



Doctoral Thesis

Phosphatwirksamkeit von erodiertem Bodenmaterial zur Eutrophierung

Author(s):

Mathys, Eric

Publication Date:

1992

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000646731> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

DISS ETH Nr. 9798

**Phosphatwirksamkeit von erodiertem
Bodenmaterial zur Eutrophierung**

**Abhandlung
zur Erlangung des Titels
Doktor der Naturwissenschaften
der
Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich**

**vorgelegt von
Eric Mathys
Dipl. Ing. Agr. ETH
geboren am 21. Januar 1958
von Niederhünigen Kt. Bern**

**Angenommen auf Antrag von
Prof. Dr. J.J. Oertli, Referent
Prof. Dr. H. Sticher, Korreferent**

1992

5. Zusammenfassung

Phosphate - für Menschen, Tiere und Pflanzen lebensnotwendig-gelangen über Abwasser, Oberflächenabfluss oder Erosion in die Gewässer, wo sie als Minimumfaktor die Biomasseproduktion weitgehend kontrollieren. Der Beitrag der Landwirtschaft zur Eutrophierung ist schwer zu quantifizieren, da wichtige Grössen, wie die Verfügbarkeit von Phosphaten aus erodiertem Bodenmaterial, noch schlecht bekannt sind.

Zur Abklärung der Phosphatverfügbarkeit aus erodiertem Bodenmaterial wurden verschiedene Simulationsversuche im Labor durchgeführt. Die gelösten P-Mengen aus 3 Böden (Boden-pH = 5.1, 7.0 und 7.6) wurden während verschiedenen Abgabephasen in Abhängigkeit der Düngerart (5 Dünger) und der Kontaktzeit zwischen Boden und Dünger (1 Tag/12 Tage) untersucht. Als "verfügbare" P-Menge wurde diejenige definiert, die durch Wasserlinsen (*Lemna minor* L.) in Labor-Biotests aufgenommen wurde.

5.1 Ungedüngte Böden

Die löslichen P-Mengen sind unabhängig von der Schüttelzeit. Mit einem Boden/Wasser-Verhältnis von 1 : 50 wird signifikant mehr P extrahiert als mit einem Verhältnis von 1 : 10. Während der Sedimentation in einer Wassersäule geben die ungedüngten Böden P-Mengen ab, die unter der analytischen Nachweisgrenze liegen ($< 0.025 \mu\text{g P/ml}$). Wird ein Boden 9 Mal aufeinanderfolgend mit Wasser extrahiert, so stabilisiert sich die gelöste P-Menge nach einer exponentiellen Abnahme auf ein bodenspezifisches Niveau. Diese Abnahme ist von der P-Pufferungs-Kapazität des Bodens abhängig. In Schüttelversuchen mit verschiedenen Fraktionsanteilen aus einer Trockensiebung des Bodens wird mehr P extrahiert als aus dem Gesamtboden. Daraus wird ein Anreicherungsfaktor berechnet, der je nach Boden zwischen 1.24 und 1.85 beträgt.

Die durch Wasserlinsen aufgenommenen P-Mengen sind sehr gering (4.1 % des Gesamt-P im sauren Boden S, 5.1 % im neutralen Boden N und 10.4 % im basischen Boden B). Die "verfügbaren" Mengen sind vom Boden/Wasser-Verhältnis abhängig. Die aufgenommenen P-Mengen sind mit den Ergebnissen ausgewählter Bodenanalysen (Soltanpour,

Olsen-P, Ammonium-Acetat-EDTA) linear korreliert. Das Eutrophierungspotential eines ungedüngten Bodens könnte unter definierten Labor-Bedingungen mittels Biotests vorausgesagt werden.

5.2 Gedüngte Böden

Die Kontaktzeit zwischen Boden und Dünger hat einen grossen Einfluss auf die abgegebenen P-Mengen. Nach 12 Tagen werden die gelösten P-Mengen signifikant kleiner, nach einer Düngung mit 300 kg P₂O₅/ha Triplesuperphosphat erfolgt im sauren Boden S eine Abnahme des gelösten P von 28.0 % auf 5.6 % der eingesetzten P-Mengen, von 22.9 % auf 15.2 im neutralen Boden N und von 49.7 % auf 40.6 % im basischen Boden B. Diese Reduktion ist um so grösser, je wasserlöslicher der P-Dünger (Triple- > Super- > Rhenania- >> Thomas- > Rohphosphat) und je höher die P-Retentionskapazität ist (saurer Boden S > neutraler Boden N > basischer Boden B). Die gelösten P-Mengen sind von der Schüttelzeit abhängig (24 Std. > 1 Std. Schüttelzeit).

Sedimentationsversuche zeigen, dass nach einer 2-fachen Menge an Super-, Triple- und teilweise Rhenaniaphosphat die gelösten P-Mengen doppelt so hoch sind. Die Düngermenge spielt hingegen bei Thomasphosphat (ausser im sauren Boden) eine kleine Rolle. Bei Rohphosphat ist keine Wirkung der Düngermenge zu verzeichnen. Während der Sedimentation werden die von "Sand"-Partikeln abgegebenen P-Mengen von den "Schluff"-Partikeln teilweise adsorbiert. Gelöste P-Mengen aus bereits sedimentiertem Bodenmaterial nehmen je nach Pufferungs-Kapazität des Bodens schnell ab.

Im Gegensatz zu den Ergebnissen aus Schüttel- und Sedimentationsversuchen wird die P-Verfügbarkeit beim Biotest nach einer 12-tägigen Kontaktzeit zwischen Boden und Dünger deutlich verbessert. Die Verfügbarkeit von P aus erodiertem Bodenmaterial hängt von vielen Parametern ab, sie ist aber tiefer als allgemein angenommen wird. Die Konsequenzen für die Eutrophierung werden diskutiert, es werden Massnahmen zur Senkung des Eutrophierungspotentials von gedüngten Böden vorgeschlagen.

5.3 Résumé

Certains composés du phosphore (P) - indispensables à la vie de l'homme, des animaux et des plantes - sont transportés dans les lacs par les eaux d'égouts, par le lessivage ou par l'érosion. La production de la biomasse est en grande partie contrôlée par les phosphates dans les eaux. Il est difficile de mesurer l'apport de l'agriculture à l'eutrophication, vu que des variables importantes telle la disponibilité des phosphates provenant de l'érosion sont peu connues.

Différents essais furent conduits en laboratoire pour étudier la disponibilité des phosphates provenant de l'érosion des terres. Les quantités de phosphates libérées par trois terres (appelées S, N et B, pH des terres = 5.1, 7.0 et 7.6 respectivement) furent mesurées pendant plusieurs phases de l'érosion en fonction du type d'engrais phosphatés (5 types différents) et en fonction de la période d'incubation de l'engrais dans le sol (1 jour/12 jours). La quantité de phosphates absorbée, lors de biotests par une culture de lentilles d'eau (*Lemna minor* L.) a été définie comme biodisponible.

5.3.1 Sols non-fertilisés

Les quantités de phosphates libérées dépendent de la période d'agitation. Un mélange sol/eau de 1 : 50 dissous statistiquement plus de phosphates qu'un mélange 1 : 10.

Les quantités de phosphates libérées lors de la sédimentation du sol dans une colonne d'eau sont inférieures à la limite de détection ($< 0.025 \mu\text{g P/ml}$). Un sol traité 9 fois successivement à l'eau libre des quantités de phosphates qui se stabilisent à un niveau spécifique à chaque sol, ceci après une baisse exponentielle des quantités dissoutes. Cette baisse dépend de la capacité-tampon du sol pour les phosphates. Les quantités de phosphates dissoutes lors d'essais d'agitation avec différentes fractions du sol sont plus élevées que celles libérées par le sol entier. Ceci permet l'introduction d'un facteur d'enrichissement variant de 1.24 à 1.85 selon le sol considéré.

La quantité de phosphates absorbées par les lentilles d'eau est très petite: 4.1 % du phosphore total dans le sol S, 5.1 % dans le

sol N et 10.4 % dans le sol B. La quantité biodisponible dépend du rapport sol/eau. La part de phosphates absorbée par les lentilles d'eau a été mise en corrélation avec les résultats de certaines méthodes d'analyses des terres (acétate d'ammonium EDTA, Soltanpour, Olsen). Le potentiel d'eutrophication des sols peut donc être déterminé à l'aide de biotests.

5.3.2 Sols fertilisés

Le temps d'incubation d'un engrais dans une terre a une très grande influence sur la quantité de phosphates libérée. Après 12 jours d'incubation suivant l'apport de 300 unités de P_2O_5 /ha de superphosphate triple, les quantités dissoutes diminuent de 28 % à 5.6 % dans le sol S, de 22.9 % à 15.2 % dans le sol N et de 49.7% à 40.6 % dans le sol B. Cette diminution est d'autant plus grande que la part de P soluble à l'eau de l'engrais est importante (superphosphate triple > superphosphate > thermophosphate [Rhenania] > scories Thomas > phosphates naturels tendres). Cette diminution dépend également de la capacité de rétention de P des sols considérés (sol S > sol N > sol B). Les quantités libérées dépendent du temps d'agitation (24 heures > 1 heure). Les essais de sédimentation montrent qu'une quantité d'engrais double induit une augmentation de la quantité de phosphates libérée d'un facteur 2 chez les engrais du type superphosphate triple, superphosphate et thermophosphate. Par contre le taux de fumure ne joue pas un rôle aussi important chez les engrais du type scories Thomas, sauf dans les sols acides. Aucun effet de la quantité n'est à enregistrer chez les engrais du type phosphates naturels tendres.

Pendant la sédimentation, les phosphates libérés par la fraction "sable" sont partiellement réadsorbés par la fraction "silt". Les quantités de phosphates libérées par les sédiments diminuent au cours du temps en fonction de la capacité-tampon du sol considéré. En opposition aux résultats obtenus lors d'essais d'agitation et de sédimentation, la biodisponibilité des phosphates mesurée à l'aide d'un biotest augmente dans les sols après 12 jours d'incubation des engrais phosphatés dans le sol.

La biodisponibilité des phosphates provenant de sols érodés dépend de beaucoup de facteurs. Elle est cependant inférieure à ce qui était généralement admis. Les conséquences pour l'eutrophication sont discutées. Des mesures sont proposées pour diminuer le potentiel d'eutrophication des sols.

5.4 Summary

Phosphorus compounds, which are essential for the life of men, animals and plants, may be carried to lakes by means of sewage water, runoff water or by soil erosion. In lakes, the production of biomass is controlled to certain extent by phosphate concentration. It is not easy to evaluate the contribution of agriculture to eutrophication of lakes, because the availability of phosphorus from eroded soil-material to eutrophication is not well-known. Experiments were conducted to test the availability of phosphate from eroded soil-material. The effect of 5 different fertilizers (triple superphosphat, superphosphat, rhenania phosphat, Thomas slag, rock phosphat) and different incubation time (1 day and 12 days) on the quantity of dissolved phosphorus from 3 soils with different pH (soils are called S, N and B with soil-pH 5.1, 7.0 and 7.6 respectively) were studied. "Available" phosphorus is defined as the phosphorus-quantity taken up by a duckweed-culture (*Lemna minor* L.) in bioassays.

5.4.1 Unfertilized soils

The amount of dissolved phosphorus was dependent of the shake-time. Significantly more phosphorus was dissolved by a soil:water ratio of 1 : 50 compared with a ratio 1 : 10. The amount of phosphorus dissolved in the sedimentation experiment carried out in a water column were below the detection limit ($< 0.025 \mu\text{g P/ml}$). When a soil was extracted 9 times with water, the quantity of dissolved phosphorus became stable after an exponential decrease and reached a soil-specific level. The decrease was dependent on the phosphorus-buffering-capacity of the soil. The phosphorus quantities dissolved during shake-experiments with different soil fractions were greater than those dissolved when

the whole soil was used. So it was possible to calculate an enrichment-ration, which varied between 1.24 and 1.85. The phosphorus quantities taken up by duckweeds was very low: 4.1 % of total phosphorus in soil S, 5.1 % from soil N and 10.4 % from soil B. The "available" quantities were dependent on the soil:water ratio. The phosphorus quantities taken up was linearly correlated with some soil-phosphorus tests (Ammonium-acetat-EDTA, Soltanpour-P, Olsen-P). Thus the eutrophication-potential of a soil could be predicted by bioassays.

5.4.2 Fertilized soils

The incubation time between soil and fertilizer was very important for the dissolved phosphorus quantities. After 12 days incubation, a soil which received 300 kg P_2O_5 /ha triple superphosphate, the dissolved phosphorus quantities decrease from 28.0 % to 5.6 % of the applied phosphorus in soil S, from 22.9 % to 15.2 % in soil N and from 49.7 % to 40.6 % in soil B. The decrease depended on the water-soluble phosphorus content of the fertilizer (triple superphosphate > superphosphate > rhenania phosphate > Thomas slag > rock phosphate) and from the phosphorus-retention-capacity of the soil (soil S > soil N > soil B). The dissolved phosphorus quantities depended on the shaking time (24 hours > 1 hour).

Sedimentation experiments showed that doubling the fertilizer quantity means also doubling the dissolved phosphorus quantities, at least with triple superphosphate, superphosphate and rhenania phosphate. The fertilizer quantity was less important when Thomas slag was used. The applied fertilizer quantity had no effect on the dissolved phosphorus with rock phosphate.

The phosphorus released from the "sand" fraction was partially reabsorbed by the "silt" fraction during the sedimentation. The phosphorus quantities released from soil-sediments decrease during the time. The decrease depended on the phosphorus-buffering-capacity.

The availability of phosphorus, measured by bioassays, was better following a 12 days incubation in contrast to the results obtained by shaking and by sedimentation experiments.

The availability of phosphorus from eroded soil material depends on many factors. This availability is smaller than previously supposed. The consequences for the eutrophication are discussed. Measures are proposed to decrease the eutrophication-potential of fertilized soils.