

Funktionen des Phosphors im Ökosystem

Walter W. Wenzel^{1*}

Einleitung

Phosphor ist wohl jener essentielle Nährstoff für Pflanzen und Tiere, dessen Verknappung bereits in relativ naher Zukunft weltweit die Produktion von Nahrungsmitteln sowie nachwachsenden Rohstoffen und Energieträgern limitieren wird. Die Produktivität von Ökosystemen ist oft eng an die Verfügbarkeit von Phosphor im Boden geknüpft. Die Verfügbarkeit von phosphorhaltigen Mineraldüngern ist ein Eckpfeiler der hohen Produktivität in der modernen Landwirtschaft. Umgekehrt wurden vor allem aquatische Ökosysteme infolge von Überdüngung landwirtschaftlicher Böden eutrophiert. Angesichts dieses Spannungsfeldes im Folgenden die Rolle des Phosphors in terrestrischen Ökosystemen kurz beschrieben und neuere Forschungsergebnisse zur Phosphorverfügbarkeit an der Grenzfläche Pflanzenwurzel - Boden, der Rhizosphäre präsentiert.

Einige Funktionen des Phosphors in Pflanzenzellen (Hawkesford *et al.*, 2012)

Phosphor fungiert in Pflanzen als Komponente in makromolekularen Strukturen in Nukleinsäuren und ist damit ein essentieller Baustein von DNA und RNA. Somit ist Phosphor am Aufbau der Träger genetischer Informationen und von Molekülen beteiligt, welche für die Translation verantwortlich sind.

Phosphor ist in Form von Phospholipiden auch am Aufbau von Biomembranen beteiligt. Phospholipide besitzen eine lipophile und eine hydrophile Region. Letzterer kommt aufgrund ihrer elektrischen Ladung eine bedeutende Rolle bei Wechselwirkungen zwischen den Biomembranen und dem umgebenden Medium (z.B. Bodenwasser) zu. Phosphor hat eine weitere wichtige Funktion im Energietransfer und -speicherung von Pflanzenzellen. Hier spielen vor allem Phosphatester wie ATP eine zentrale Rolle.

Phosphorverfügbarkeit im Boden als limitierender Faktor der Produktivität von Ökosystemen

Die Bioverfügbarkeit von Phosphor in Böden vieler Ökosysteme ist gering, da die Phosphorlöslichkeit

durch die Bindung in und an Oxiden des Eisens und Aluminiums sowie in Kalziumverbindungen über einen weiten pH-Bereich stark limitiert ist. Im Gegensatz zu Stickstoff gibt es keine gasförmigen Phosphorverbindungen in der Atmosphäre, sodass die Verwitterung aus Bodenmineralen die einzige wesentliche Quelle der Phosphornachlieferung darstellt. Im Zuge der Bodenentwicklung kommt es daher durch Erosion und Auswaschung in vielen terrestrischen Ökosystemen zu graduellen Phosphorverlusten.

Phosphorbilanz für Österreich

Abbildung 1 zeigt eine vereinfachte Phosphorbilanz für Österreich.

Die Phosphorbilanz macht deutlich, dass dem Kreislauf jährlich große Phosphormengen durch Deponie von Abfällen und Klärschlamm sowie Export in Gewässer entzogen werden. Durch die Rückgewinnung dieser Phosphormengen könnte in etwa der derzeitige Input an mineralischen Phosphordüngern substituiert werden (Rechberger *et al.*, 2013).

Die Rolle der Rhizosphäre

An der Grenzfläche zwischen Pflanzenwurzel und Boden, der Rhizosphäre, kann die Phosphorverfügbarkeit durch Wurzelaktivitäten wie z.B. Ausscheidung von Protonen oder Citrat erhöht und somit die Effizienz der Phosphoraufnahme aus dem Boden gesteigert werden. Die tatsächlich erzielbare Phosphormobilisierung hängt von der Pflanzenart, der Sorte, aber auch wesentlich von der Zahl der Bindungsplätze an Bodenmineralen und deren Phosphorsättigung ab (Oburger *et al.*, 2009, Oburger *et al.*, 2011). *Abbildung 2* fasst wesentliche Prozesse der Regulierung der Phosphatverfügbarkeit in der Rhizosphäre zusammen.

Mit Hilfe von LA-ICPMS in Kombination mit Diffusive Gradients in Thin Films (DGT) konnte für eine Rapsorte zudem gezeigt werden, dass Phosphor speziell im Bereich des Wurzelapex auch aus Pflanzenwurzeln freigesetzt werden kann (Santner *et al.*, 2012). Die Effizienz der Nutzung von Phosphorvorräten im Boden könnte somit auch von der Fähigkeit unterschiedlicher Sorten abhängen, Phosphor in den Wurzelzellen

¹ Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Bodenforschung, Department für Wald- und Bodenwissenschaften, Konrad Lorenz Straße 24, A-3430 TULLN

* Univ.-Prof. Dr. Walter W. WENZEL, walter.wenzel@boku.ac.at



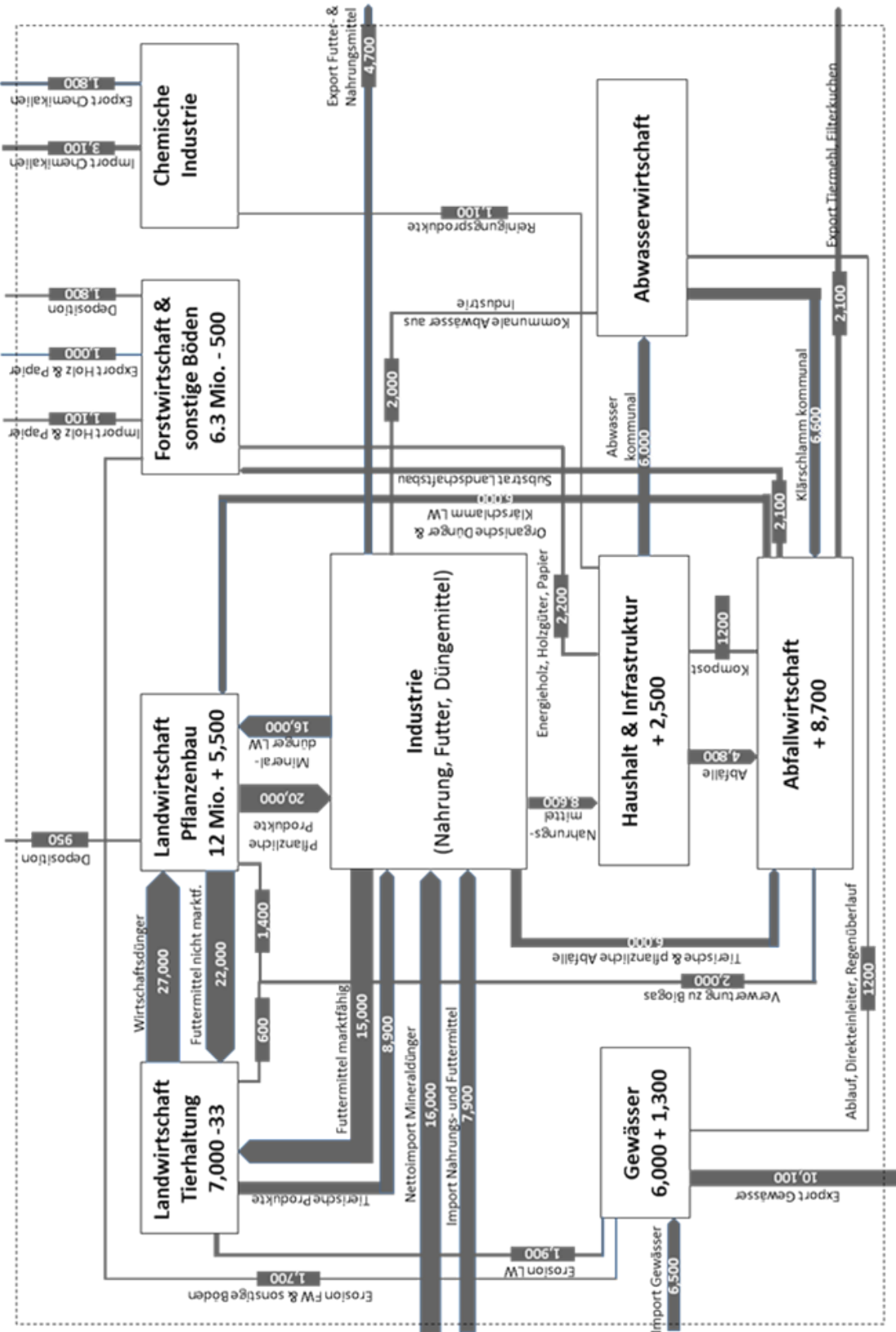


Abbildung 1: Phosphorbilanz für Österreich, vereinfacht nach Rechberger et al. (2013). Jahresmittelwerte (2004-2008) der Phosphorflüsse in t P y⁻¹.

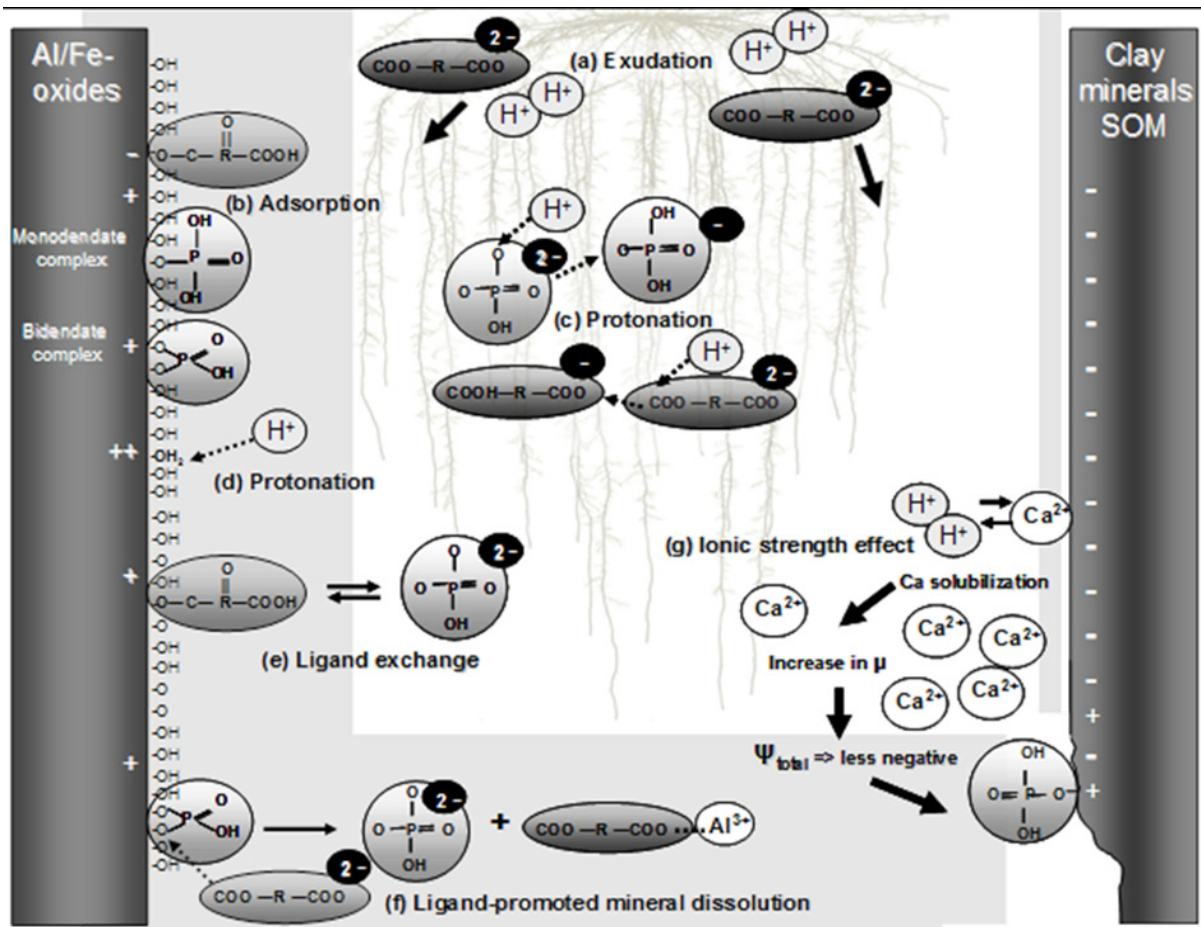


Abbildung 2: Mechanismen der Phosphatlöslichkeit in der Rhizosphäre (Oburger et al., 2011)

zu halten. Darüber hinaus kommt der Wurzelarchitektur und Wurzelmorphologie unterschiedlicher Sorten eine zentrale Rolle in der Akquisition von Phosphor durch Wild- und Kulturpflanzen zu.

Gezielte Sortenwahl hinsichtlich Wurzelarchitektur und -morphologie und Wurzelaktivitäten zur Mobilisierung des Phosphors im wurzelnahen Boden können somit zu einer besseren Nutzung der im Boden vorhandenen Phosphorvorräte beitragen. In Kombination mit Strategien zur Rückgewinnung des Phosphors aus Abfällen und Klärschlamm und Minimierung des Austrags in Gewässer kann die gezielte Nutzung von Wurzel- und Rhizosphärenprozessen einen Beitrag zur Lösung des Peak-Phosphor Problems leisten.

Literatur

- Hawkesford, M., Horst, W., Kichey, T., Lambers, H., Schjoerring, J., Skrum-sager Moller, I., White, P. 2012: Functions of macronutrients. In: Marschner, P. (Hrsg.), Marschner's mineral nutrition of higher plants. 3rd edition, Elsevier, Amsterdam.
- Rechberger, H., Egle, L., Zessner, M., 2013: Ressource Phosphor. Verfügbarkeit, Nutzung, Optimierung. Wiener Mitteilungen Band 228, 105-120.
- Oburger, E., Kirk, G.J.D., Wenzel, W.W., Puschenreiter, M., Jones, D.L., 2009: Interactive effects of organic acids in the rhizosphere. Soil Biology and Biochemistry 41, 449-457.
- Oburger, E., Jones, D.L., Wenzel, W.W., 2011: Phosphorus saturation and pH differentially regulate the efficiency of organic acid anion-mediated P solubilization mechanisms in soil. Plant and Soil 341, 363-382.
- Santner, J., Zhang, H., Leitner, L., Schnepf, A., Prohaska, T., Puschenreiter, M., Wenzel, W.W., 2012: High-resolution chemical imaging of labile phosphorus in the rhizosphere of *Brassica napus* L. cultivars. Environmental and Experimental Botany 77, 219-226.

