



Globale Perspektive von P-Verfügbarkeit und -Recycling

18.05.2022 | RePhoR – Workshop

*Univ.-Prof. Dr.-Ing. Johannes Pinnekamp, Dipl.-Ing. Daniel Bastian,
Sophia Schüller, M.Sc., FiW an der RWTH Aachen e.V.*



Gliederung

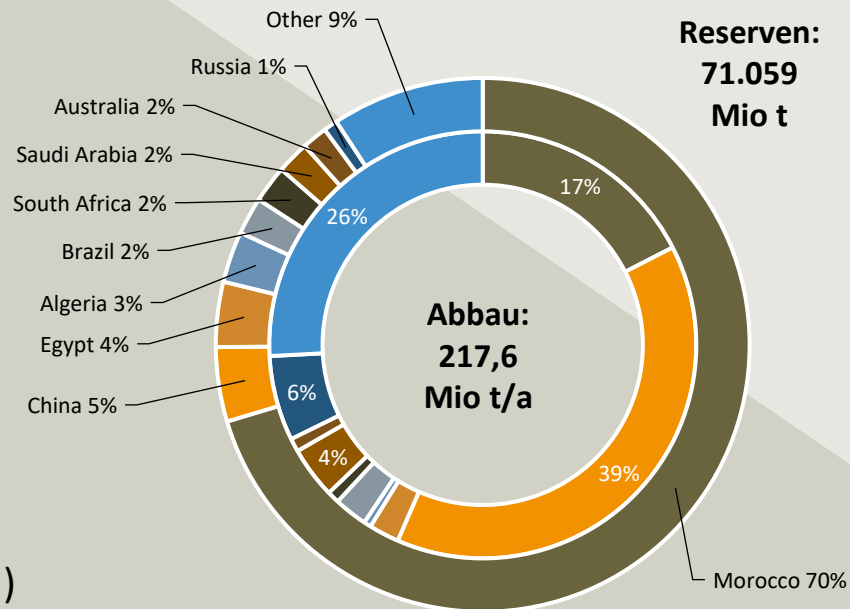
- Kritischer Rohstoff Phosphor
- Bedarf an Phosphor
- Entwicklung des Marktes für Phosphat
- Phosphor aus Sekundärquellen



Kritischer Rohstoff Phosphor

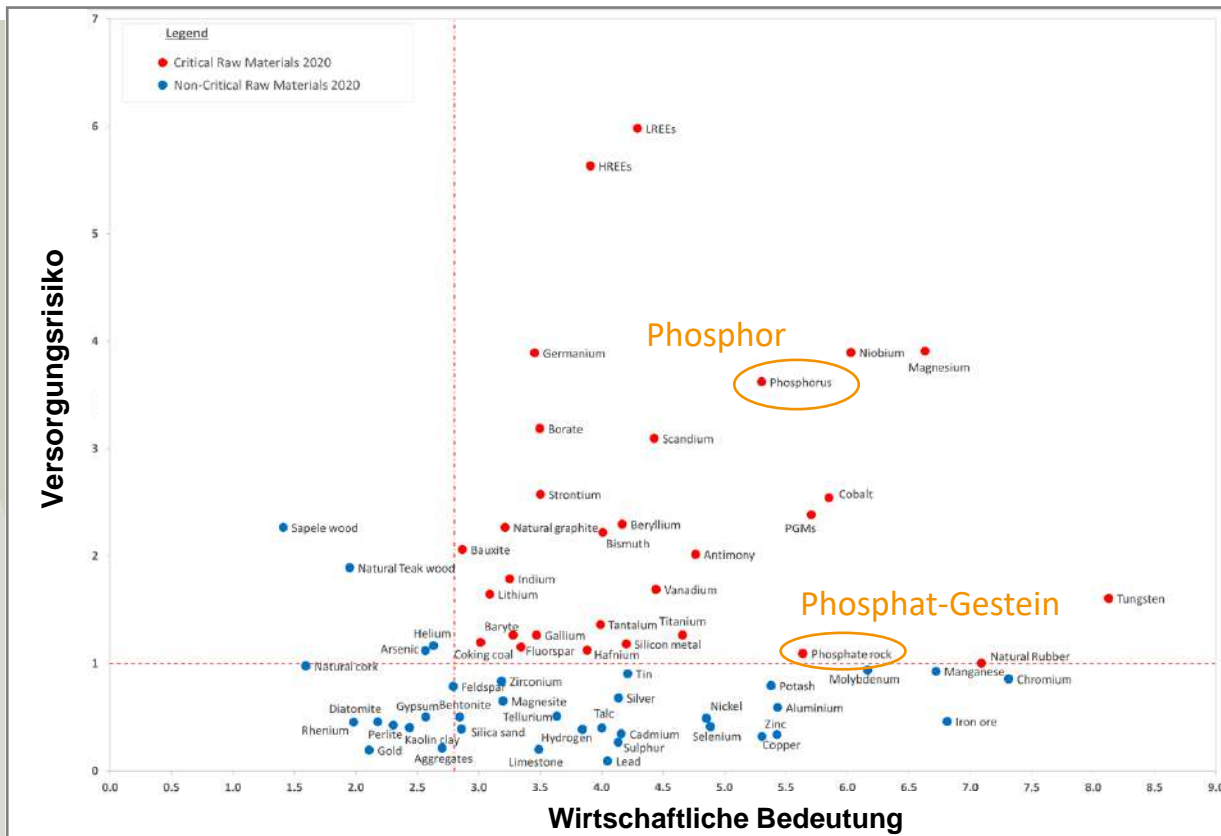
Reichweite der Phosphorlagerstätten

- Reserven
 - Rohstoffmenge einer mineralischen Lagerstätte, die technisch und wirtschaftlich unter den derzeit gegebenen Marktbedingungen gewinnbar ist
- Ressourcen
 - Rohstoffmenge einer mineralischen Lagerstätte, die irgendwann in der Zukunft gewinnbar ist
- Statische Reichweite
 - Reichweite der gegenwärtig bekannten Reserven bei konstanter Förderung (ca. 325 Jahren)



Quellen: USGS (2022) - Mineral Commodity Summaries für 2021

Phosphor als kritischer Rohstoff



Quelle: European Commission (2020) - Report on Critical Raw Materials

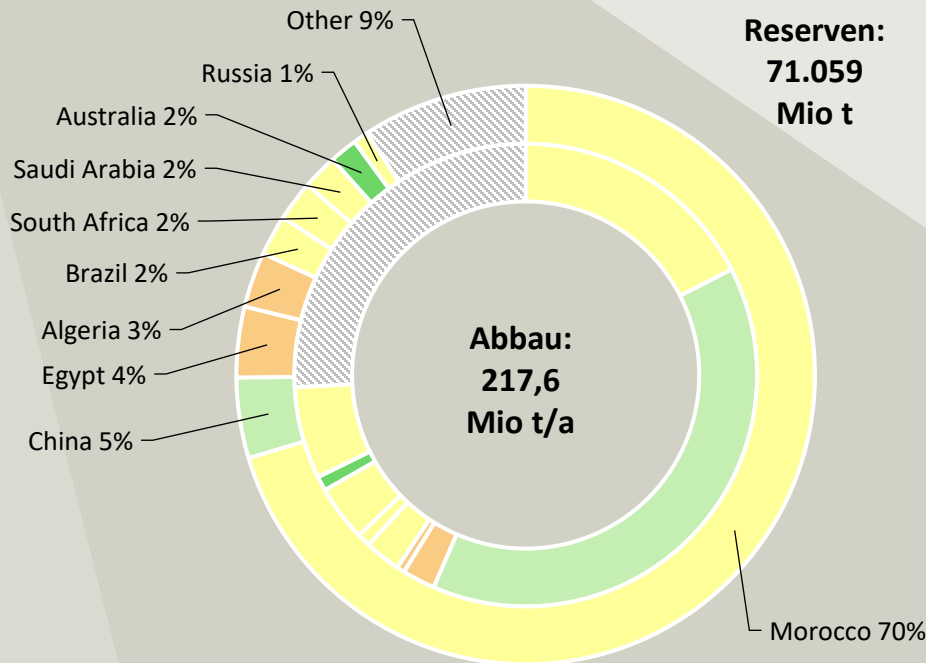
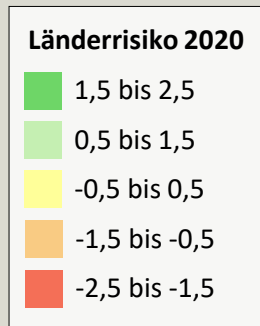
Kritikalitätsanalyse

- Wirtschaftliche Bedeutung
 - Anwendung vornehmlich in der Landwirtschaft
 - „Megasektor“-Wert innerhalb der EU
- Versorgungsrisiko
 - Substituierbarkeit
 - Recycling-Quote
 - Länderkonzentration
 - Herfindahl-Hirschman-Index (HHI)
 - Länderrisiko
 - World Government Index (WGI)

Länderrisiko (World Governance Index)

- Systematik der World Bank
- Untersucht werden mehr als 200 Staaten
- 6 Indikatoren
 - Mitspracherecht und Rechenschaftspflicht
 - Politische Stabilität und Abwesenheit von Gewalt
 - Leistungsfähigkeit der Regierung
 - Regulierungsqualität
 - Rechtsstaatlichkeit
 - Korruptionsbekämpfung
- Bewertungsschema
 - + 2,5: theoretisch beste Regierungsführung
 - - 2,5: theoretisch schlechteste Regierungsführung

Verteilung der Ressourcen an Phosphatgestein

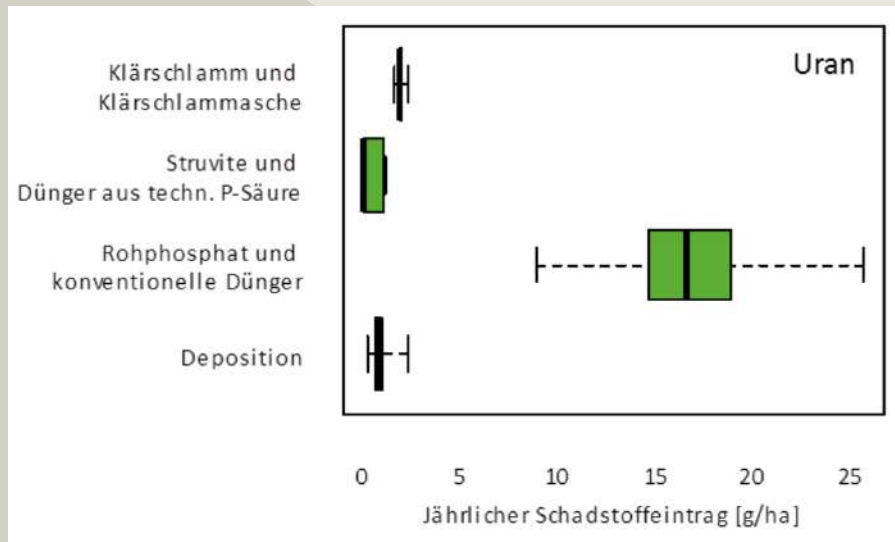


Quellen: USGS (2022) - Mineral Commodity Summaries; Worldbank (2020): Government Effectiveness

Urangehalt in Düngemitteln

Düngertyp	Phosphor- konzentration [% P]	Urangehalt [mg/kg P]	Uraneintrag (Mittelwert) [g U/ha-a]
TSP	16,6 - 20,6	52,3 - 362	22
NP	5,3 - 25,8	0,62 - 198	7
PK	5,8 - 13,4	31,2 - 163	23
NPK	1,5 - 13,5	0,04 - 113	8
Rindergülle	0,43 - 2,1	0,15 - 1,4	2,9
Klärschlamm	2,1 - 2,2	0,0005 - 18,5	3,2

Quelle: UBA Texte 37/2012



Quelle: UBA Texte 13/2019

Ökologische Auswirkung des Phosphat-Abbaus

Nauru



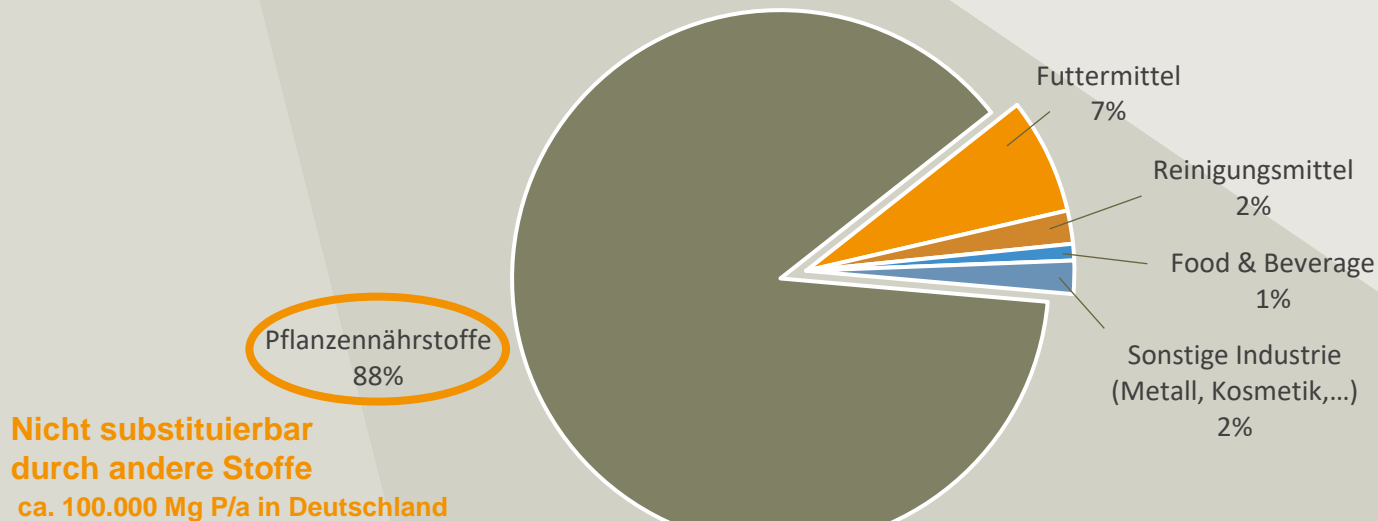
Phosphat-Mine Bou Craa, Marokko





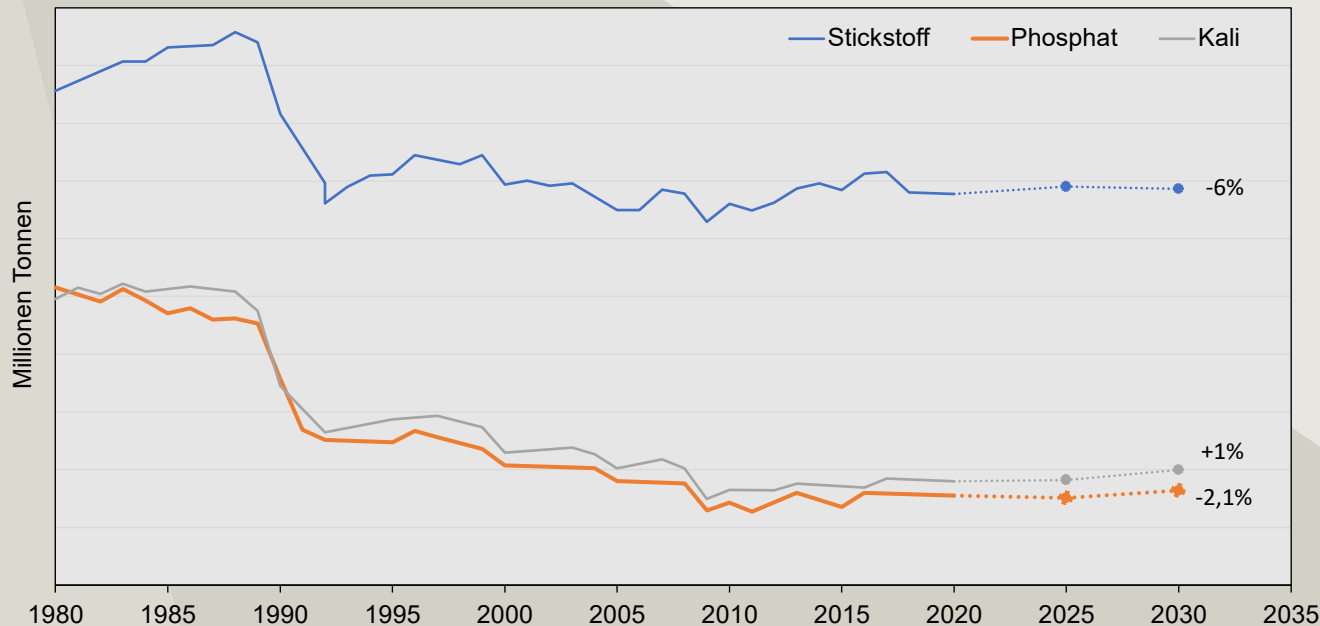
Bedarf an Phosphor

P-Bedarf unterschiedlicher Wirtschaftszweige



Quelle: ESPP Phosphorus Fact Sheet 2019, basierend auf CRU Phosphates 2012 (Darstellung: D. Montag)

Rohstoffbedarf für Düngemittel in den EU-27 – Historie und Prognose



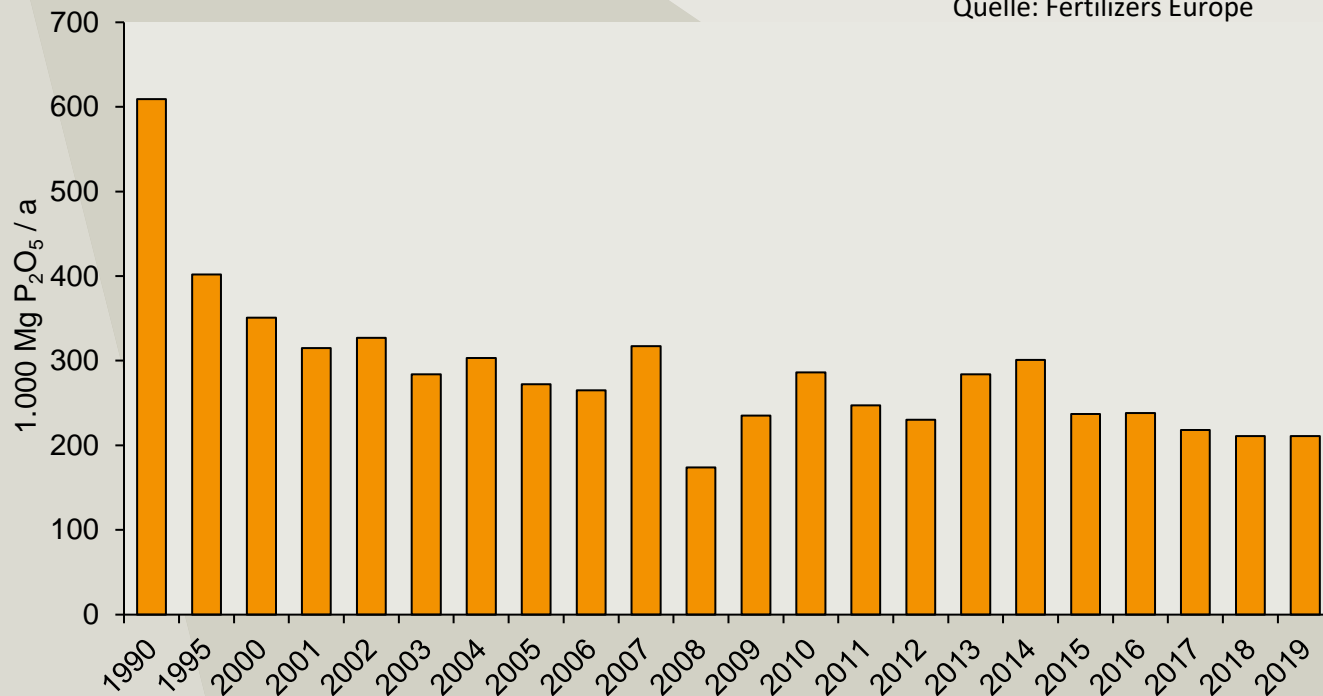
Quelle: Fertilizers Europe (2021)



Übersicht des Phosphatdünger- bedarfs in Deutschland

Verbrauch von Phosphatdünger in der Landwirtschaft in Deutschland

Quelle: Fertilizers Europe





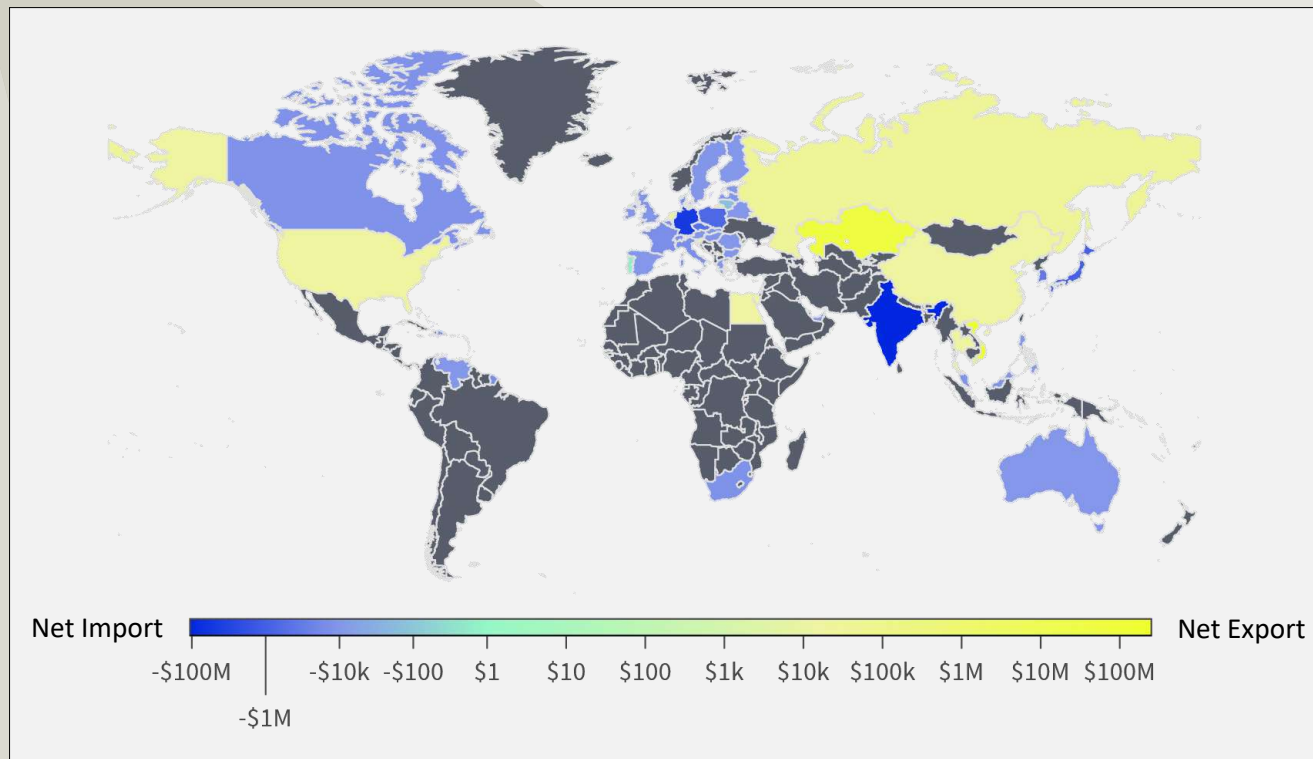
Entwicklung des Marktes für Phosphor

Globaler Nettohandel von Phosphor (2020)

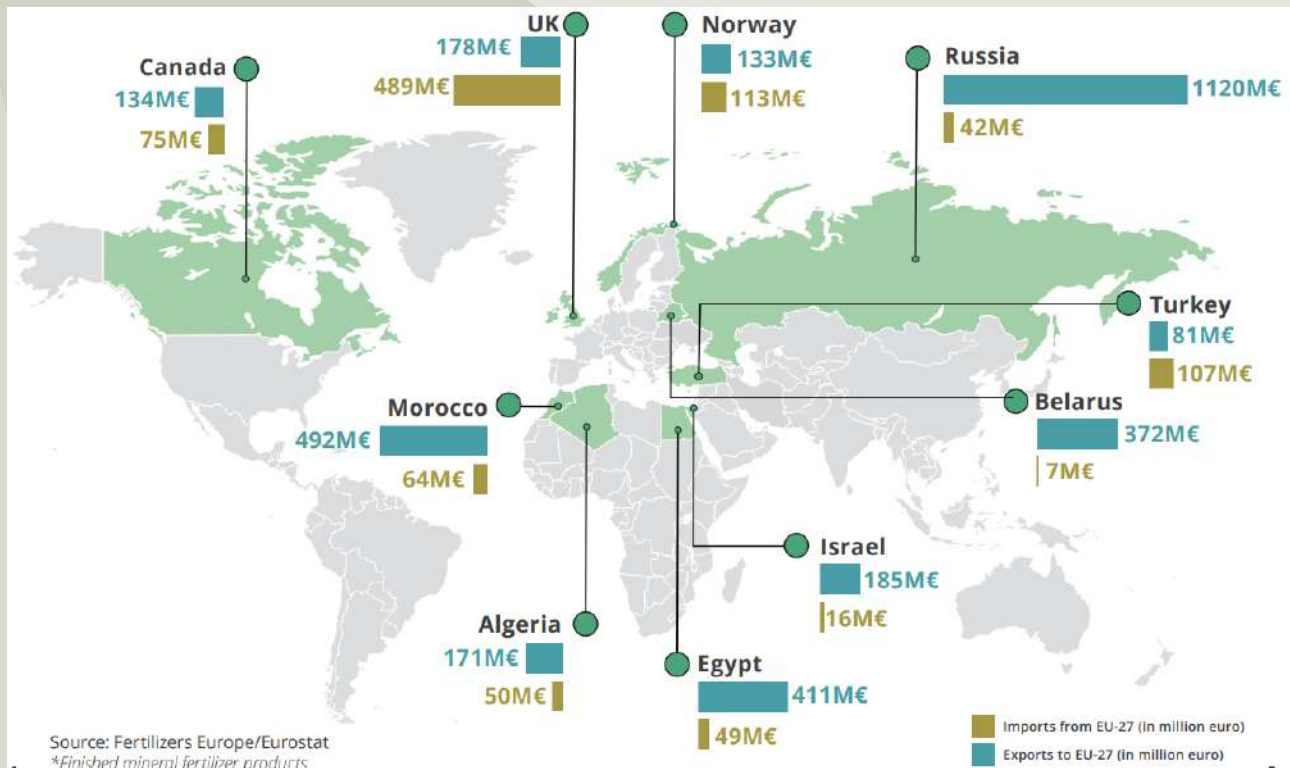
Exporte Russland:
\$21,1 M

Importe Deutschland:
\$95,2 M

Quelle:
oec.world/en/profile/hs92/phosphorus

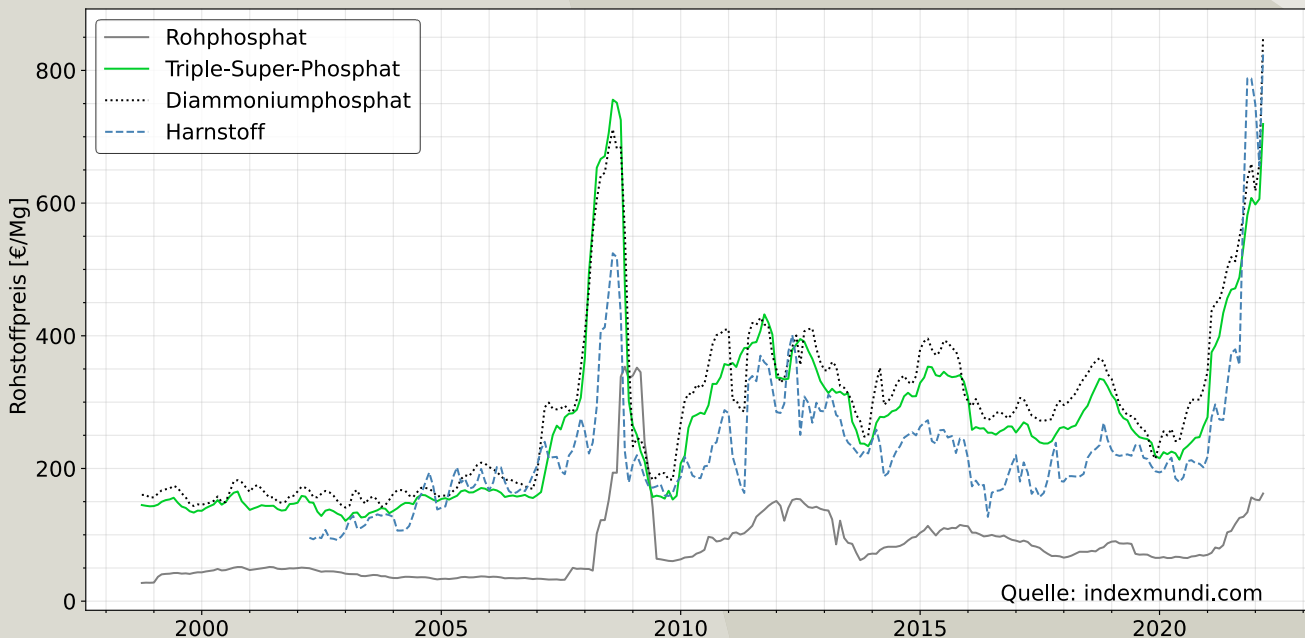


Wichtige Partner der EU Düngemittelindustrie (2020)





Entwicklung der Preise für Rohphosphat und Triple-Super-Phosphat



Triple-Super-Phosphat		
Monat	Preis [€/Mg]	Veränderung
Mrz 2021	384,93	-
Apr 2021	399,06	3,67 %
Mai 2021	434,42	8,86 %
Jun 2021	456,59	5,10 %
Jul 2021	469,57	2,84 %
Aug 2021	471,48	0,41 %
Sep 2021	488,07	3,52 %
Okt 2021	532,63	9,13 %
Nov 2021	581,89	9,25 %
Dez 2021	607,79	4,45 %
Jan 2022	597,95	-1,62 %
Feb 2022	606,18	1,38 %
Mrz 2022	719,24	18,65 %



Phosphorrückgewinnung aus Sekundärquellen

Treiber für die Phosphorrückgewinnung aus Sekundärquellen

- Prognose eines gleichbleibenden Bedarfs für Düngemittelproduktion in der EU
- Kritikalität von Phosphor
 - Nicht substituierbar
 - Keine eigenen Lagerstätten
 - Abhängigkeit von politisch kritischen Ländern
- Ökonomische Aspekte
 - Marktpreise ungleich Produktionskosten
 - Transportkosten
- Ökologischer Aspekt
 - Auswirkungen Abbau & Transport, Schließung von Stoffkreislauf



Potenzielle Sekundärquellen für Phosphat

- Klärschlamm zur Entsorgung
- Gärrückstand zur Entsorgung
- Biogener Abfall aus Haushalten
- Garten- und Parkabfälle
- Restabfall
- Abwasser & Abfall aus Industrie
- Tierische Produkte zur Nahrungs- und Futtermittelproduktion
- Wirtschaftsdünger

Quelle: Pinnekamp et al (2011): Phosphorrecycling – Ökologische und wirtschaftliche Bewertung verschiedener Verfahren und Entwicklung eines strategischen Verwertungskonzepts für Deutschland

Bestimmung des Rückgewinnungspotenzials aus Klärschlamm

- Vereinfachter Ansatz für Deutschland
- Annahmen:

- P-Konzentration im Abwasser
ca. 1,8 g P/(E·d)

Einwohner: ca. 83,2 Mio E; Industrie: ca. 46,4 Mio E
→ 54.700 Mg P/a + 30.500 Mg P/a

- Rückgewinnung aus Klärschlamm
kommunaler, städtischer Kläranlagen

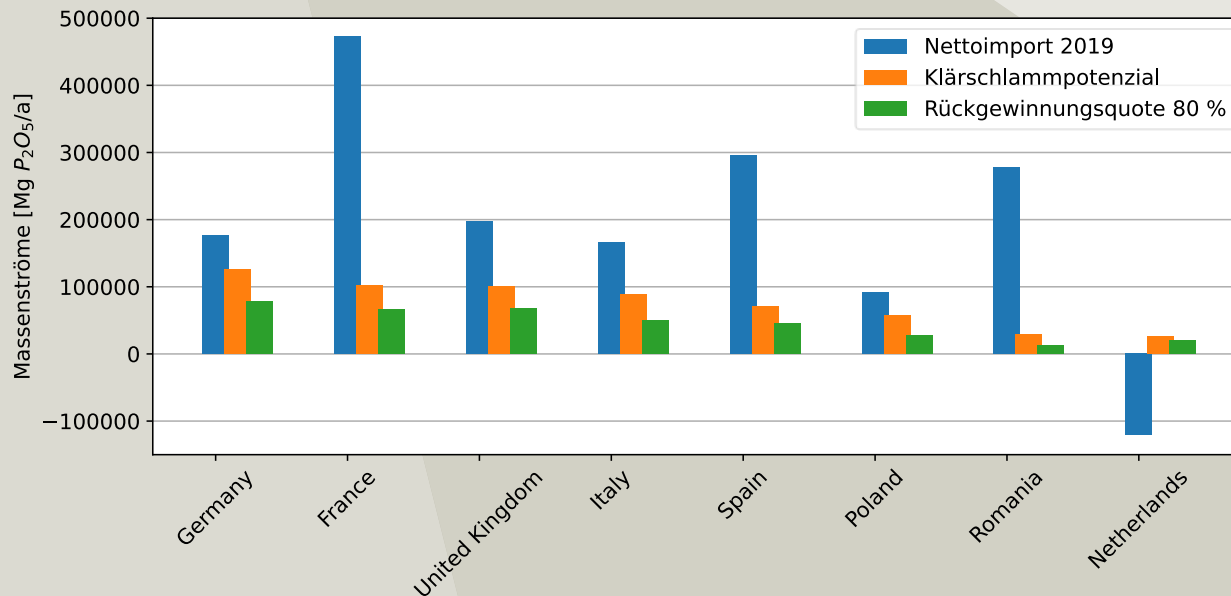
77,5 % Stadtbevölkerung
→ 42.370 Mg P/a

- Rückgewinnungsquote von 80 %

→ 33.900 Mg P/a
~ 77.680 Mg P₂O₅/a

Aktualisierter Ansatz nach Pinnekamp et al (2011): Phosphorrecycling – Ökologische und wirtschaftliche Bewertung verschiedener Verfahren und Entwicklung eines strategischen Verwertungskonzepts für Deutschland

Vergleich des Rückgewinnungspotenzials zum Netto-P-Import in Europa



*Auswahl europäischer Staaten mit größtem Rückgewinnungspotenzial; Quelle Netto-P-Importe: FAOSTAT (2022) Negative Werte = Nettoexporteure

Zusammenfassung

- Phosphor ist ein **kritischer Rohstoff** nach Report on Critical Raw Materials der EU
- Die Schließung von Stoffkreisläufen stellt eine Grundlage der Entwicklung hin zur **Circular Economy** dar
- Die aktuelle politische Situation verschärft die Unsicherheit
- Das **Potenzial aus kommunalem Klärschlamm** zur Substitution eines erheblichen Teils der P-Importe ist gegeben
- Aufgrund der derzeitigen Lage erscheint eine Neu-Betrachtung weiterer, potenziell ergiebiger Sekundärquellen sinnvoll



Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit
Thank you very much
for your attention

**Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft
an der RWTH Aachen (FiW) e. V.**

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Johannes Pinnekamp
Fon +49 (0) 241 80 2 52 07 | pinnekamp@fiw.rwth-aachen.de

Dipl.-Ing. Daniel Bastian
Fon +49 (0) 241 80 2 79 79 | bastian@fiw.rwth-aachen.de

Sophia Schüller, M.Sc
Fon +49 (0) 241 80 2 68 17 | schueller@fiw.rwth-aachen.de

www.fiw.rwth-aachen.de

Bildnachweise Titelfolie: Kläranlage © Ruhrverband; Blühende Landwirtschaft © Christian Schwier / Adobe Stock; Industriepark © shutterstock