

# Kreislaufführung von Phosphor – aktuelle DBU-Projekte und Fördermöglichkeiten

Dr. Maximilian Hempel



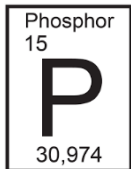
# Gliederung



## 1. Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU)



## 2. Planetary boundaries



## 3. Phosphor



## 4. Geförderte DBU - Projekte



## 5. Ausblick



# Gründung

- Durch Gesetz vom 18. Juli 1990
- Stiftung bürgerlichen Rechts
- Etwa 1,3 Milliarden € Stiftungskapital
- Jährlich etwa 50 Mio.€ Fördermittel



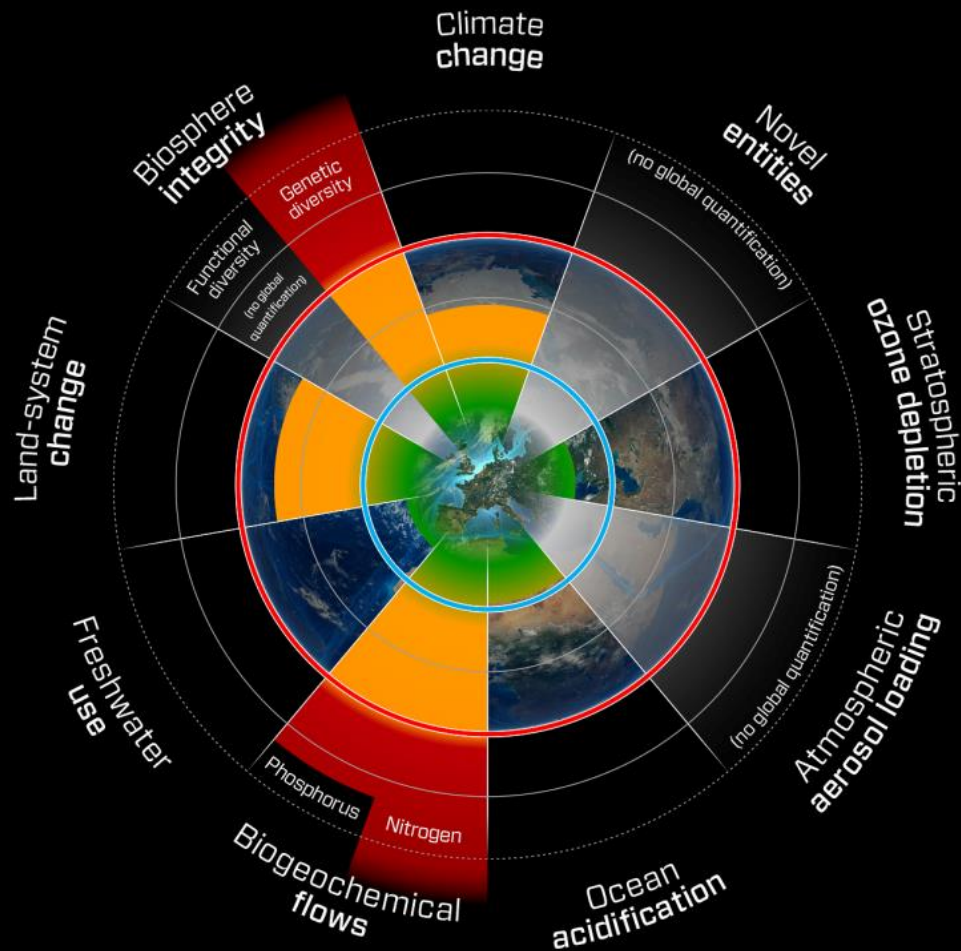
## Wesentliche Förderkriterien

- Innovation
- Modellcharakter
- Umweltentlastung



# Planetary Boundaries

A safe operating space for humanity



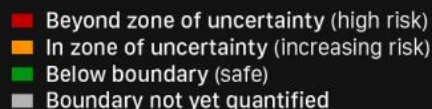
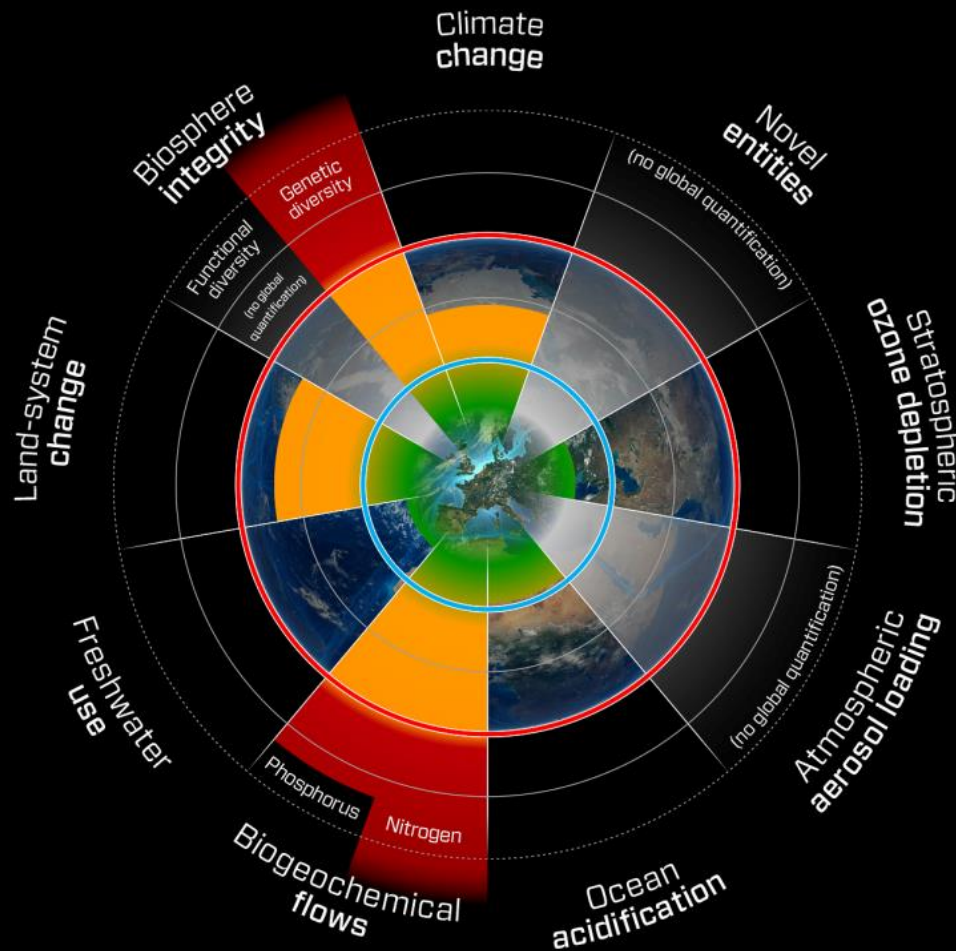
- Beyond zone of uncertainty (high risk)
- In zone of uncertainty (increasing risk)
- Below boundary (safe)
- Boundary not yet quantified



**Prof. Johan Rockström**

Steffen et al., *Science* (2015)





## Vier von neun „planetaren Grenzen“ sind überschritten

- Regional sind Toleranzlimits noch häufiger überschritten
- Die Grenzen sind miteinander verwoben (z.B. Landnutzung und Wasserverbrauch)
- Schutzmaßnahmen benötigen Koordinierung

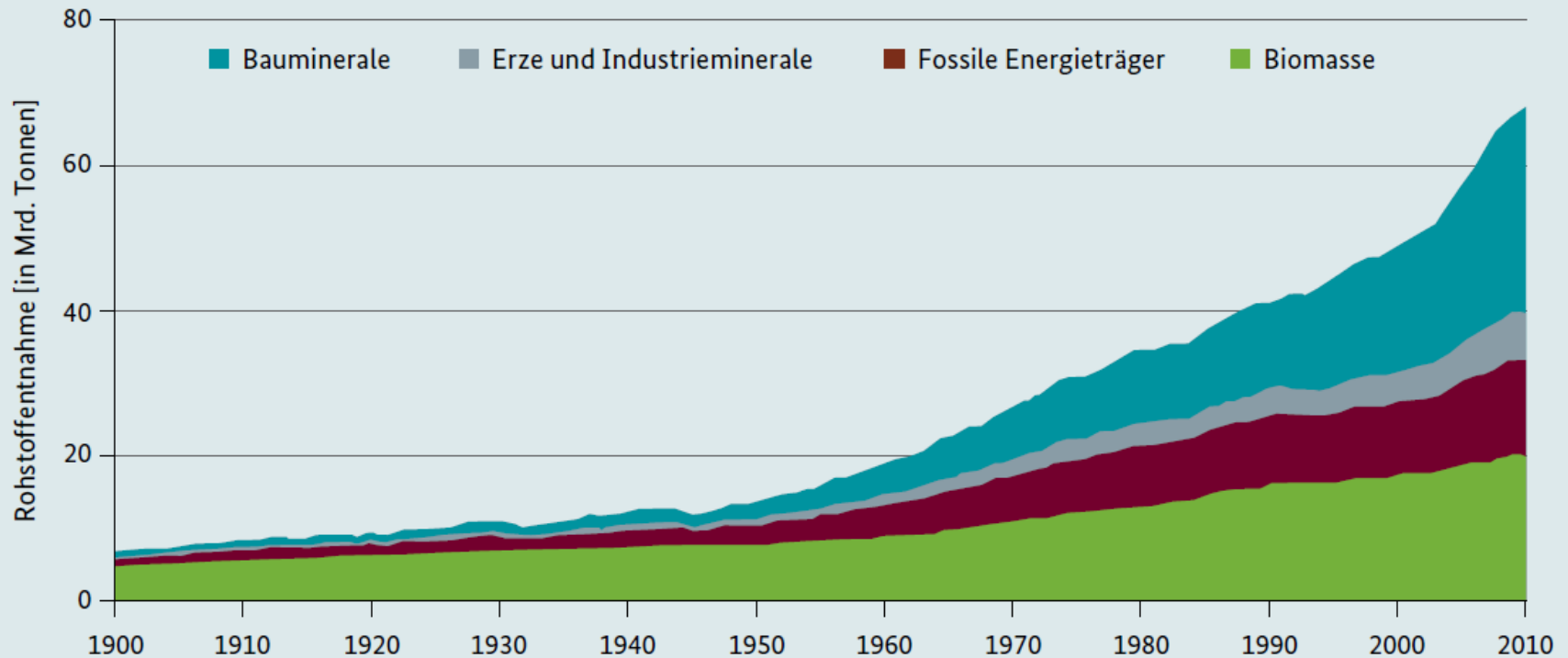


**Prof. Johan Rockström**

Steffen et al., *Science* (2015)



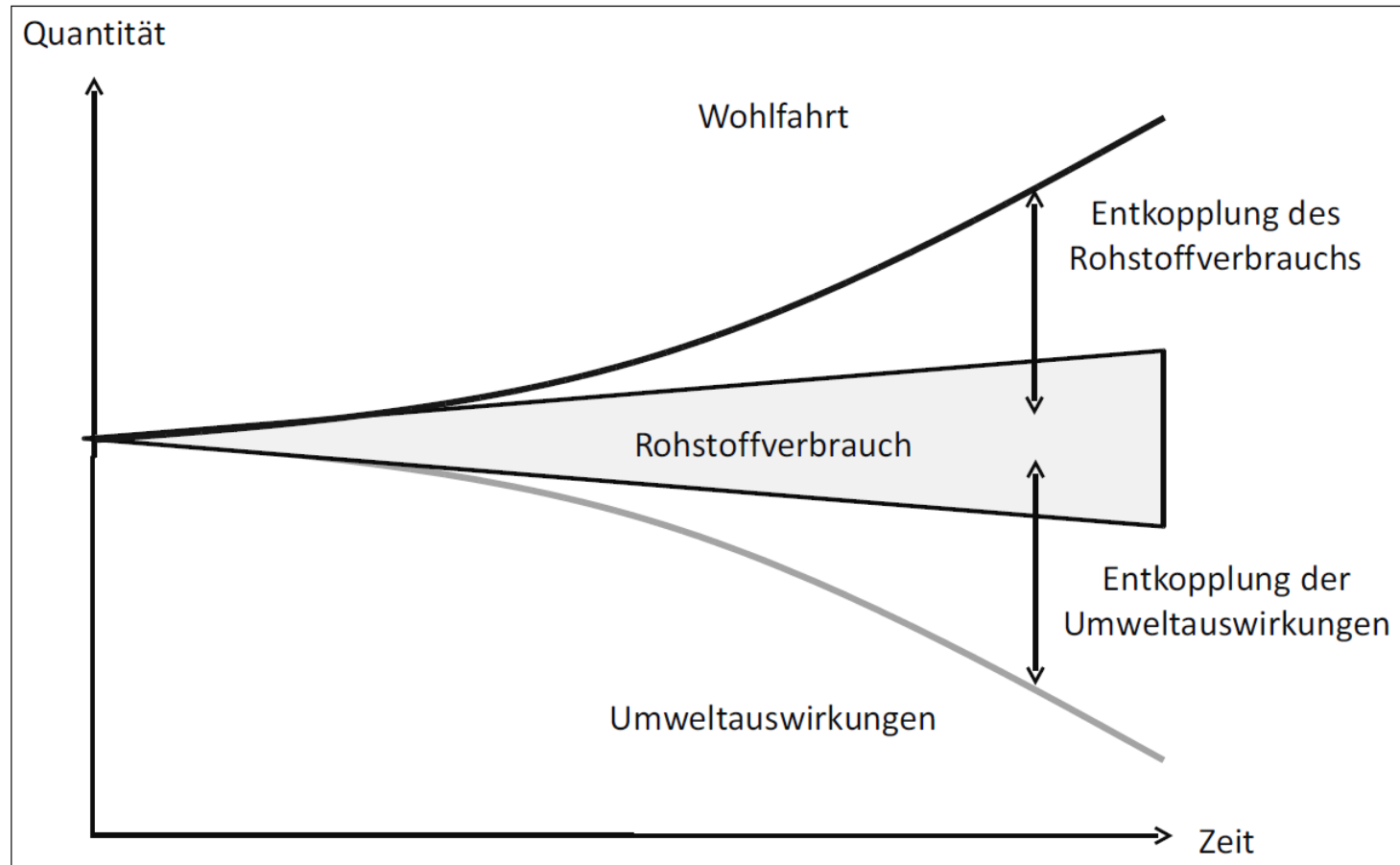
# Weltweite Rohstoffentnahme



Quelle: Krausmann et al. (2009): Growth in global materials use, GDP and population during the 20th century, Ecological Economics Vol. 68, Nummer 10, 2696–2705, Version 1.2 (August 2011), [www.uni-klu.ac.at/socec/inhalt/3133.htm](http://www.uni-klu.ac.at/socec/inhalt/3133.htm)  
aus: Deutsches Ressourceneffizienzprogramm ProGress , BMUB, 2015



# Zwei Entkopplungsziele einer umweltverträglichen Rohstoffwirtschaft

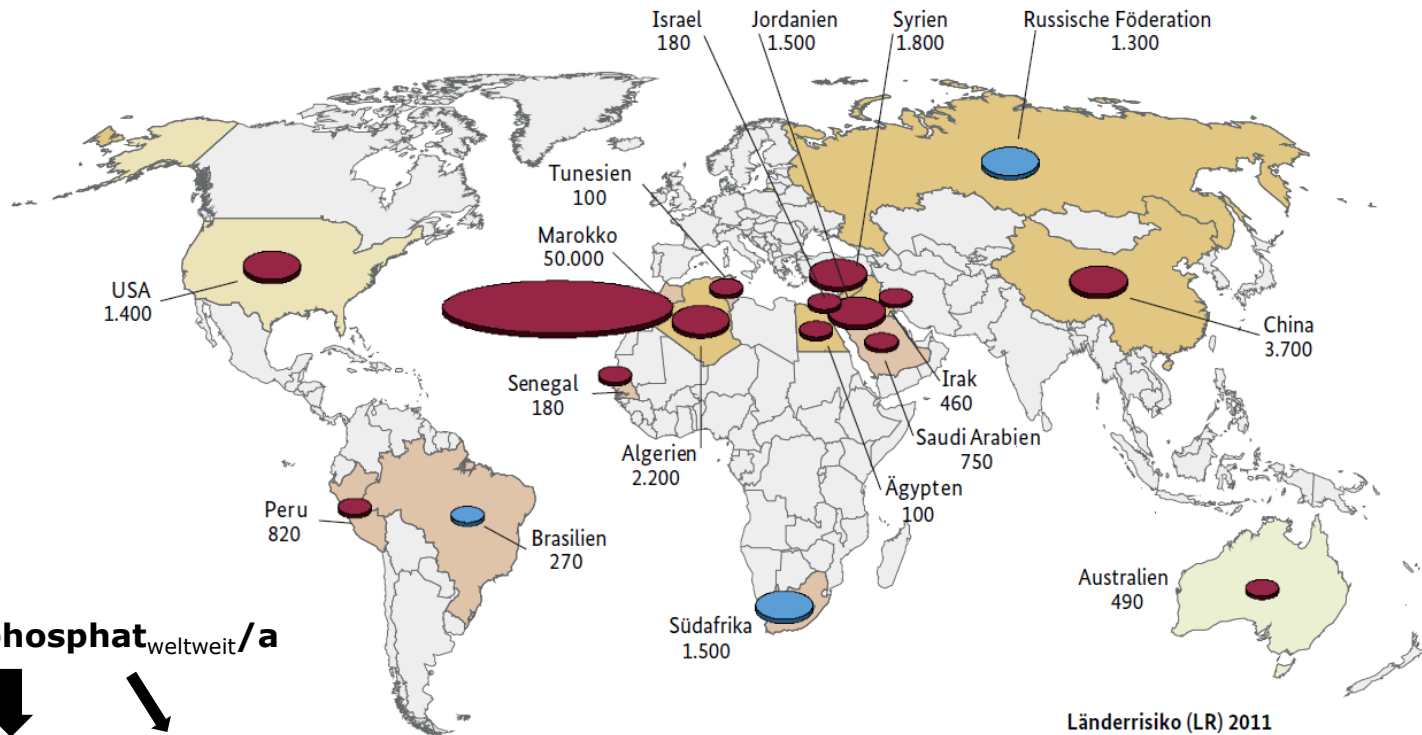


SRU/UG 2012/Abb. 2-5



# PHOSPHORRESERVEN WELTWEIT

- US. Geological Survey: ca. 300 Jahre P-Reserven
- EC 2014: Aufnahme von Phosphor in die Liste der 20 kritischen Rohstoffe
- Hohes Länderisiko in Ländern mit großen P-Reserven




**220 Mio.t Rohphosphat<sub>weltweit</sub>/a**


6 %  
Nahrungs-/  
Futtermittel

83 %  
Dünge-  
mittel

11 % weitere  
industrielle  
Anwendungen

Art der Lagerstätte


 sedimentär


 magmatisch


Reserve [Mio. t]


Länderrisiko (LR) 2011

 -2,50 bis -1,50

 -1,50 bis -0,50

 -0,50 bis 0,50

 0,50 bis 1,50

 1,50 bis 2,50



# Abbau von Rohphosphat

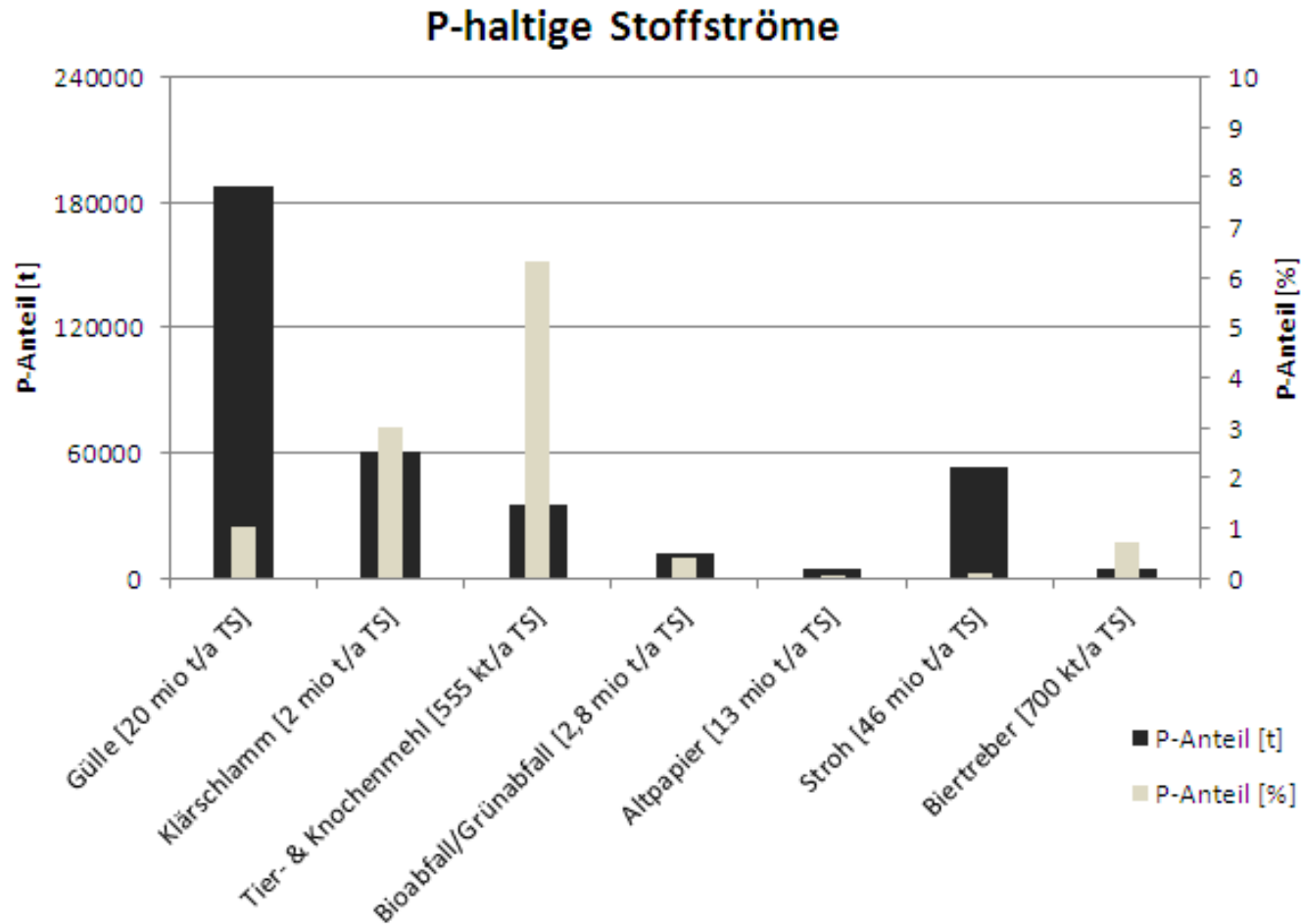
- Erheblicher Eingriff in die Natur
- Hoher Flächenverbrauch
- 9,5 t P-Erz pro t  $\text{H}_3\text{PO}_4$
- Verunreinigungen: Cd, U



Phosphatabbau in Marokko



# Phosphorhaltige Stoffströme in D

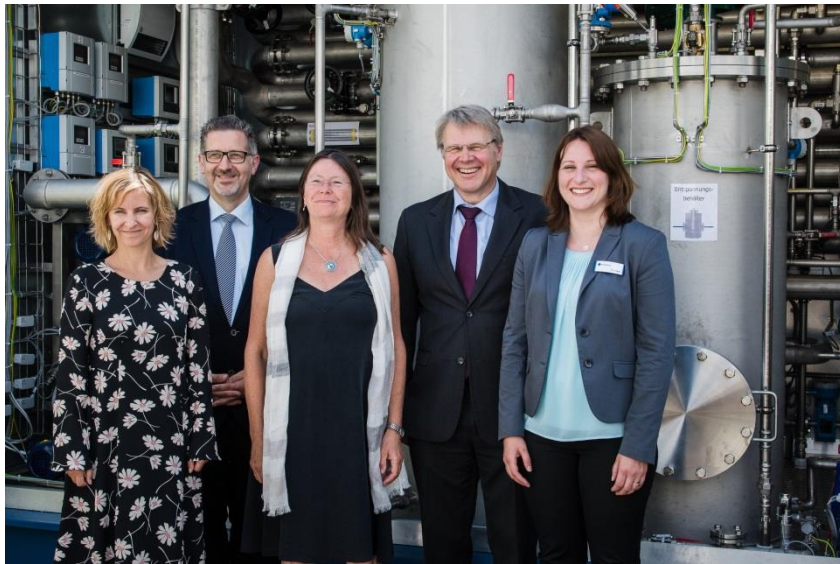




# DBU-Projekte: Kreislaufführung Phosphor



„Entwicklung eines effizienten ressourcenschonenden Verfahrens der Kohlendioxid-Extraktion zur nachhaltigen Phosphatrückgewinnung aus Klärschlamm (Budenheim-Verfahren - Labortechnische Phase)“



Einweihung der ExtraPhos - Pilotanlage  
13.06.2017, Mainz

## Vorteile:

- Kein Wärme- oder Chemikalieneintrag
- 50 % Rückgewinnungsquote
- CaP als Düngemittel

## Umsetzung:

- 2 Technikumsanlagen (50 L Vol.)
- Pilotanlage in Mainz
- Kontinuierliche Fahrweise



Chemische Fabrik Budenheim KG, Frau Opitz, Herr Dr. Schnee  
Fördermittel: 390.000 €; DBU AZ 31590/01  
Rotaria GmbH, Herr Kotzbauer, Fördermittel: 124.185 €; DBU AZ 33559



# DBU-Projekte: Kreislaufführung Phosphor

„Akkumulation und schadstoffarme Verfügbarmachung von Bio-P aus Klärschlamm“



Laborreaktor gefüllt mit  
Überschussschlamm

## Ziele:

- P-Verfügbarkeit aus Klärschlamm erhöhen
- P in eine pflanzenverfügbare Form überführen
- Schadstoffe im Dünger minimieren

## Projektidee:

- Phosphat nicht chemisch fällen, sondern mit Bäckerhefe anreichern

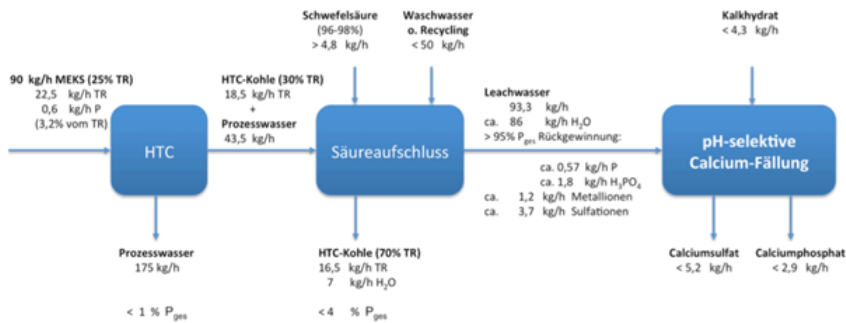
## Projektergebnisse aus Laborphase:

- P-Anreicherung in der Hefe gelingt
- In normalen Klärbetrieb integrierbar
- Geringere P-Gehalte erleichtern Eindickung des Schlamms



# DBU-Projekte: Kreislaufführung Phosphor

„AVA cleanphos - Phosphorrückgewinnung durch hydrothermale Karbonisierung des Klärschlamms“



Legende:  
• TR = Trockenrückstand (in kg/kg %)  
• MEKS = Mechanisch entwässertes Klärschlamm  
• P = Phosphor

85-90% der Schwermetalle

10-15% der Schwermetalle

Hauptmodul  
mit Filterpresse



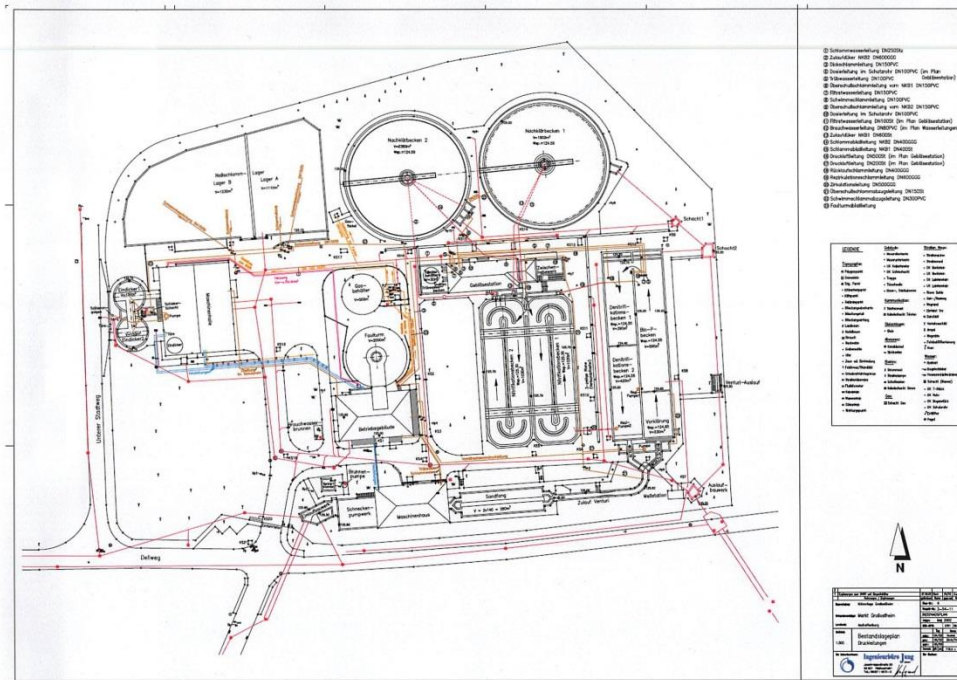
## mögliche Vorteile:

- Optionale Lösung; kann auch nachträglich eingebaut werden
- P-freie Kohle ist leicht zu entwässern
- Heizwert der Kohle erhöht (bis zu 17 GJ/t)
- Klärschlamm kann als P-freie HTC-Kohle auch der Mitverbrennung zugeführt werden



# DBU-Projekte: Kreislaufführung Phosphor

„Umweltfreundliche Phosphorrückgewinnung auf Basis des P-RoC-Verfahrens: kontinuierliches Verfahren, Phosphorbilanz, Wirtschaftlichkeit“



## Projektziele:

1. Kontinuierliche Demo-Anlage auf GK4 Anlage
2. P-Bilanzierung
3. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

## Vorteile:

- Robust, einfach
- Reduziert P im Ablauf

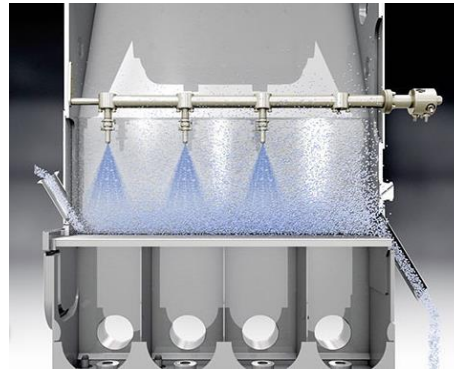
Geplante Umsetzung im Klärwerk Bachgau

Alltech Dosieranlagen GmbH, Frau Weller  
Kläranlage Bachgau, Großostheim; TBF + Partner AG, Silikalzit  
Marketing GmbH, Kompetenzzentrum Materialfeuchte KIT Karlsruhe  
Fördermittel: 252.971 €; DBU AZ 33543/01



# DBU-Projekte: Kreislaufführung Phosphor

„Effizientes und wirtschaftliches Verfahren zur Überführung von Klärschlammmaschen in Hochleistungsdünger“



## Verfahren:

1. Klärschlammmasche mit Phosphorsäure lösen und in Suspension überführen
2. Sprühgranulation

## Vorteile:

- Handhabbar, skalierbar, robust
- Geeignet für diverse Aschen
- verschiedene Endprodukte möglich





# DBU-Projekte: Kreislaufführung Phosphor

„Entwicklung einer Anlage zur Hygienisierung und Trocknung von schlammartigen Biomassen mit Hilfe von Branntkalk“



Pilotanlage der Fa. Thiel (100 t/Tag)

## Ziel:

- Hygienische Unbedenklichkeit für Transport von Wirtschaftsdüngern
- Produkte: Ammoniumsulfat und transportfähiger festes Nährstoffsubstrat, geeignet für Biogasanlagen (Ersatz für Silo-Mais)

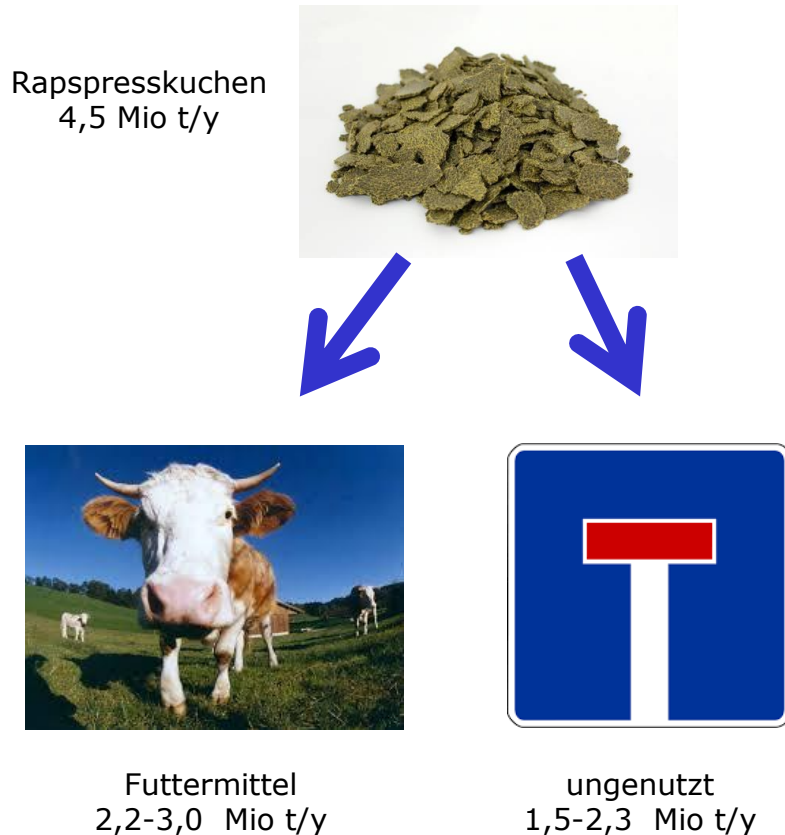
## Herausforderung:

- Misch- und Fördertechnik
- Chemische Reaktion von Branntkalk mit Wasser exotherm



# DBU-Projekte: Kreislaufführung Phosphor

Value-PP – Valorisierung von Pflanzenschroten durch Phosphatabreicherung mit gekoppelter Poly-P-Wertstoffsynthese



## Ziel:

- Polyphosphat-reiche Hefen aus Pflanzenschrot für die Lebensmittelindustrie
- Verträgl. Pflanzenschrot, arm an P

## Weg:

- Phytat wird enzymatisch zu Orthophosphat (AG Schwaneberg)
- Akkumulation als Polyphosphat in Hefen (AG Blank)
- Applikationstest (Budenheim)



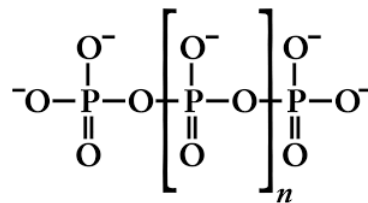
# DBU-Projekte: Kreislaufführung Phosphor

Value-PP – Valorisierung von Pflanzenschroten durch Phosphatabreicherung mit gekoppelter Poly-P-Wertstoffsynthese

Rapspresskuchen  
4,5 Mio t/y



Futtermittel  
2,2-3,0 Mio t/y



VALUE PP

## Ziel:

- Polyphosphat-reiche Hefen aus Pflanzenschrot für die Lebensmittelindustrie
- Verträgl. Pflanzenschrot, arm an P

## Weg:

- Phytat wird enzymatisch zu Orthophosphat (AG Schwaneberg)
- Akkumulation als Polyphosphat in Hefen (AG Blank)
- Applikationstest (Budenheim)

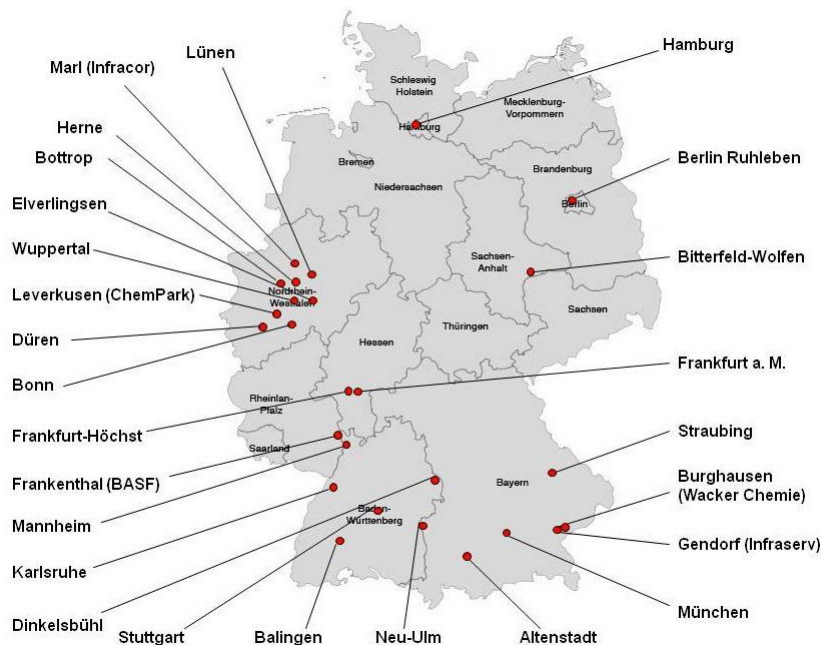


# DBU-Projekte: Kreislaufführung Phosphor

„Technologiebewertung thermo-chemischer Konversionsverfahren von Klärschlamm als Alternative zur Verbrennung unter besonderer Berücksichtigung der Potenziale zur Nährstoffrückgewinnung“

## Fragen:

- Bieten thermo-chemische Konversionsverfahren (Vergasung, Pyrolyse, HTC, etc.) eine Alternative zur Verbrennung?
- Welches Potential bieten sie bei der Rückgewinnung von Nährstoffen ?
- Welche ökonomischen und ökologischen Vor-/Nachteile weisen sie auf ?



Monoverbrennungsanlagen in D



# DBU-Projekte: Kreislaufführung Phosphor

„Phosphorrückgewinnung: Angewandte Umwelttechnik im Schülerlabor“



Schülerlabor

## Ziel:

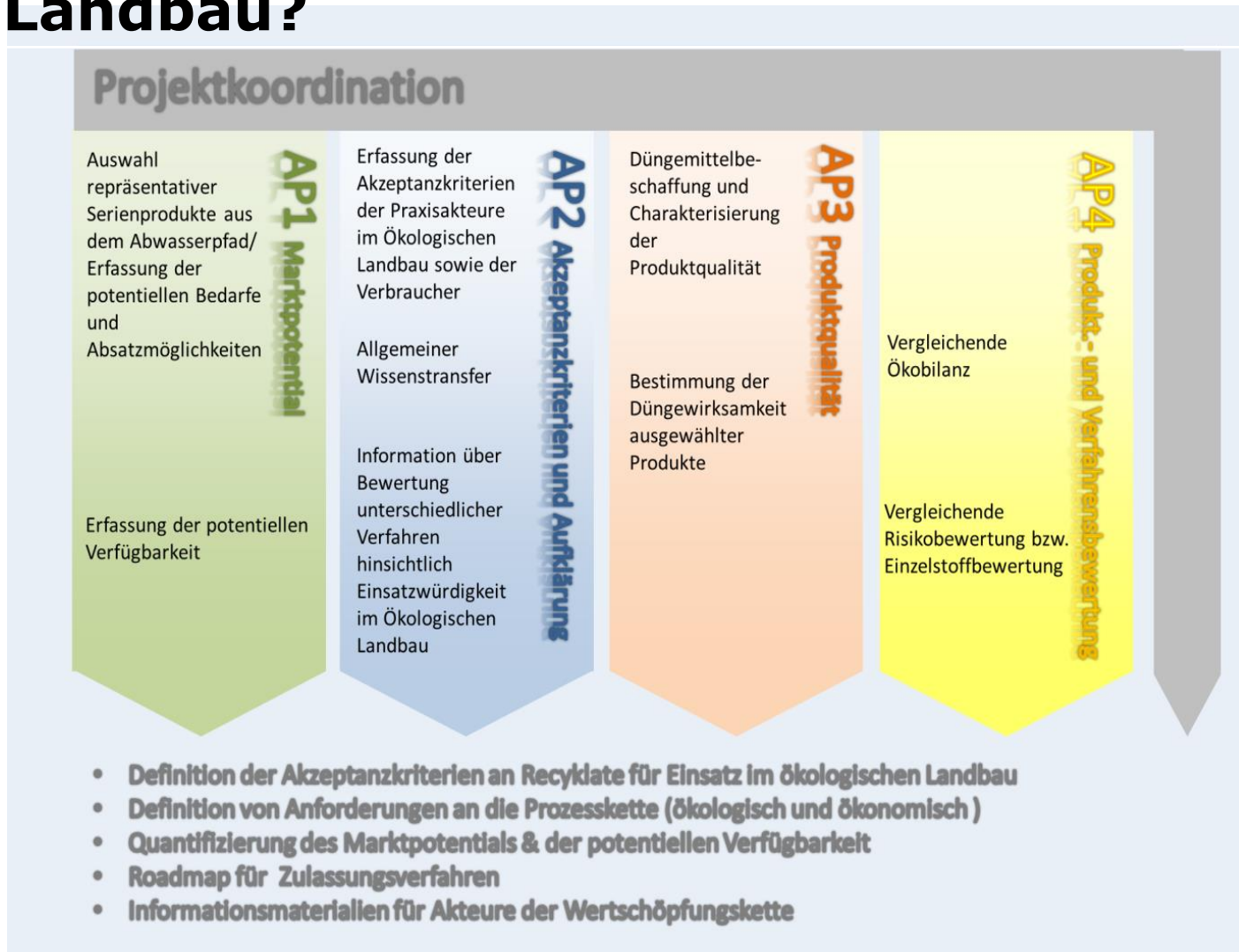
- Schülerlaborangebot zur Rückgewinnung von Phosphaten aus Abwässern
- Ganzheitliche Betrachtung (naturwiss.-techn., gesellschaftl. & politisch)
- Erschließung der Thematik auch für den schulischen Chemieunterricht

## Zielgruppen:

- SchülerInnen der Sek.stufen I und II
- Auszubildende in chemischen Berufe
- Lehramtsstudierende und Lehrkräfte



# DBU-Projekte: Nährstoffrezyklate für den ökologischen Landbau?



KOMPETENZZENTRUM  
Wasser Berlin



Beratung





# DBU-Projekte: Kreislaufführung Phosphor



Phosphorrecycling: wer, wie was? - Umsetzung einer iterativen zielgruppenorientierten Kommunikationsstrategie



## Ziel:

- Vermittlung faktenbasierter Informationen zum Phosphor-Recycling
- Was kann das Verfahren? Welches Produkt erzeugt es? Fallen Nebenprodukte / Abfälle an? Wie sieht die Gesamtbilanz aus?

## Produkte:

- „fact-sheets“, Info-Broschüre, Workshops

## Zielgruppen:

- Kommunen, Verbände, Kläranlagenbetreiber





# Ausblick

Aktuelle Förderleitlinien der DBU – Förderthema 9:

## **„Kreislaufführung und effiziente Nutzung von Phosphor und umweltkritischen Metallen“**

- Bildungskonzepte zur Förderung des systemischen Denkens
- Steigerung der Phosphor-Effizienz in Industrie und Landwirtschaft
- Umweltgerechte stoffliche Nutzung von phosphorhaltigen Stoffströmen
- Umweltfreundliche Phosphor-Rückgewinnungsverfahren



# Ausblick

Aktuelle Förderleitlinien der DBU – Förderthema 9:

## **„Kreislaufführung und effiziente Nutzung von Phosphor und umweltkritischen Metallen“**

- Bildungskonzepte zur Förderung des systemischen Denkens
- Steigerung der Phosphor-Effizienz in Industrie und Landwirtschaft
- Umweltgerechte Nutzung von phosphorhaltigen Stoffströmen

Trend bei DBU-Förderprojekten:

- Technologieentwicklung „rund um´s Abwasser“
- Effizienzsteigerung bei der Nutzung, z.B. Spezialdünger
- Bessere Nutzung von Lebensmittelabfällen
- Quantifizierung und Bewertung von P-Strömen
- ....







**Danke für Ihre Aufmerksamkeit**

Dr. Max Hempel  
[m.hempel@dbu.de](mailto:m.hempel@dbu.de)  
[www.dbu.de](http://www.dbu.de)