

Phosphor im Grünlandbetrieb

- zur aktuellen Situation in Österreich



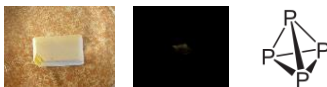
Gliederung des Vortrages

- Vorkommen/Bedeutung/Funktionen des Phosphors
- Phosphorgehaltswerte im österreichischen Grünland
- Ergebnisse aus Langzeitdüngungsversuchen
- Phosphorgehaltswerte im österreichischen Grundfutter
- Problembereiche/Lösungsansätze



Vorkommen und Eigenschaften des Phosphors

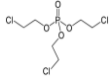
- griechisch „φωσ-φορος“: lichttragend (Reaktion des weißen Phosphors mit Sauerstoff) - 1669 von Henning Brand entdeckt



- Massenanteil in der Erdkruste: 0.09% (Apatite!)
- vier allotrope Modifikationen: weißer, roter, schwarzer und violetter Phosphor – Unterscheidung durch Kristallstruktur
- seit 2004 zwei weitere Modifikationen bekannt (P-Nanostäbchen)
- Oxidationsstufen: +/-3, +4, +5 (Boden/Pflanze)
- Isotope: 23 - nur ³¹P stabil und natürlich vorkommend, ³²P und ³³P werden als radioaktive Marker verwendet
- Elementarer P ist hoch toxisch – letale Dosis für Menschen (weißer P: 1.4 mg kg⁻¹)

Verwendung von Phosphor

Organo-Phosphorverbindungen
als Brandhemmer



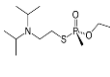
Homeopathie



Trocknungsmittel
Phosphorpentoxid



Chemiewaffen:
VX Gas



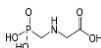
„Weisser
Phosphor“



Zündhölzer



Breitbandherbizid
Glyphosat

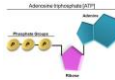


Düngemittel



Bedeutung des Phosphors für Mensch, Tiere und Pflanzen

- Essentieller Nährstoff für alle Organismen!
- Phosphorverbindungen sind Bestandteil der **DNA- und RNA-Moleküle**
- Phosphor ist wichtiger Baustein von **Zuckerphosphaten, Phospholipiden, Coenzymen** und spielt mit der **Phosphorylierung** eine zentrale Rolle in der Steuerung von biologischen Zellprozessen
- In Pflanzen erfüllt Phosphor wichtige Funktionen im Energie-, Kohlenhydrat- und Wasserhaushalt sowie in der Photosynthese!
- Der Gesamt-P-Gehalt von Mineralböden beträgt 0,02-0,15%, jener von organischen Böden bis zu 0,2%
- Pflanzen nehmen Phosphor vorwiegend als $H_2PO_4^-$ oder HPO_4^{2-} auf – diese Formen stehen aber erst nach dem Aufschluß/Mineralisation der organischen und anorganischen P-Verbindungen im Boden zur Verfügung



Phosphorgehaltswerte im österreichischen Grünland (I)

- Bodenbeprobung/-analysen beruhen auf Freiwilligkeit
- Keine gesetzliche Verankerung (auch nicht im Agrarumweltprogramm)
- Anreize durch geförderte Aktionen der Landwirtschaftskammern, Maschinenringe (kurzfristig auch durch einzelne Bundesländer)
- Einmalige Bodenzustandsinventur (Ende 1980), tw. existieren Bodendauerbeobachtungsflächen

⇒ kein zentraler, gemeinsamer Datenpool

Metaanalyse durch die AGES/Wien

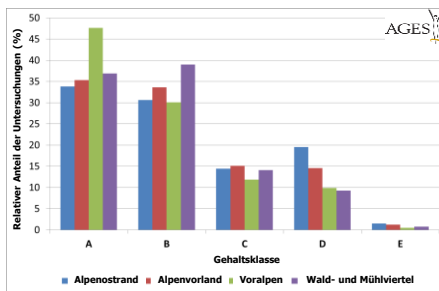


Phosphorgehaltswerte im österreichischen Grünland (II)

- Phosphorbestimmung im Boden nach ÖNORM L 1987
- Calcium-Acetat-Lactat (CAL) – Extrakt (für alle pH-Wertbereiche)
- P-Analyse ist Bestandteil der Grundbodenuntersuchung (P, K, pH-Wert, Kalkbedarfsermittlung)

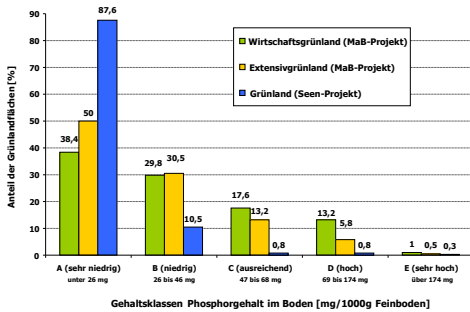
		Ackerland	Grünland
Gehaltsklasse	Nährstoffversorgung	mg P/1000 g Feinboden	
A	sehr niedrig	< 26	< 26
B	niedrig	26 – 46	26 – 46
C1	ausreichend	47 - 90	47 – 68
C2	<i>für einige Kulturen</i>	90 - 111	-
D	hoch	112 - 174	69 – 174
E	sehr hoch	> 174	> 174

Phosphorgehaltswerte im österreichischen Grünland (III)



$\Sigma A + B \approx 65-77\%$

Phosphorgehaltswerte im österreichischen Grünland (IV)



$\Sigma A + B \approx 68-97\%$

Phosphorgehaltswerte im österreichischen Grünland (V)

- Häufig Kombination von sehr niedriger P-Versorgung im Boden und zugleich hohen pH-Werten (> 6,0)
- => geringe Wirksamkeit von weicherden Phosphaten (Hyperphosphat, Hyperkorn)
- => unter diesen Bedingungen wirksame Produkte wie Superphosphate sind aber z.B. in der biologischen Landwirtschaft nicht erlaubt!
- Ausnahmeregelung für die ÖPUL-Maßnahme „Verzicht auf ertragssteigernde Betriebsmittel“ bei Nachweis einer P-Unterversorgung des Bodens (Gehaltsklasse A oder B) und eines pH-Wertes > 6,0



Ergebnisse aus Langzeitdüngungsversuchen und Feldstudien

- Langzeitversuche an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein:
 - ⇒ Nährstoffmangelversuch 432 - Anlagejahr 1961 mineralische Düngungsvarianten (NPK), 3-Schnitte/Jahr bis 1997 Thomasphosphat – seither Hyperphosphat
- Feldstudien/Grundfüttererhebungen in Österreich:
 - ⇒ MaB-Projekt (ÖAW) zum Thema „Landschaft und Landwirtschaft im Wandel – das Grünland im Berggebiet Österreichs (1997-2001)“
 - ⇒ Österreichweite Silageprojekte (2003/2005/2007/2009)
 - ⇒ Österreichweite Heuprojekte (2010 und 2012)
 - ⇒ Futterwerttabellen für das Grundfutter im Alpenraum

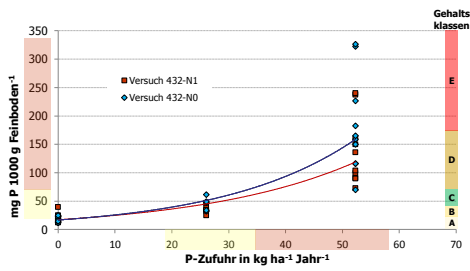
Ertrags- und P-Bilanzierungsdaten - Nährstoffmangelversuch (Ø 1961- 2010)

Einheit	NaP ₀ K ₀	NaP ₂ K ₀	N ₁ P ₀ K ₀	N ₁ P ₂ K ₀	NaP ₀ K ₂	NaP ₂ K ₂	N ₁ P ₀ K ₂	N ₁ P ₂ K ₂
TM-Bruttoertrag dt/ha	29,1	28,7	42,9	42,8	45,3	65,1 → 69,2	73,3	88,4 → 93,3
Leguminosen Gew.-%	7,7	3,6	0,6	0,4	14,7	20,6	20,4	2,5
P-Zufuhr kg/ha	0	52,3	0	52,3	0	26,3	52,3	0
P-Entzug kg/ha	11,9	13,4	14,7	18,2	17,4	25,5	28,5	22,4
P-Bilanz kg/ha	11,9	38,9	-14,7	34,1	-17,4	0,8	23,8	-22,4

N₀ = kein Stickstoff; N₁ = 60 kg N/ha und Jahr
 P₀ = kein Phosphor; P₁ = 60 kg Phosphat/ha und Jahr; P₂ = 120 kg Phosphat/ha und Jahr
 K₀ = kein Kalium; K₂ = 240 kg Kal/ha und Jahr

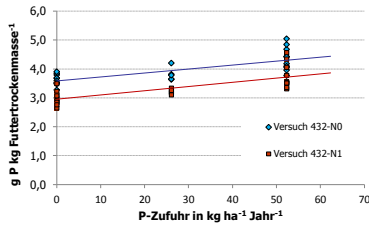
- ⇒ positiver Effekt der P-Düngung auf Ertrag (44-53% bzw. 21 und 27%) und Leguminosenanteil nur in Kombination mit Kalium!
- ⇒ relativ geringer Effekt (~ 5%) der hohen P-Versorgung (P₂)
- ⇒ P₁-Varianten bilanzieren ausgeglichen, P₂-Varianten führen zu einem positiven Saldo insbesondere bei fehlender Kaliumzufuhr
- ⇒ beachtliche, langfristige P-Nachlieferung des Bodens

Zusammenhang zwischen P-Zufuhr und P-Gehaltswerten im Boden (PÖTSCH u.a., 2013)



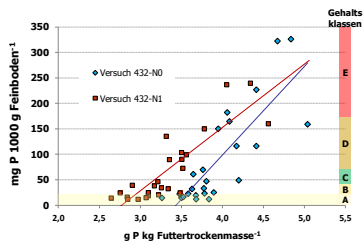
- ⇒ Anstieg der P-Bodengehaltswerte mit zunehmender P-Zufuhr
- ⇒ etwas schwächer ausgeprägt im N-gedüngten Block (P-Entzug ↑)
- ⇒ P-Düngung über den Empfehlungswerten ⇒ Gehaltsklassen D & E

Zusammenhang zwischen P-Zufuhr und P-Gehaltswerten im Futter (PÖTSCH u.a., 2013)



- ⇒ starke Variationsbreite (2,6 bis 5,0 g P kg TM⁻¹) – auch bei fehlender P-Düngung
- ⇒ tendenzieller Anstieg der P-Konzentration im Futter mit zunehmender P-Zufuhr in beiden Gruppen des Nährstoffmangelversuchs
- ⇒ ausreichende P-Gehaltswerte für niedrige bis mittlere Milchleistungen gemäß den aktuellen Bedarfsnormen (GfE 2001)

Zusammenhang zwischen P-Bodengehaltswerten und P-Gehaltswerten im Futter



- ⇒ ausgeprägter Zusammenhang in beiden Blöcken des statisch gedüngten Nährstoffmangelversuchs (Wertepaare mit extremen P-Anreicherungen im Boden!)
- ⇒ teilweise hohe P-Futtergehaltswerte trotz Bodengehaltsklasse „A“

Einflussfaktoren auf P-Gehaltswerte im Grundfutter (I)

- **Bodenphosphorgehalt, geologische Ausgangssituation (2,8 g P kg TM⁻¹ im Silikatbereich vs. 3,0 g P kg TM⁻¹ im Kalkbereich), Wasserversorgung, Nutzungshäufigkeit, Aufwuchs (2,5/2,9/3,2/3,8 g P kg TM⁻¹) als signifikante Einflussfaktoren – multivariate Analyse von MaB-Daten (Resch u.a., 2009)**
- **Nutzungszeitpunkt – Abnahme der P-Konzentration mit zunehmendem Alter der Pflanzen (Intensivgrünland > Extensivgrünland, Primäraufwüchse > Folgeaufwüchse) ⇒ Bestände rechtzeitig nutzen!** (Resch u.a., 2006)
- **Botanische Zusammensetzung des Pflanzenbestandes – höhere P-Konzentrationen von Leguminosen und Kräutern gegenüber Gräsern** (Meister und Lehmann, 1988; Pötsch und Resch, 2005; Pirrhofer-Walzl et al., 2011)



Einflussfaktoren auf P-Gehaltswerte im Grundfutter (II)

- **Futterkonservierung/Silage** (Resch, 2010 – AB Silageprojekte)

Werte in g P kg TM ⁻¹	Biologische Wirtschaftsweise		Verzicht auf ertragssteigernde Betriebsmittel ¹		UBAG ² Öko-Punkte ³		keine ÖPUL-Teilnahme	
	n	Ø	n	Ø	n	Ø	n	Ø
1. Aufwuchs	293	2,8	655	3,0	637	3,1	358	3,2
2. Aufwuchs	57	3,1	108	3,2	98	3,2	57	3,4
3. Aufwuchs	21	3,5	19	3,5	26	3,5	16	3,5
4. Aufwuchs	4	3,7	9	3,7	7	4,0	2	3,7
Gesamt	396	2,9	837	3,0	841	3,1	492	3,2

¹ ÖPUL-Maßnahme für Ackerfutter- und Grünlandflächen
² Umweltgerechte Bewirtschaftung von Acker- und Grünlandflächen
³ nur in Niederösterreich bis 2014 angebotene ÖPUL-Maßnahme

- > multivariate Datenanalyse: signifikanter Einfluss der Wirtschaftsweise, Jahr, Aufwuchs, Mäh- und Erntetechnik, Verweilzeit am Feld
- > P-Gehalt von Silagen aus Dauerwiesen (Ø 3,1 g kg TM⁻¹) < als Silagen von Feldfutterbeständen (Ø 3,2 g kg TM⁻¹)
- > kein signifikanter Einfluss des Siliersystems!
- > der für Silagen bestehende Orientierungswert von > 3,0 g P kg TM⁻¹ wurde bei den Folgeaufwüchsen erreicht

Einflussfaktoren auf P-Gehaltswerte im Grundfutter (III)

- **Futterkonservierung/Heu und Grummet** (Resch, 2013b – AB Heuprojekte)

Werte in g P kg TM ⁻¹	Bodentrocknung		Kaltbelüftung		Warmbelüftung	
	n	Ø	n	Ø	n	Ø
1. Aufwuchs	210	2,1 (± 0,5)	367	2,4 (± 0,5)	268	2,7 (± 0,6)
2. Aufwuchs	183	2,8 (± 0,6)	230	2,9 (± 0,7)	195	3,1 (± 0,7)
3. – 6. Aufwuchs	28	3,3 (± 0,7)	61	3,2 (± 0,7)	111	3,3 (± 0,7)

- > multivariate Datenanalyse: signifikanter Einfluss der Wirtschaftsweise, Jahr und Trocknungsverfahren bei Heu
- > der für Raufutter geforderte P-Gehalt von 2,5 g kg TM⁻¹ wurde nur von etwa 1/3 der untersuchten Heuproben und ca. 50% der Grummetproben erreicht!
- > Biobetriebe wiesen bei den Heuproben mit Ø 2,5 g kg TM⁻¹ die geringsten P-Gehaltswerte auf, gefolgt von Nicht-ÖPUL-Betrieben mit Ø 2,7 und UBAG-Betrieben mit Ø 2,8 g kg TM⁻¹

Problembereiche & Lösungsansätze (I)

- Hoher Anteil an niedrig/sehr niedrig P-versorgten Grünlandböden –
L: Verschiebung der Gehaltsklassen?

Richtlinien für die sachgerechte Düngung					
2. Auflage ab 1991	3. Auflage ab 1993	4. Auflage ab 1996	5. Auflage ab 2000	6. Auflage ab 2006	
mg P/1000 g Feinboden					
Gehaltsklasse					
A	< 26	< 26	< 26	< 26	< 26
B	26 - 46	26 - 46	26 - 46	26 - 46	26 - 46
C	47 - 109	47 - 109	47 - 68	47 - 68	47 - 68
D	110 - 174	110 - 174	69 - 174	69 - 174	69 - 174
E	> 174	> 174	> 174	> 174	> 174

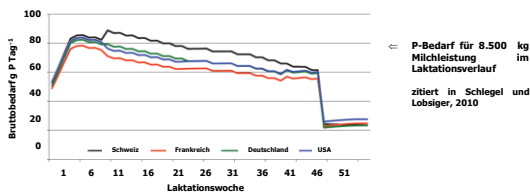
Problembereiche & Lösungsansätze (II)

- Hoher Anteil an niedrig/sehr niedrig P-versorgten Grünlandböden –
L: Erhöhung der P-Düngungsempfehlungen (0,3-0,44 kg P/dt Ernte-TM)?
L: Erhöhung bzw. Umsetzung des Zuschlagsystems?

Richtlinien für die sachgerechte Düngung					
2. Auflage ab 1991	3. Auflage ab 1993	4. Auflage ab 1996	5. Auflage ab 2000	6. Auflage ab 2006	
P ₂ O ₅ in kg/ha und Jahr					
je nach Nutzungstyp/frequenz und je nach Ertragslage (4) und Gehaltsklasse	je nach Nutzungstyp/frequenz und je nach Ertragslage (4) und Gehaltsklasse	je nach Nutzungstyp/frequenz und je nach Ertragslage (4)	je nach Nutzungstyp/frequenz und je nach Ertragslage (3)	je nach Nutzungstyp/frequenz und je nach Ertragslage (3)	je nach Nutzungstyp/frequenz und je nach Ertragslage (3)
A: 30-90 B: 20-80 C: 16-70 D: 0-30 E: -	A: 20-80 B: 15-75 C: 10-95 D: 0-35 E: -	Zuschlag: 20% Zuschlag: 10% C: 5 - 100	Zuschlag: 40% Zuschlag: 20% C: 10 - 120	Zuschlag: 40% Zuschlag: 20% C: 10 - 120	Zuschlag: 40% Zuschlag: 20% C: 10 - 120
Zuschlag für N-Niveau: zusätzlich 20-40% (1 Tabelle)	3 N-Niveaus (ohne, mäßig, mittel) (3 Tabellen)	2 N-Niveaus (mäßig, landesüblich) (2 Tabellen)	kein N-Niveau (1 Tabelle)	kein N-Niveau (1 Tabelle)	

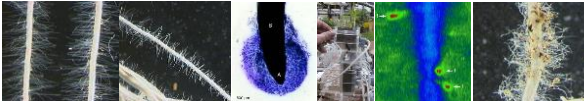
Problembereiche & Lösungsansätze (III)

- Niedrige P-Gehaltswerte im Grundfutter
L: Verbesserung der Bewirtschaftungsmaßnahmen!
L: Überprüfung/Anpassung der Bedarfswerte?



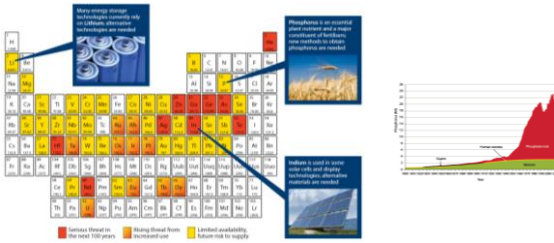
Problembereiche & Lösungsansätze (IV)

- P-Verfügbarkeit im Boden, P-Aufnahme durch Pflanzen
- L: Einsatz leicht löslicher P-Dünger für die biologische Landwirtschaft?
- L: Vermeidung von zu starker (unnötiger) Aufkalkung!
- L: Einsatz/Förderung/Nutzung von Leguminosen (Kräutern)
- L: züchterische Behandlung zur Verbesserung der Wurzelmorphologie und Wurzelhaararchitektur
- L: Verbesserte Nutzung des organischen Phosphors (40-60%-Anteil am P_t) – Einsatz von Pflanzen und Mikroorganismen mit besserer Wirkung auf die Mineralisation
- L: Aussagekraft der aktuellen Analysemethoden (3-6% des P_t)?
- L: Erhöhung der P-Effizienz in intensiveren Agrarökosystemen zur Vermeidung von P-Verlusten



Problembereiche & Lösungsansätze (V)

"The Periodic Table of Short Supply"



- L: Phosphorrecycling – Schlammwasser, Klärschlamm, Klärschlammasche (hohes Rückgewinnungspotenzial, Technologie vorhanden, Kosten/Nutzen?)

Source: A Sustainable Global Society - How Can Materials Chemistry Help?, A white paper from the Chemical Sciences and Society Summit (CSS) 2010, March 2011