

Phosphor im System „Boden – Pflanze – Gewässer: Grundlagen und aktuelle Forschungs- probleme“

Peter Leinweber

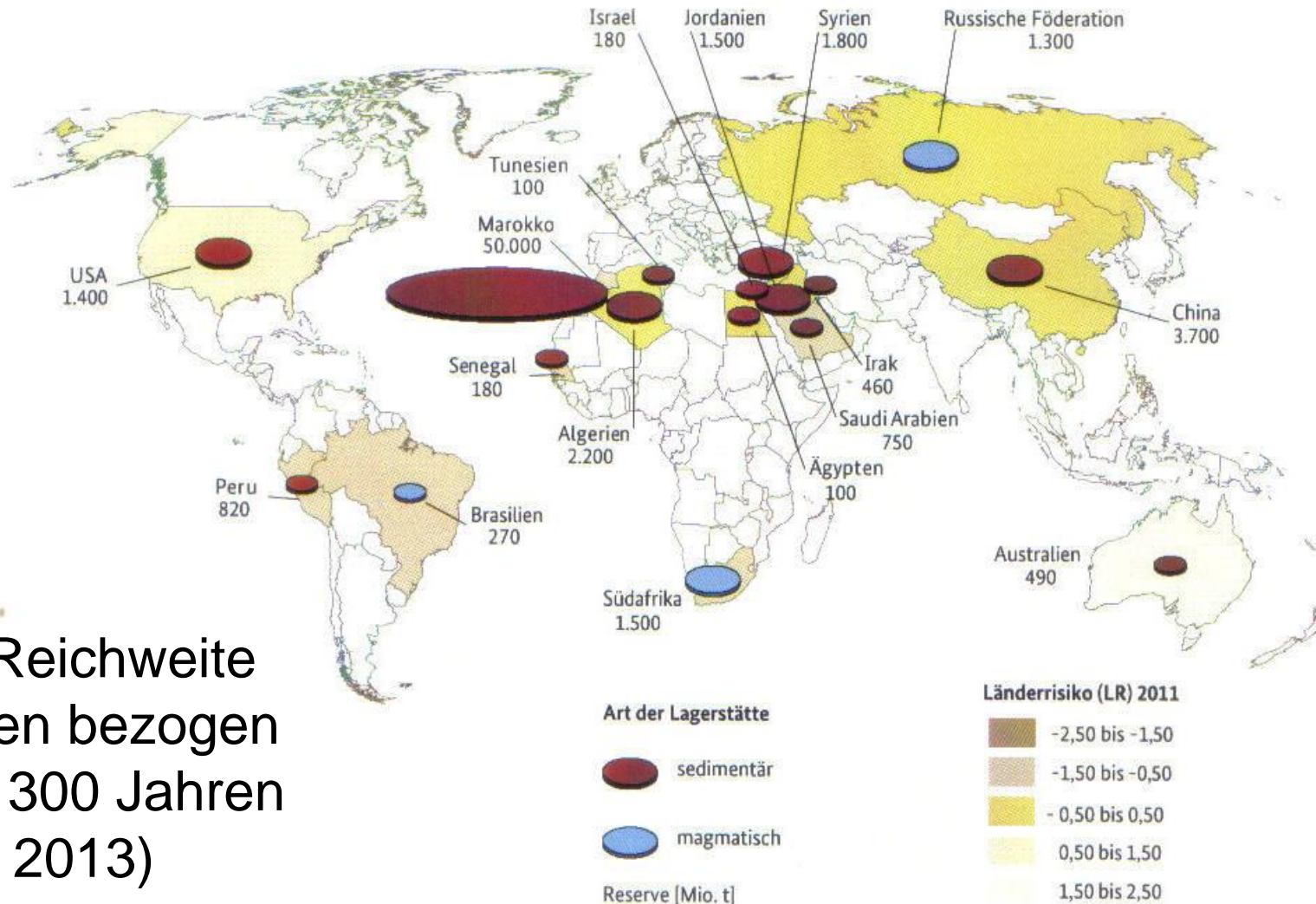
*Bodenkunde, Universität Rostock und Leibniz-
WissenschaftsCampus „Phosphorforschung Rostock“*

Gliederung

1. Problematik: Knappheit vs. Verschwendung
2. Aktuelle Forschungsinitiativen HRO, M-V & D
3. Systemübersicht & Ergebnisbeispiele
„Boden-Pflanze-Gewässer“
4. Ideen für ein besseres P-Management

1. Problematik (1)

Die P-Ressourcen sind begrenzt; größte Reserven in Nordafrika und im Nahen Osten



Statische Reichweite der Reserven bezogen auf 2013: ~ 300 Jahren (BGR, 2013)

1. Problematik (2)

Defizite vs.

Int. J. Environmental Technology and Management, Vol. 21, Nos. 5/6, 2018

373

Is phosphorus really a scarce resource?

Jörg Köhn

Beckmann Institute for Bio-Based Production Lines e.V. (BIOP),
Büdnerreihe 20a, D-18239 Heiligenhagen, Germany

Email: jk@dr-ioerg-koehn.de

Aktuell & absehbar keine „physische“

Verknappung wegen # Reserven größer

als bekannt, # Bedarfe regional verringert,

Mobilisierung von Reserven im Boden,

Recyclingtechnologien entwickelt

Email: dana.zimmer@io-warnemuende.de

Peter Leinweber*

Soil Science,
University of Rostock,

Source: MacDonald et al. (2011)



bedarf wird weiter
regionen mit P-
Defiziten (+ P-fixierende Böden)

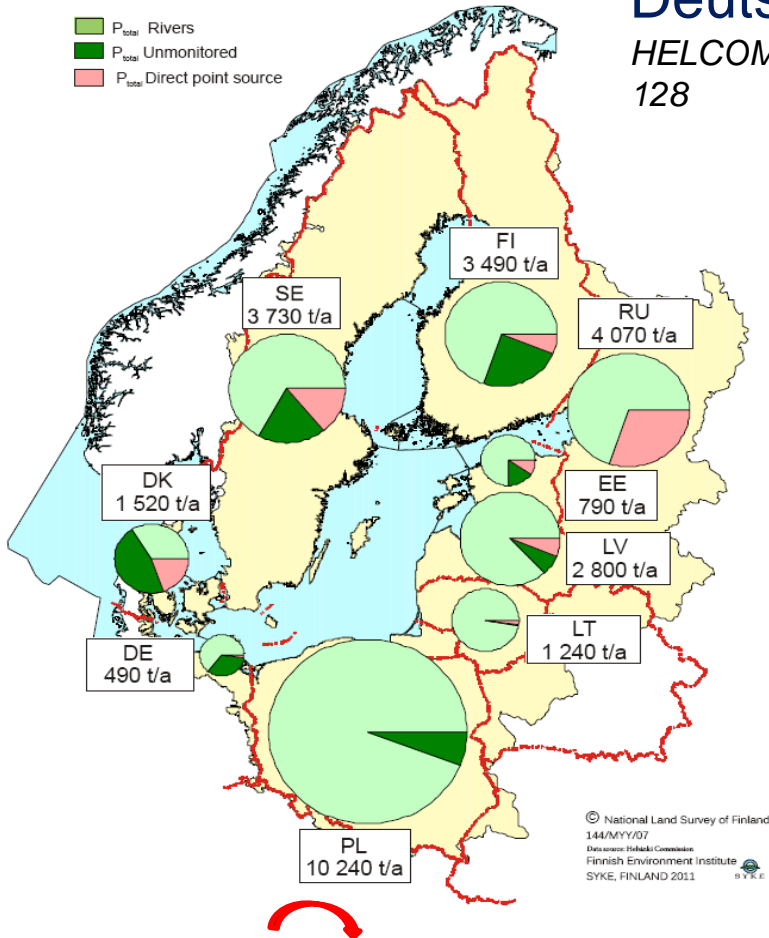
1. Problematik (3)

Phosphoreinträge in die Ostsee

Gesamt: 28 150 t a⁻¹

Deutschland: 490 t a⁻¹

HELCOM (2011): Fifth Pollution Load Compilation – Balt. Sea Environ. Proc. 128



HELCOM Baltic Sea Action Plan bis 2021, "reduction requirements"

	Phosphorus (t/a)	Nitrogen (t/a)
Denmark	38	2 890
Estonia	320	1 800
Finland	330 + 26	2 430 + 600
Germany	110 + 60	7 170 + 500
Latvia	220	1 670
Lithuania	1 470	8 970
Poland	7 480	43 610
Russia	3 790	10 380
Sweden	530	9 240

D: 490 t a⁻¹ minus 170 t a⁻¹

2. Aktuelle Forschungs- initiativen HRO, M-V & D

gefördert durch
Leibniz
Leibniz-
Wettbewerb



SCIENCE CAMPUS
PHOSPHORUS RESEARCH
ROSTOCK

Phase 2: 2019-23

WETSCAPES

2017-21



BONARES
Zentrum für Bodenforschung



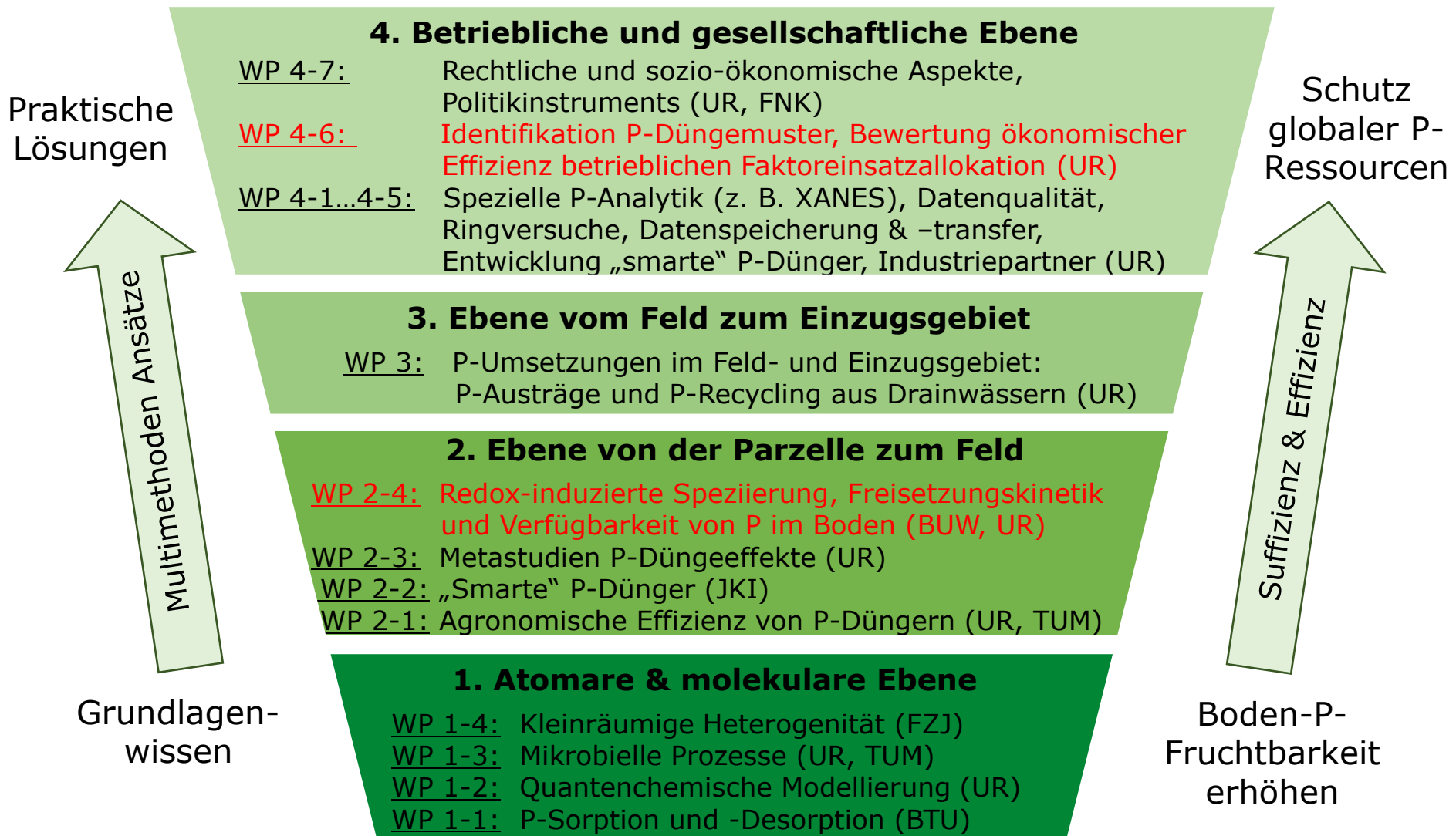
InnoSoil **P**hos

Phase 2: 2018-21

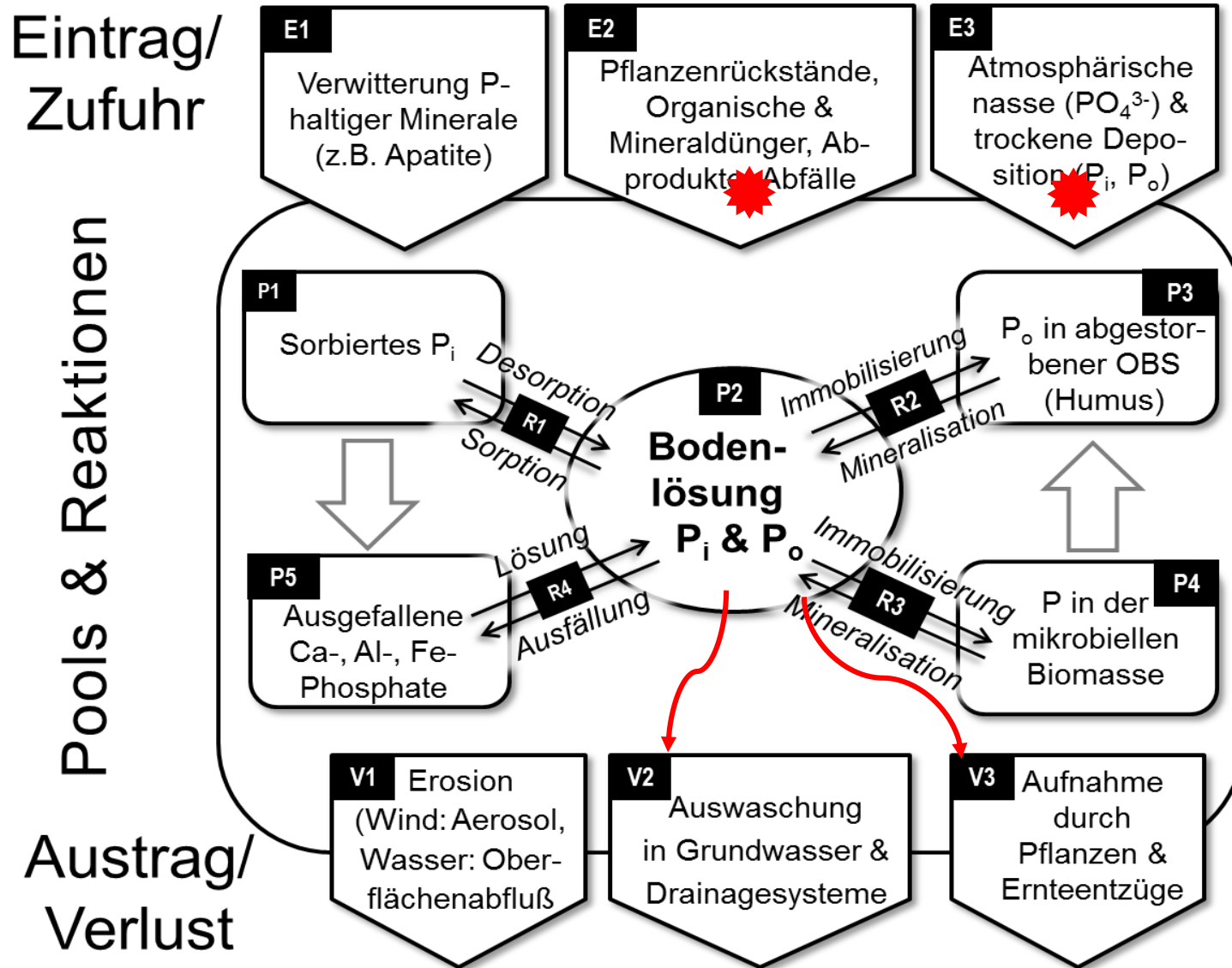


InnoSoilPhos

Innovative Lösungen für ein nachhaltiges Bodenphosphor-Management



3. Systemübersicht „Boden-Pflanze-Gewässer“



E4: Atmosphärische P-Einträge

Tipping et al., 2014. Env. Sci.: Progress Impacts



Berthold et al. *Environ Sci Eur* (2019) 31:27
<https://doi.org/10.1186/s12302-019-0208-y>

 Environmental Sciences Europe

RESEARCH

Open Access

Magnitude and influence of atmospheric phosphorus deposition on the southern Baltic Sea coast over 23 years: implications for coastal waters

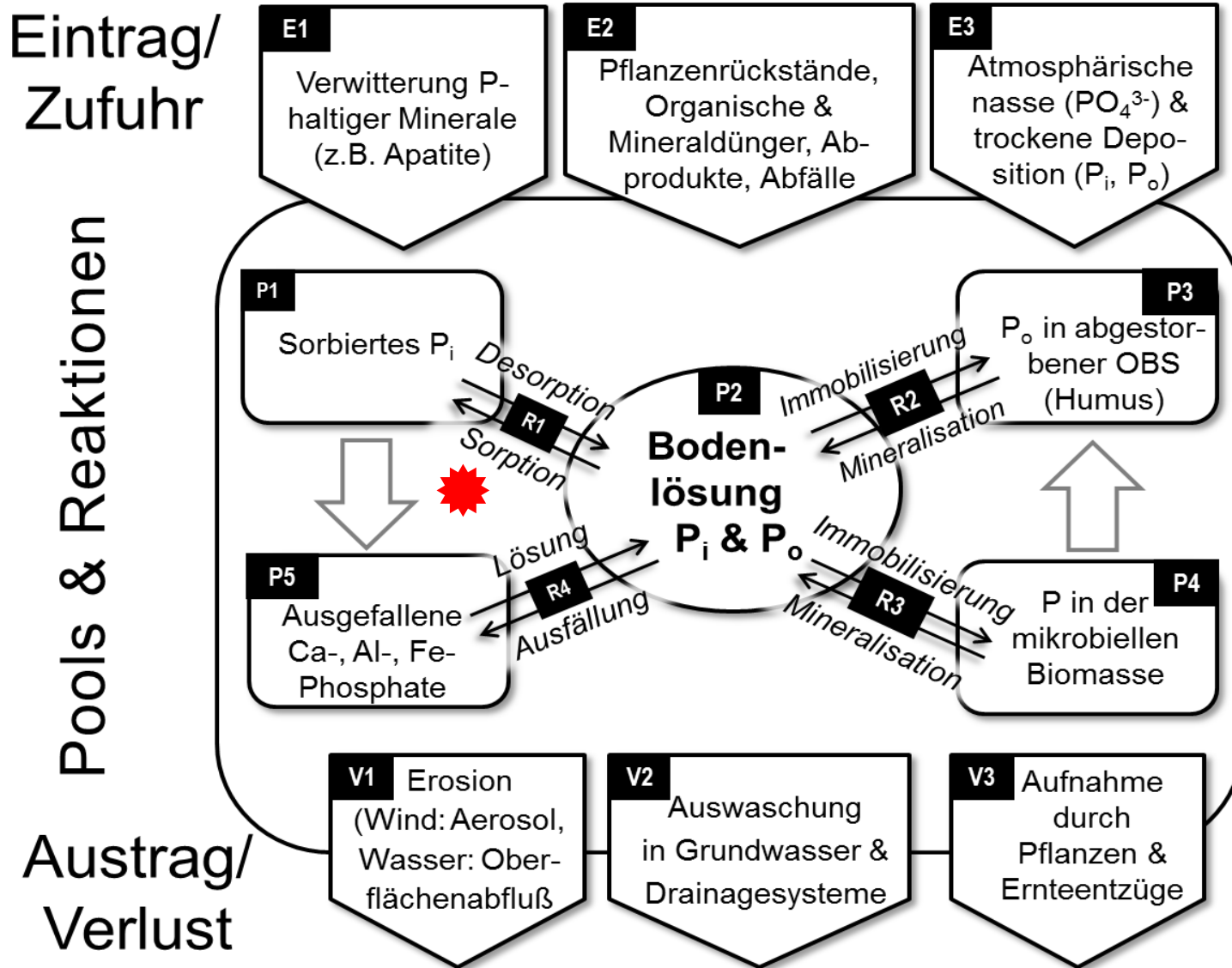


Maximilian Berthold¹ , Rita Wulff¹, Volker Reiff¹, Ulf Karsten², Günther Nausch³ and Rhena Schumann^{1*}

Median üb. 23 Jahre: 0,19 bis 0,7 kg P_t ha⁻¹ a⁻¹
¹ = Eintrag über Flußsysteme in Boddenkette

Max. 0,16 PO₄-P g m⁻² a⁻¹
= 1,6 kg ha⁻¹ a⁻¹

3. Ergebnisbeispiele „Boden-Pflanze-Gewässer“



3. Ergebnisbeispiele „Boden ...“ Quantenchemische Modellierung



PCCP

PAPER

[View Article Online](#)
[View Journal](#)



QM/MM simulations of organic phosphorus adsorption at the diaspore–water interface†

Prasanth B. Ganta, ^a Oliver Kühn ^{ab} and Ashour A. Ahmed ^{*ab}

Cite this: DOI: 10.1039/c9cp04032c



PCC

PAPER

PAPER



Unravelling the nature of glyphosate binding to goethite surfaces by *ab initio* molecular dynamics simulations†



Cite this: DOI: 10.1039/c7cp06245a

[View Article Online](#)
[View Journal](#)



Cite this: *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 2019, 21, 4421

Infrared spectroscopic characterization of phosphate binding at the goethite–water interface†

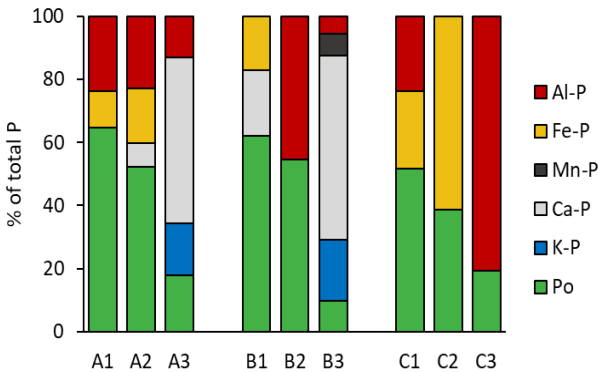
Ashour A. Ahmed, ^{*ab} Stella Gypser,^c Peter Leinweber,^d Dirk Freese^c and Oliver Kühn ^{ab}

- Bodenmineral-Modelle erfolgreich konstruiert und qc-Modellierungsmethoden adaptiert;
- Berechnete Bindungsenergien/Distanzen hängen ab von Art der P-Verbindung (Ortho-P, GLP, GP, IHP), Gitternetzebene an der Mineraloberfläche, 1-/2-Zähnigkeit der Komplexe, vorhandenen Wassermolekülen ...

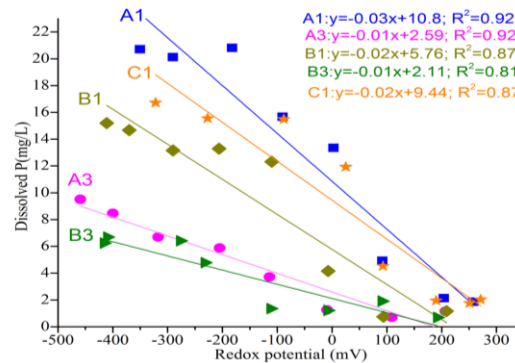
3. Ergebnisbeispiele „Boden-Pflanze/Wasser ...“

Redoxsensitivität der P-Bindung/-Mobilisierung ($P_{\text{gelöst}} = f(\text{Eh})$)

BK Uni Rostock:



BU Wuppertal:



Abnahme des Eh:

- Abnahme Ca-P & Fe^{3+} -P
- Zunahme P_{org} in B1

Zunahme des Eh:

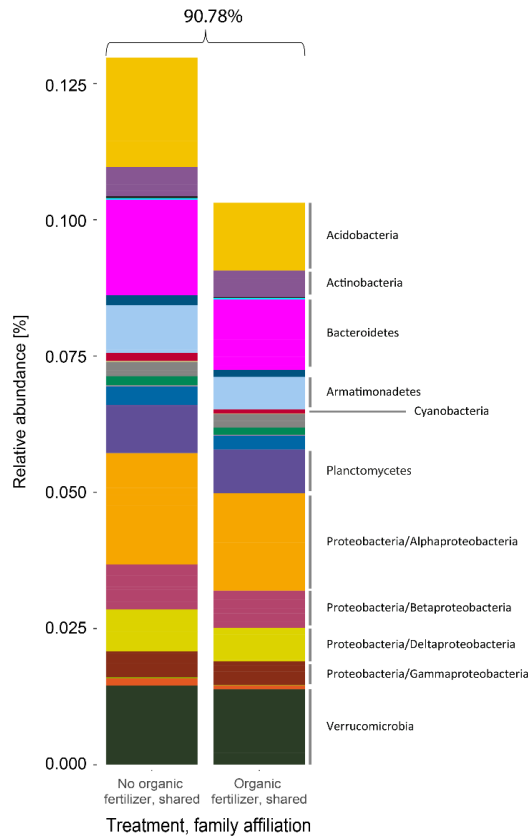
- Zunahme Ca-P & Fe^{3+} -P
- Abnahme Al-P in A1 & C1

- Anstieg $P_{\text{gelöst}}$ unter reduzierenden Bedingungen & Abnahme unter oxidierenden Bedingungen
- Eh-Variationen verändern die Proportion auftretender P-Species

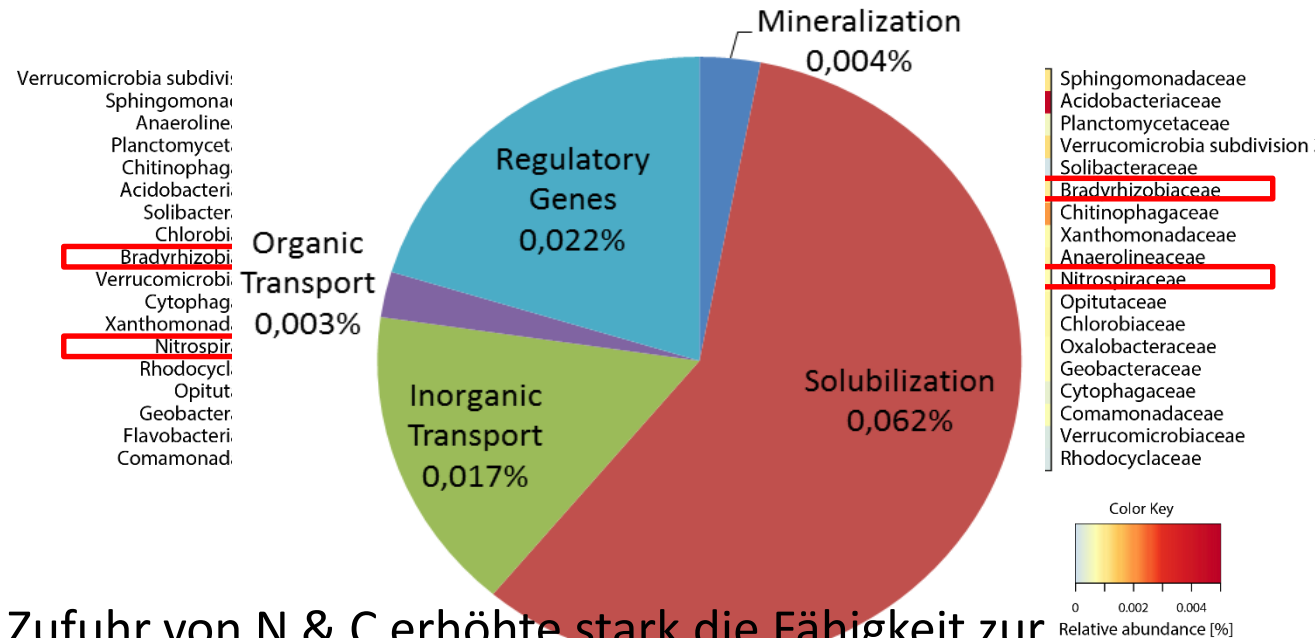
3. Ergebnisbeispiele „Boden-Pflanze ...“

Metagenomische Untersuchung der mikrobiellen P-Mobilisierung

Kern-Mikrobiom
90% Zuordnung



Funktionelles Profil



Zufuhr von N & C erhöhte stark die Fähigkeit zur Lösung/Aufnahme von anorganischem P,
Große Abundanz von Bakterienfamilien aus dem N- und P-Kreislauf

→ Regulation auf RNS-Ebene

→ Enge Verbindung der N- & P-Umsetzungen,
Bedeutung von Leguminosen

3. „Boden-Gewässer“ – Austragsrisiko, historisch

P-Auswaschung aus grundwassernahen Sandböden in Regionen mit hoher Tierdichte, zunächst NL (Freese et al., 1995; Schoumans, 1995; Breeuwsma et al., 1995).

Leinweber et al., Soil Use and Management 13, 1997; Table 2. Statistical data of oxalate-extractable Al, Fe, P, P-sorption capacities (PSC) and degrees of P-saturation (DPS) in the two different study areas in Northwest Germany

Study area	Al _{ox}	Fe _{ox}	PSC	P _{ox}	DPS
Statistics	(mmol/kg)	(mmol/kg)	(mmol/kg)	(mmol/kg)	(%)
Harle-Einzugsg. (n=149)					
Min/Max	6/68	3/155	9/112	4/49	14/145
Median	18.2	31.8	28.3	12.6	46.3
Vechta (n=290)					
Min/Max	2/107	1/480	1/264	2/118	1/179
Median	28.9	20.0	26.8	21.6	85.4

3. „Boden-Gewässer“ – Austragsrisiko, historisch

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn
Landwirtschaftliche Fakultät

Lehr- und Forschungsschwerpunkt
„Umweltverträgliche und Standortgerechte Landwirtschaft“

Forschungsberichte

Heft Nr. 64

European Journal of Soil Science, September 1999, **50**, 413–424

„Mit zunehmender relativer P-Sättigung [DPS, Anm. P.L.] war ein exponentieller Anstieg der P-Konzentration der Bodenlösung zu verzeichnen. Die ... Richtkonzentration von 0,2 mg P/l ... wird in aller Regel bei Sättigungsgraden > 50 %

Management effects on forms of phosphorus in soil and leaching losses

P. LEINWEBER^a, R. MEISSNER^b, K.-U. ECKHARDT^a & J. SEEGER^b

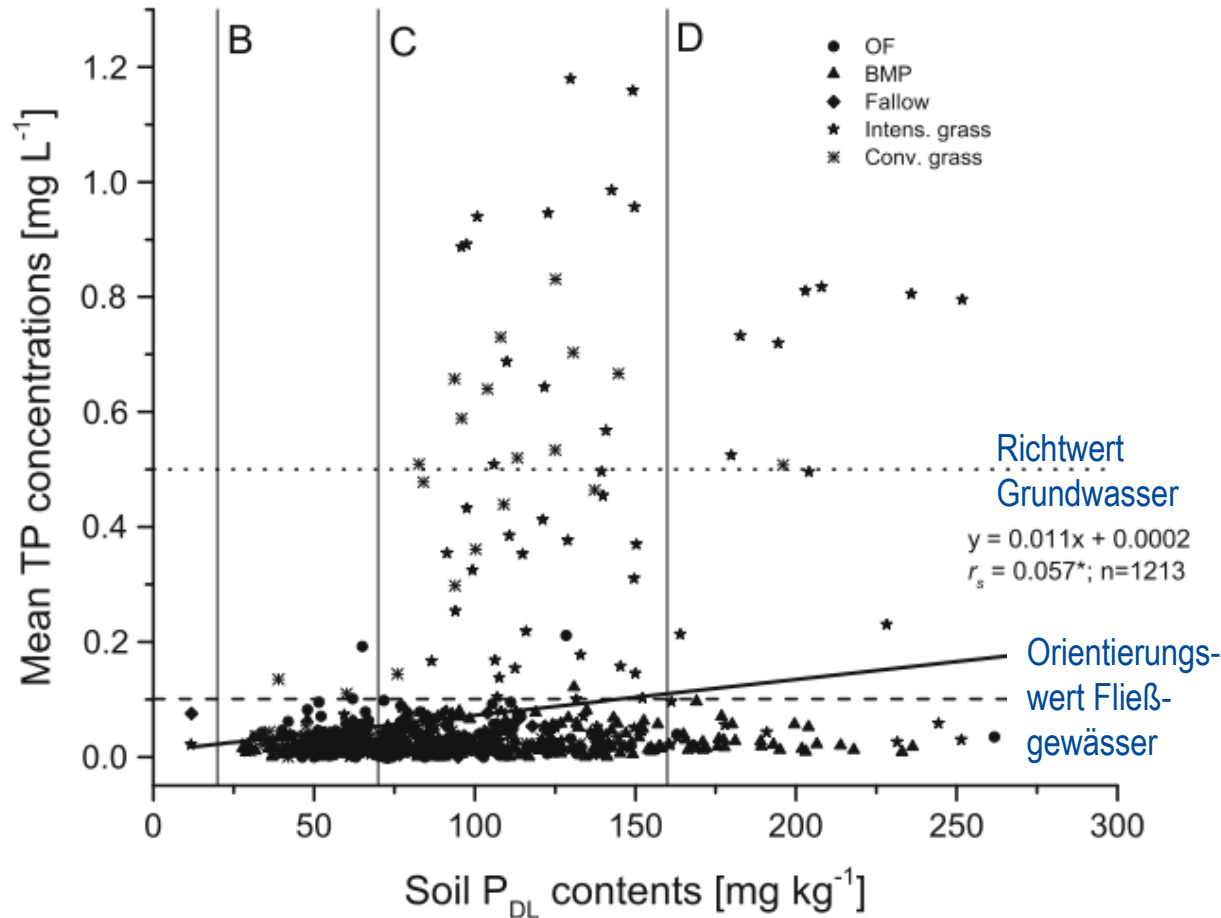
^aInstitute for Soil Science, University of Rostock, Justus-von-Liebig-Weg 6, 18059 Rostock, and ^bUFZ Centre for Environmental Research Leipzig-Halle GmbH, Institute of Soil Science, Lysimeter Station Falkenberg, 39615 Falkenberg, Germany

concentrations of P in leachates and leaching losses. As the P sorption capacity and degree of P saturation predicted leaching losses of P better than did routinely determined soil P tests, they possibly can be developed as novel P tests that meet the requirements of plant nutrition and of water protection.

Plant available phosphorus potential: Insights from |

Holger Rupp, Ralph Meissner, Peter L

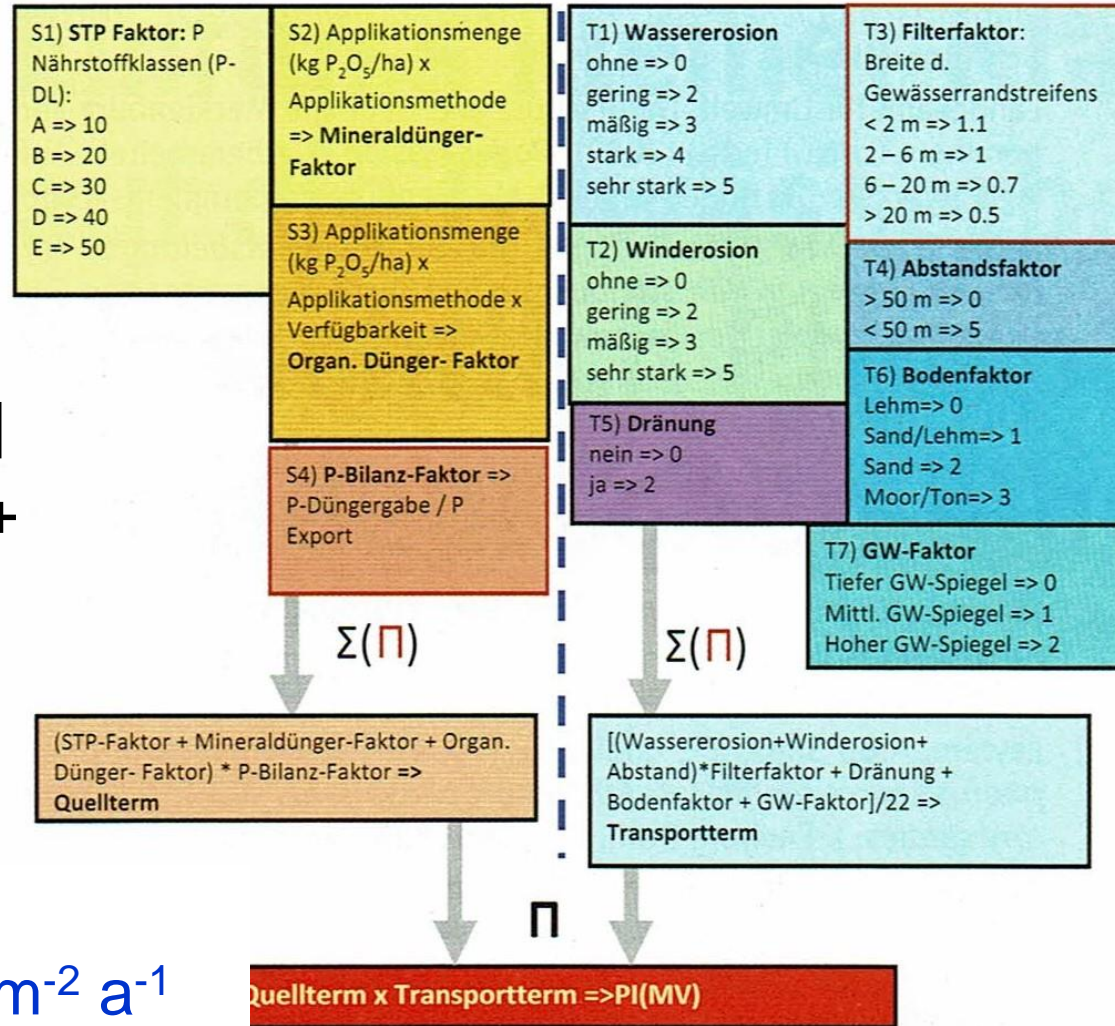
Mittlere jährliche Gesamt-P-Konzentrationen in Lysimeter-Sickerwässern unter ausgewählten Landnutzungen und Gehalte an DL-P im Boden. B-D: Neue Gehaltsklassen VDLUFA (2015). OF=Biolandbau, BMP=Gute fachliche Praxis, Fallow=Brache, Intens. Grass=Intensiv-Grasland, Conv. = Grasland konventionell



3. Ergebnisbeispiele „Boden- Gewässer“ - Austragsrisiko

P-Index-Konzept (Buczko et al., *Korrespondenz Wasserwirtschaft* 12, 2019)

$$\begin{aligned}
 \text{P-Index(MV)} = & [(\text{STP-F.} + \text{MD-F.} + \text{OD-F.}) \times \text{P-Bilanz-F.}] \\
 & \times [((\text{Wassereros.} + \text{Winderos.} + \text{Entfernungs-F.}) \times \text{Filterf.} + \\
 & \text{Dränung} + \text{Boden-F.} + \text{GW-F.}) / 22]
 \end{aligned}$$



Test an 2 Einzugsgebieten:

E1: PI 27, Austrag 4 kg P km⁻² a⁻¹

E2: PI 11, Austrag 2,5 kg P km⁻² a⁻¹

graphische Darstellung der Komponenten und des Berechnungsgangs für den PI(MV)

4. Ideen für ein besseres P-Management

E: Reduktion: Düngung nach Entzug in Gehaltsklasse „B“ [= Zielniveau] bei Anrechnung aller P-Materialien (z.B. Gärreste), ggf. Platzierung & Substitution (Gärreste, Recyclingmaterialien z.B. NH_4MgPO_4 , Asche, Knochen)

P & R: Effizienzsteigerung: Besseres Prozessverständnis (Fixierung überwinden, Unterboden-P nutzen, ...) & Mobilisierung (mikrobiell, Fruchtfolge, neue Dünger)

V: Effizienzsteigerung, Verlustminderung: Niedrigeres P-Niveau plus P-Rückführung (Retentionseinrichtungen auf Ebene Schlag/Einzugsgebiet, z.B. Adsorber in Kaskadennutzung); Suffizienzprinzip in der P-Nutzung