



Technisches Büro Unterfrauner GmbH

**BODEN**

## PHOSPHOR

**Analyse und Mobilisierung  
statt Düngung!**

[www.bodenoekologie.com](http://www.bodenoekologie.com)

### Phosphor Pools

Die P-Gehalte von Böden liegen im Bereich von einigen t/ha. Die Bindungsformen (Pools) sind vielfältig. Durch die Bewertung der Pools können gezielt Maßnahmen zur Mobilisierung abgeleitet werden. Deshalb analysiert und bewertet das TB Unterfrauner routinemäßig 5 Phosphor-Pools:

**Wasserlöslicher Phosphor**

**Sorbierter Phosphor**

**Anorganischer Phosphor**

**Organischer Phosphor**

**Phosphor Gesamt**

**P**

**Atomgewicht:** 30,97 g/mol **Ladung:** 3-, 3+, 5+

## Umrechnungsfaktoren

$$\text{PO}_4 = \text{P} \times 3,067$$

$$\text{P} = \text{PO}_4 \times 0,326$$

$$\text{P}_2\text{O}_5 = \text{P} \times 2,291$$

$$\text{P} = \text{P}_2\text{O}_5 \times 0,436$$

$$\text{P}_2\text{O}_5 = \text{PO}_4 \times 0,747$$

$$\text{PO}_4 = \text{P}_2\text{O}_5 \times 1,334$$

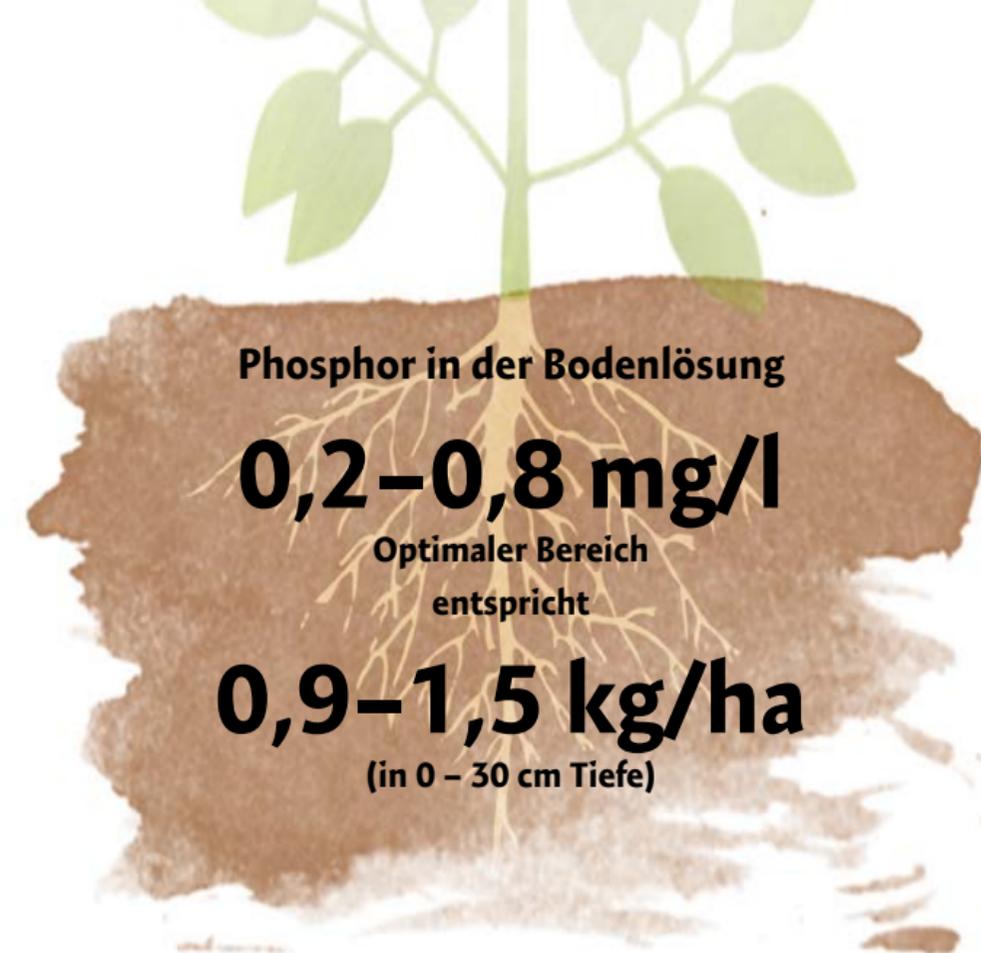


## Phosphor Dynamik

**Allgemeines:** P ist ein essentieller Nährstoff. Die Vorräte der Lagerstätten werden in absehbarer Zeit zu Ende sein. Umso wichtiger ist es die P-Dynamik des Bodens zu verstehen und Reservepools zu mobilisieren, anstatt P zu düngen.

**Landwirtschaft:** Seit Jahrzehnten intensiv landwirtschaftlich genutzte Böden weisen meist hohe P-Gesamtgehalte auf (P: 1500 bis 3000 kg/ha, 0-30 cm Tiefe). Der P stammt aus dem Muttergestein und vor allem aus mineralischen und organischen Düngern.

**Reservepools:** Die Ausnutzung des gedüngten P durch die Pflanze ist gering. Ein Großteil wird im anorganischen Reservepool des Bodens gespeichert.



## Phosphor in der Bodenlösung

**0,2–0,8 mg/l**

Optimaler Bereich  
entspricht

**0,9–1,5 kg/ha**

(in 0 – 30 cm Tiefe)

## Phosphor in der Bodenlösung

**Konzentration:** Die Menge an P in der Bodenlösung ist meist gering. Zur Ernährung unserer Kulturpflanzen reichen P-Konzentrationen von 0,2 bis 0,8 mg/l. Wichtig ist, dass die Nachlieferung funktioniert und der aufgenommene P aus verschiedenen Pools ergänzt wird.

**Aufnahme:** Die Aufnahme von P erfolgt als Phosphat-Ion aus der Bodenlösung. Bei  $\text{pH}_{\text{Wasser}}$ -Werten zwischen 6,5 und 7,5 liegt das Phosphat-Ion als Dihydrogenphosphat ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) vor. Dies ist die günstigste Form für die Pflanzenernährung. Die Energie zur Aufnahme beträgt ~10% jener, die zur Aufnahme von Phosphat-Spezies bei anderen pH-Bereichen nötig wäre.

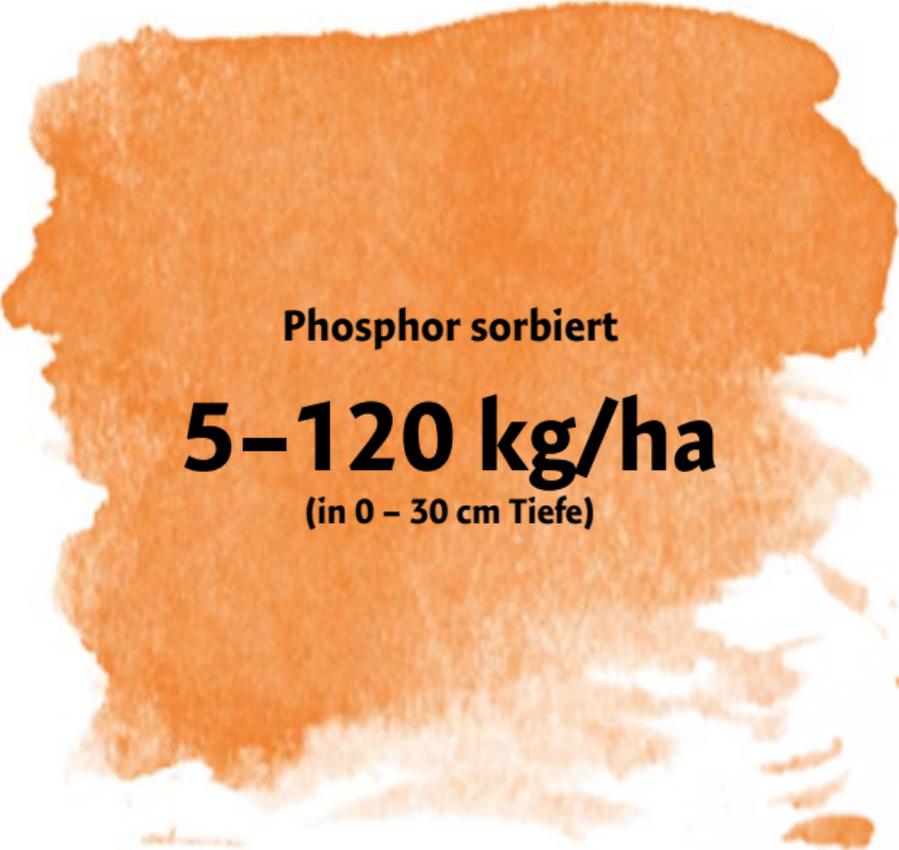


## Phosphor in Pflanzen

**Bedarf:** Aufgenommener P wird relativ rasch an organische Moleküle gebunden, ein kleiner Teil bleibt im Zellsaft gelöst. Das Bedarfsmaximum besteht im Jugendstadium (Wurzelentwicklung) und für die generative Phase (Samenbildung).

**Funktion:** P hat zentrale Aufgaben für den Energie-Transfer, die Synthese organischer Substanzen und als Baustein von z.B. DNS und Phytin. Bei Mangel ist das Wachstum gehemmt, die Wurzelbildung und Bestockung schwach sowie Blüte und Reife verzögert. Ältere Blätter sind zuerst dunkelgrün, dann durch Anthocyanbildung rötlich.

**Entzug:** Der Entzug durch das Erntegut liegt bei 5 bis 35 kg/ha, die Vorräte im Boden reichen also noch sehr lange!



Phosphor sorbiert

**5–120 kg/ha**

(in 0 – 30 cm Tiefe)

## Phosphor sorbiert

**Austauscher:** Das Anion Phosphat kann im Boden austauschbar an positiv geladenen Teilchen angelagert werden. Dadurch wird P vor Auswaschung geschützt und in einer leicht mobilisierbaren Form bevorratet.

**Konkurrenz-Ion:** Durch die Erhöhung der Konzentration von Konkurrenz-Ionen in der Bodenlösung kann sorbierter P vom Austauscher verdrängt und von Wurzeln aufgenommen werden. In der Praxis hat sich dafür das Anion der Kieselsäure bewährt.

**Mobilisierung:** Die im Boden natürlich vorkommende Kieselsäure ist dazu nicht geeignet. Spezielle silikatische Produkte, die eine hochthermische Veränderung erfahren haben, können P mobilisieren (z.B. Zeolithe, Hüttenkalke).

## Phosphor in organischer Substanz

**400–2000 kg/ha**

(in 0 – 30 cm Tiefe)

**60–120 kg/ha**

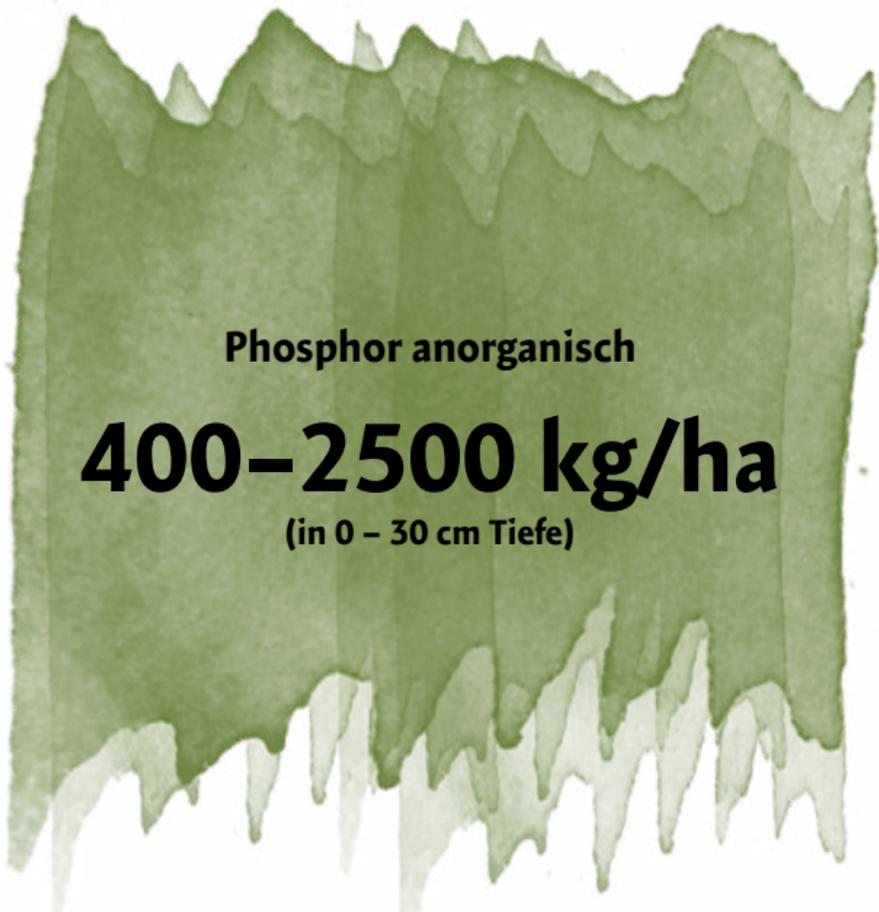
in Mikroorganismen

## Phosphor in organischer Substanz

**Organischer Reservepool:** Die organische Substanz des Bodens ist ein perfekter P-Speicher! In diesem Pool liegen 30 bis 75% des P-Gesamt vor. In der landwirtschaftlichen Routineanalytik wird dieser Pool derzeit komplett ignoriert.

**Phytin:** Organisch gebundener P liegt meist als Phytin vor und kann von Wurzeln nicht aufgenommen werden. Phytin ist nicht säurelöslich und kann ausschließlich durch Enzyme aufgeschlossen werden.

**Mobilisierung:** Enzyme zur Spaltung des Phytins werden von Mikroorganismen gebildet. Deshalb führt die Förderung der biologischen Aktivität auch zu einer besseren P-Nachlieferung aus diesem Pool!

A decorative background consisting of layered, textured green watercolor washes, creating a mottled and organic appearance. The colors range from light sage to a darker forest green.

## Phosphor anorganisch

**400–2500 kg/ha**

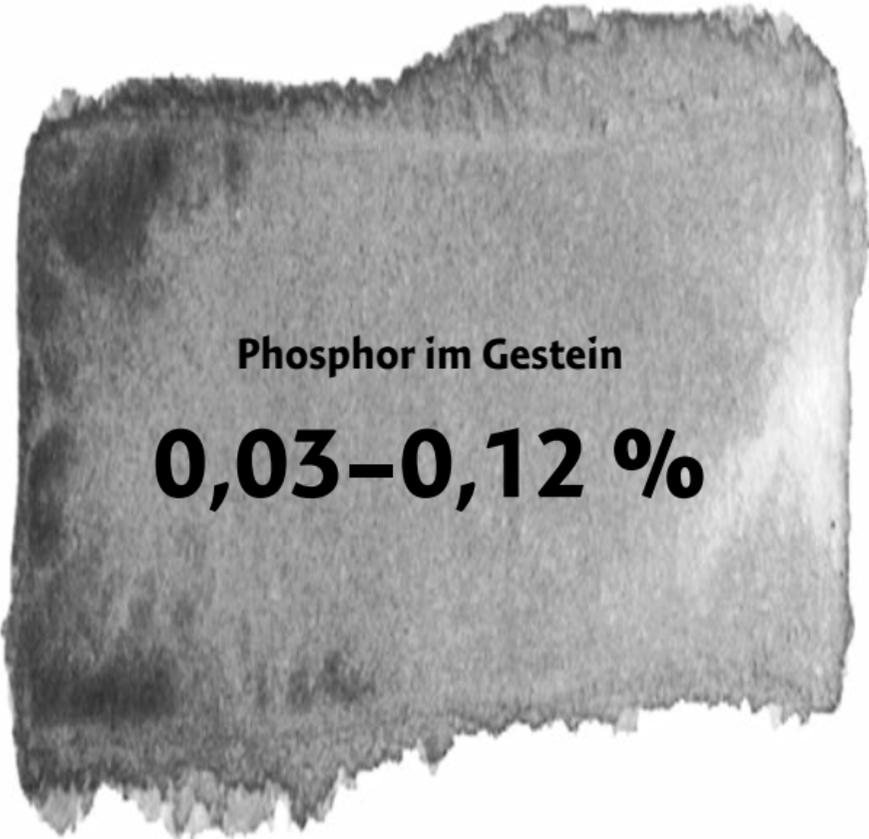
(in 0 – 30 cm Tiefe)

## Phosphor anorganisch

**Reserven:** Die anorganischen P-Reserven sind v.a. durch die Düngestrategie der letzten 50 Jahre stark angestiegen. Es wurde ~1300 kg/ha mehr P zugeführt als durch das Erntegut abgefahren!

**Bindungsform:** Für die Pflanzenernährung steht dieser Pool nur begrenzt zur Verfügung, da P als schwerlösliches Triphosphat vorliegt.

**Mobilisierung:** Durch Einregelung des  $\text{pH}_{\text{KCl}}$ -Wertes auf 5,9 bis 6,9 wird die Verfügbarkeit der Triphosphate erhöht. Pflanzen wie Buchweizen und weiße Lupine können durch starke Säuren Triphosphate lösen und aufnehmen. Bleibt die Biomasse am Feld, wird der P wieder in den Kreislauf integriert. Eine ähnliche Funktion haben auch Mykorrhiza.



## Phosphor im Gestein

**0,03–0,12 %**

## Phosphor im Gestein

**P-haltige Minerale:** Ausgangsgesteine zur Bodenbildung können phosphorhaltige Minerale enthalten (z.B. Apatite). Durch natürliche Prozesse der Bodenbildung und Verwitterung wird dieser P in eine lösliche Bindungsform überführt. Er kann nun von Wurzeln aufgenommen, an Austauschflächen sorbiert oder durch die Bildung von Triphosphaten ausgefällt werden.

**Böden:** Böden aus Granit, Gneis aber auch kalkreichen Sedimenten weisen höhere P-Gehalte auf als Böden aus sandigen Ablagerungen.



## Phosphor und der Regenwurm

## Phosphor und der Regenwurm

**Verdauen:** Durch das Verdauen von organischen und mineralischen Stoffen steigt die Verfügbarkeit von P-Verbindungen im Kot stark an (durch mikrobiologische Prozesse und Veränderung des Säuremilieus im Magen/Darm).

**Bohren:** Regenwurmgänge fördern den Gasaustausch und leiten Niederschlagswasser ab. Luftliebende Mikroorganismen können daher kontinuierlich P aus organischen Verbindungen freisetzen.

**Vermischen:** Durch das Vermischen von organischen und mineralischen Stoffen wird P im Bodenprofil verteilt, kann mobilisiert und von Pflanzen aufgenommen werden.



**Phosphor Düngung**  
**18–40 kg/ha**  
Durchschnittliche Zufuhr  
von Phosphor pro Jahr

## Phosphor Düngung

Die P-Düngung erfolgt oft pauschal. Dadurch können Stoffverhältnisse im Boden einseitig verschoben und die Bodenfruchtbarkeit beeinträchtigt werden.

**Mineralische P-Dünger:** Enthalten 7,9 bis 22,7% P mit stark schwankender Verfügbarkeit. Lösliche Anteile erhöhen die P-Konzentration in der Bodenlösung, andere Stoffe werden blockiert (siehe Zinkmangel bei Mais). P-Dünger unterliegen im Boden einem Alterungsprozess, die Ausnutzung liegt bei ca. 15%! Der Rest wandert in den anorganischen Pool!

**Organische P-Dünger:** In GülLEN, Komposten, Stroh, etc. ist P vorwiegend in Phytin gebunden. Phytin muss von Mikroorganismen erst „zerteilt“ werden, damit Wurzeln P aufnehmen können.



## Phosphor Mobilisierung

Durch den Einsatz der AKRA-Produkte kann Phosphor aus den verschiedenen Pools im Boden mobilisiert und dadurch im Normalfall auf eine Düngung verzichtet werden.

[www.duenger-akra.at](http://www.duenger-akra.at)

**Ökologisch & Ökonomisch**

### AKRA Strategie

**AKRA Kombi:** Die Kieselsäure mobilisiert den sorbierten Phosphor, der dadurch von den Wurzeln aufgenommen werden kann.

**DGC (Dolomit Gips Kalk):** Carbonate neutralisieren Säuren im Boden und schaffen günstige pH-Bedingungen für das Bodenleben. Calcium stabilisiert die Aggregate im Boden, der Luft-Wasserhaushalt verbessert sich. Calcium, Magnesium und Schwefel sind wichtige Stoffe zur Pflanzenernährung. Die Phosphor-Dynamik des Bodens wird gefördert.

**Megaterium Phosphaticum:** Das Bakterium fördert die Mobilisierung organischer P-Reserven, welche 30 bis 75% des Gesamtphosphors ausmachen!