Druck).
- 9 Heckrath G.; Brooks, P. C.; Poulton, P. R.; Goulding, K. W. T. (1995): Phosphorus losses in drainage waters from arable clay loam soil. Intern. Workshop Phosphorus Loss to Water from Agriculture, Wexford, Ireland, 41–42.
- 10 Kerschberger, M.; Hege, U. (1996): Fazit der Beiträge und Schlußfolgerungen. In: Ergebnisse langjähriger, ortsfester Phosphatdüngungsversuche auf Acker und Grünland. VDLUFA-Schriftenreihe 42, 123–129.
- 11 Kuntze, H.; Scheffer, B. (1979): Die Phosphatmobilität in Hochmoorböden in Abhängigkeit von der Düngung. Z. Pflanzenernähr. Bodenk. 142, 155–168.
- 12 Leineweber, P.; Geyer-Wedell, K.; Jordan, E. (1994): Phosphorgehalte von Böden in einem Landkreis mit hoher Konzentration des Viehbesatzes. Z. Pflanzenernähr. Bodenk. 157, 383–385.
- 13 Loneragan, J. F.; Asher, C. H. (1967): Response of plants to phosphate concentration in solution culture. Soil Sci. 103, 311–318.
- 14 Müller, R. (1988): Bedeutung des Wurzelwachstums und der Phosphatmobilität im Boden für die Phosphatnahrung von Winterweizen, Wintergerste und Zuckerrüben. Diss. Uni Göttingen.
- 15 Nusch, E. A. (1982): Zur Frage kritischer Nährstoffbelastung gestauter Fließgewässer. Z. Wasser-Abwasser-Forsch. 15, 103–112.
- 16 Pihl, U.; Werner, W. (1995): Bodenchemische Parameter zur Prognose des vertikalen P-Austrages in Drain- und Grundwasser. VDLUFA-Kongreßband, 289–292.
- 17 Römer, W. (1998): Hohe P-Gehalte im Boden – mögliche Folgen für die Umwelt-Konsequenzen für die Ausbringung von P-haltigen Düngemitteln. Vortrag Frühjahrstagung des VDLUFA, 19. März, Oldenburg; Schriftenreihe des VDLUFA (im Druck).
- 18 Schoumans, O. F.; Breeuwsma, A. (1995): The relation between accumulation and leaching of P: laboratory, field and modelling results. Intern. Workshop Phosphorus Loss to Water from Agriculture, Wexford, Ireland, 37–38.
- 19 OECD (1982): Eutrophication of waters: Monitoring, Assessment and Control. Organization for Economic Cooperation and Development, Paris.
- 20 Theilen, M. (1992): Einfluß langjähriger Düngung mit Schweinegülle bzw. Triplephosphat auf Bindungsformen und Verlagerung von Phosphat im Boden. Diplomarbeit, FB Agrarwissenschaft Göttingen.
- 21 Thomas, D.; Heckrath, G.; Brookes, P. (1995): Evidence of P movement from Broadbalk soils by preferential flow. Intern. Workshop Phosphorus Loss to Water from Agriculture, Wexford, Ireland 9, 37–38.
- 22 Van der Molen, D.T., Breeuwsma, A., Boers, P.C.M., Roest, C.W.J. (1995): Dutch policy towards phosphorus losses in agriculture. Intern. Workshop Phosphorus Loss to Water from Agriculture, Wexford, Ireland, 85–86.
- 23 Welte, E.; Timmermann, F. (1977/78): Anteil der Abwässer landwirtschaftlicher Herkunft und Belastung von Fließgewässern. Berichte über Landwirtschaft 665–682.

Zu beziehen über Ihre Buchhandlung!

Olschowy, Gerhard

Bergbau und Landschaft

1993. 215 Seiten mit 107 Abbildungen,
davon 57 Entwurfs- und Detailpläne,
z. T. farbig. 17 x 25,5 cm. Gebunden.
DM 58,- / öS 423,- / sFr 53,50
ISBN 3-8263-2708-X

Preisstand: 1. November 1998

Parey Buchverlag · Berlin

Kurfürstendamm 57 · D-10707 Berlin

Tel.: (0 30) 32 79 06-27/28

Fax: (0 30) 32 79 06-44 · e-mail: parey@blackwis.de

Internet: <http://www.parey.de>



Danksagung

Der Autor dankt den Kollegen Früchtenicht, Steffens, Mählhop und Feyen für die Erlaubnis, Teile ihrer Resultate hier wiedergeben zu dürfen. Sie sind als vorläufig zu betrachten. Der Academia Verlag und seine Autoren haben der Übernahme von Graphiken und Tabellen freundlicherweise zugestimmt.

Anschrift des Verfassers

Prof. Dr. Wilhelm Römer, Institut für Agrikulturchemie,
Von-Siebold-Str. 6, D-37075 Göttingen