VTiU
Verfahrenstechnik
des industriellen Umweltschutzes

ReNOx 2.0 - Rückgewinnung von Stickstoff und Phosphor aus Abwässern

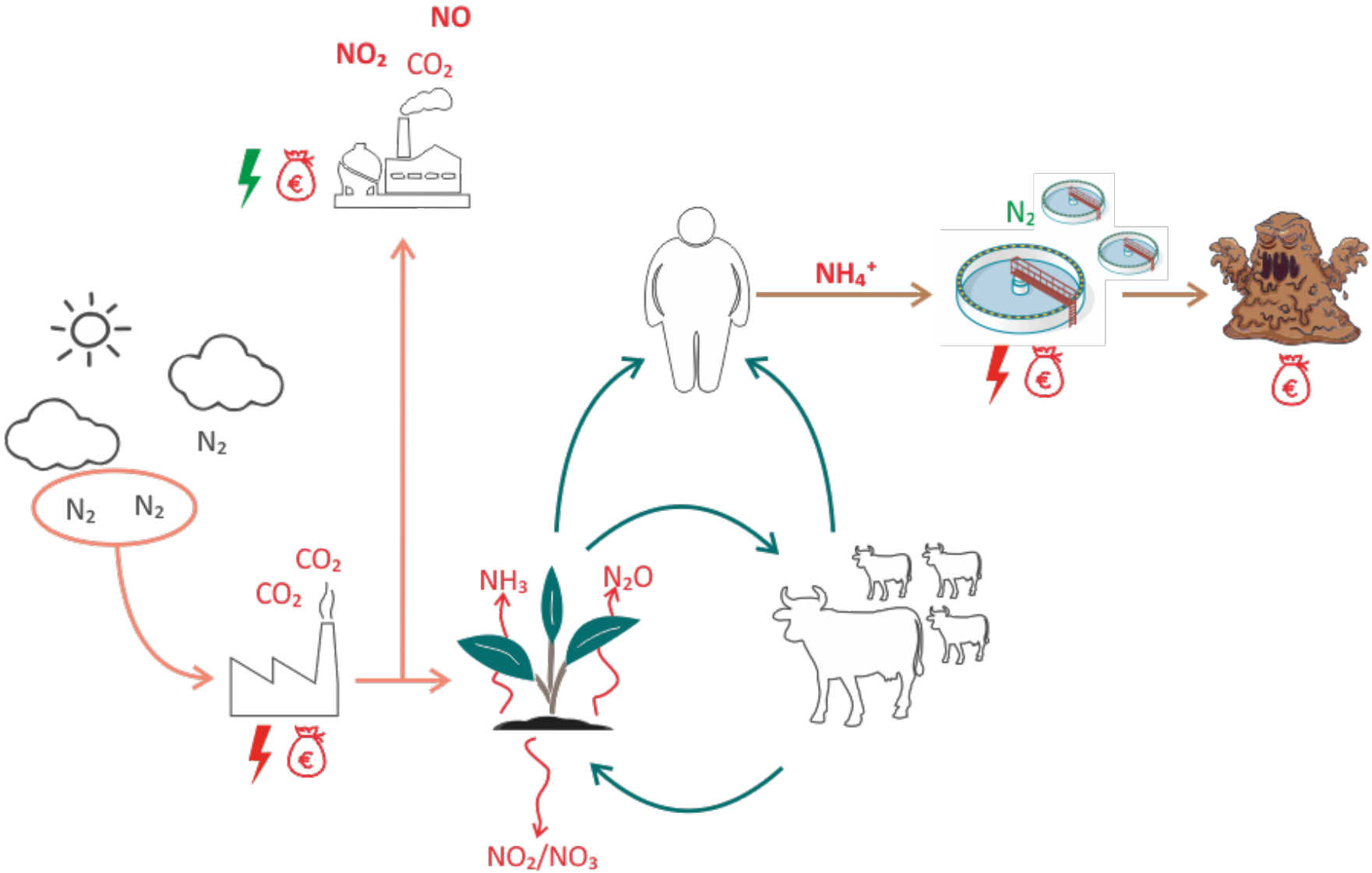
Ass.Prof. DI Dr. Markus Ellersdorfer, DI Kristina Stocker, DI Jan Lubensky, DI Sandro Pesendorfer

Bundesministerium
Verkehr, Innovation
und Technologie

DEPARTMENT FÜR
Umwelt- & Energieverfahrenstechnik
MONTAN UNIVERSITÄT

FFG
Forschung wirkt.

Stickstoffkreislauf

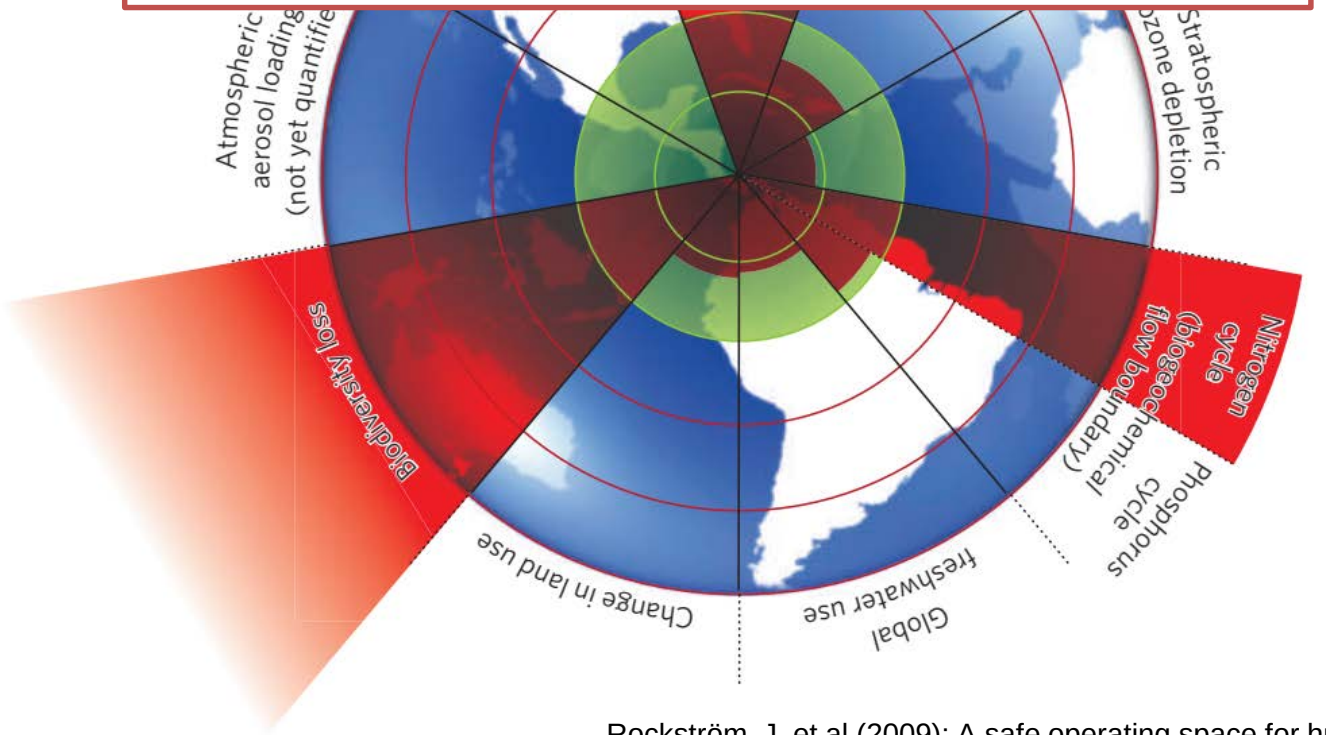


Globale Herausforderungen

"Three of nine interlinked planetary boundaries have already been overstepped"

Stickstoff

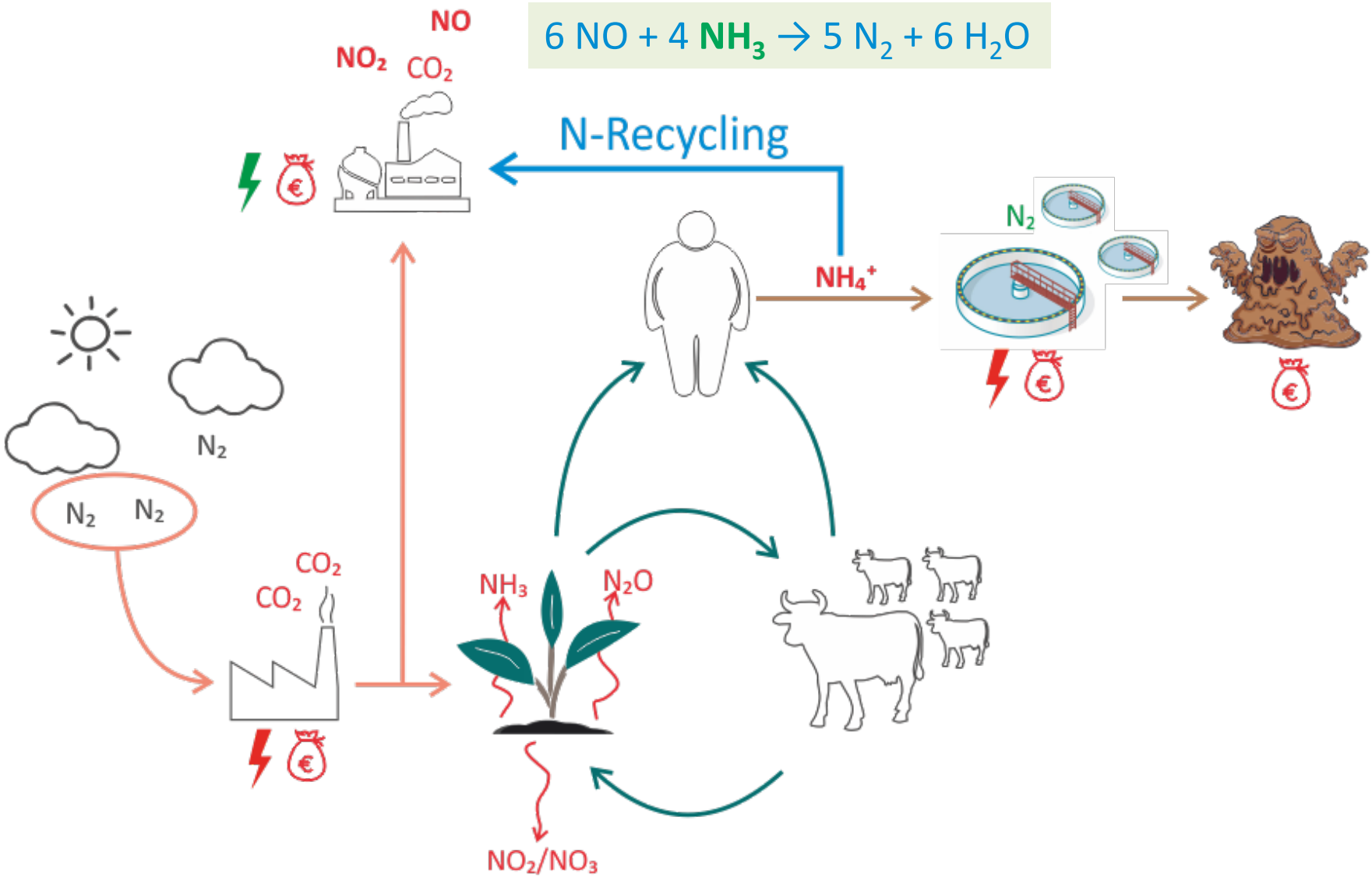
Natürlicher Kreislauf	35 Mio. t N_2 pro Jahr
Menschliche Aktivität	121 Mio. t N_2 pro Jahr (x 3,5)



Rockström, J. et al (2009): A safe operating space for humanity, NATURE, Vol 461

Stickstoffrückgewinnung

$$6\ NO + 4\ \mathbf{NH_3} \rightarrow 5\ N_2 + 6\ H_2O$$



N-Recycling: Was brauchen wir?

Potential

- N-Mengen (Abwasser) vs. Verbrauch (Industrie)

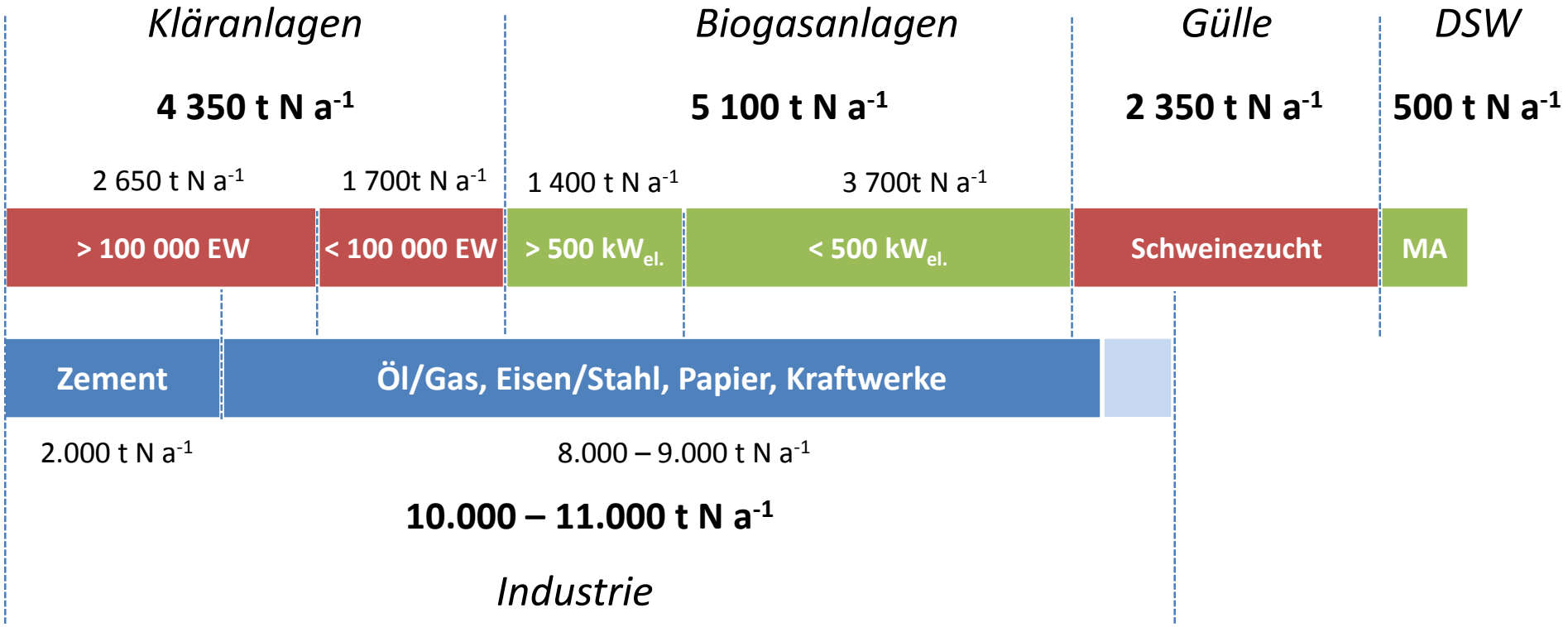
Sinnvolle Verwertungswege

- Industrielle Rauchgasreinigung (NO_x-Reduktion)

Technologie

- Ionentauscher-loop-Stripping-Verfahren

Potential zur N-Rückgewinnung



N-Potential Kläranlagen in Österreich (FUCHS, 2015)

N-Potential Biogasanlagen in Österreich (FUCHS, 2015)

N-Bedarf für Rauchgasreinigung von Industriebranchen in Österreich (eigene Berechnungen)

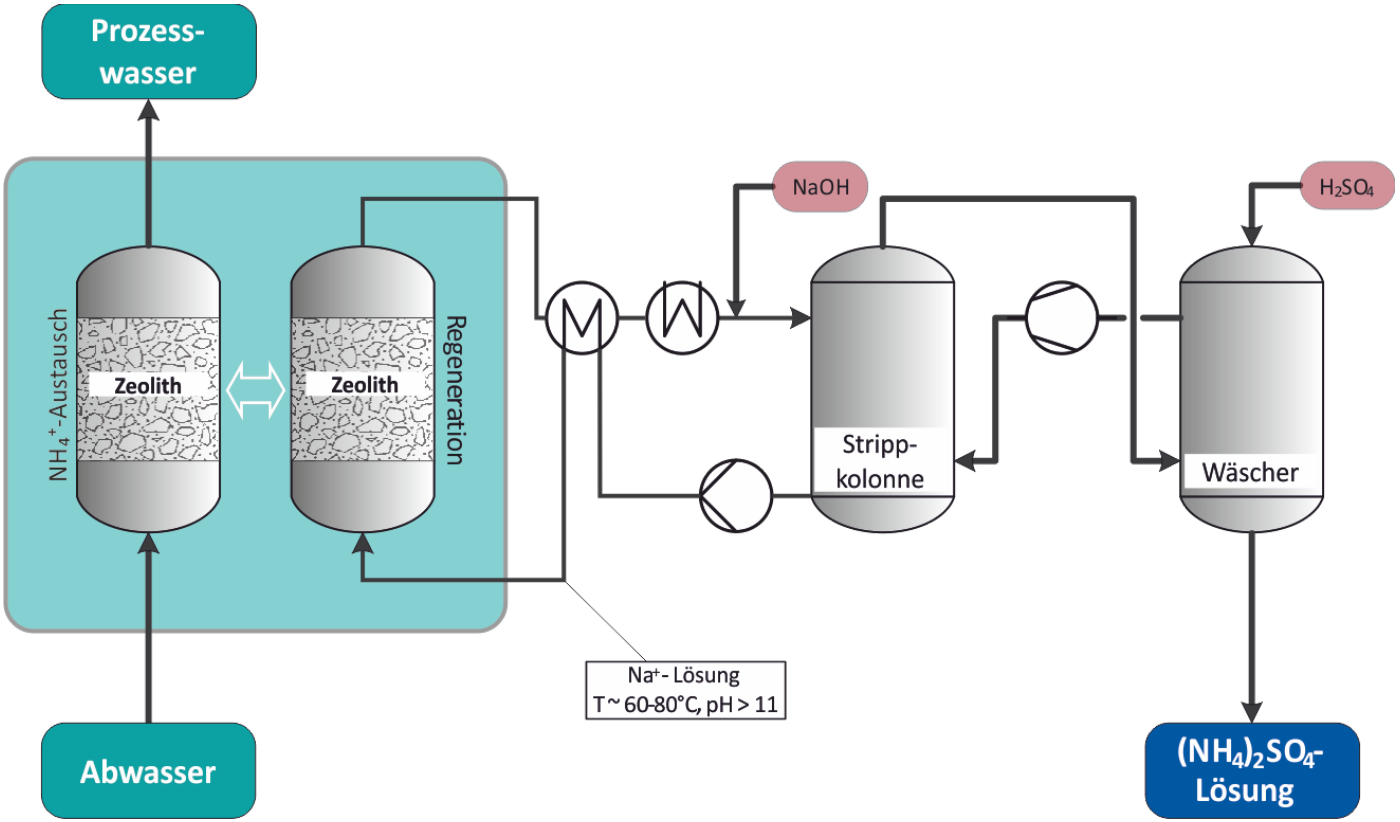
DSW … Deponiesickerwässer; MA … Massenabfalldeponien

W. Fuchs (2015): Potential der N-Rückgewinnung aus Gärresten und Kläranlagen in Österreich, Interner Zwischenbericht zum Projekt ReNOx, 1. Zwischenmeeting, Leoben, 2015.

Technologie N-Rückgewinnung

„Ionentauscher-Loop-Stripping“ **(ILS)**

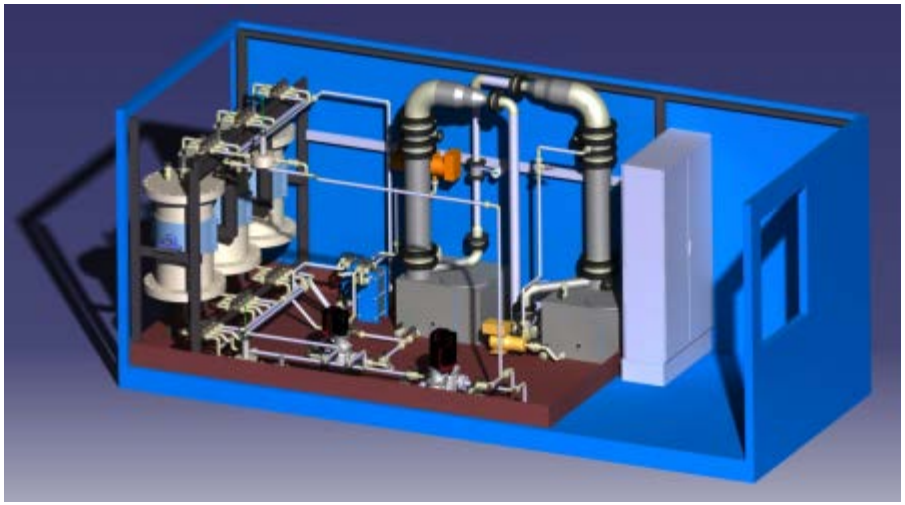
- Hybridverfahren aus Ionenaustausch an natürlichen Zeolithen mit Luftstrippung der Regenerationslösung = Prozessintensivierung
- Möglichkeit kompakte / mobile Nachrüstaggregate für bestehende Anlagen zu bauen



Projekt „ReNOx“ (2014-2017)

Labor

Technikum



Mobile Pilotanlage (6 m Container)

ca. 200 g	ca. 2 kg	ca. 120 kg
2012/13	2014/15	2016/2017

ReNOx (FFG-Projekt #843673; “Produktion der Zukunft”; Biobased Industry; 2014-2017)

Mengenangaben bezeichnen die Größe der Ionenaustauschkolonnen (**eingesetzte Zeolithmasse**)

Pilotversuche Kläranlage Knittelfeld

Pilotversuche Kläranlage Knittelfeld

Mobile Pilotanlage (6m-Container):

3 Zeolithkolonnen mit je 120 kg
Behandlungskapazität: 500 L h^{-1}

Ergebnisse „ReNOx“

Mehrmonatige Pilotversuche 2016/2017 zeigten:

- Verfahren funktioniert in Einsatzumgebung (TRL 5)
- Über 80% des enthaltenen Stickstoffs konnten aus Gärresten nach mechanischer Fest-/Flüssigseparation rückgewonnen werden
- Erfolgreicher Einsatz des produzierten Entstickungsmittels im laufenden Betrieb im Zementwerk Lafarge/Retznei
- Wirtschaftlichkeit derzeit untersucht

-> Folgeprojekt ReNOx 2.0 (Juni 2018 – Mai 2021)

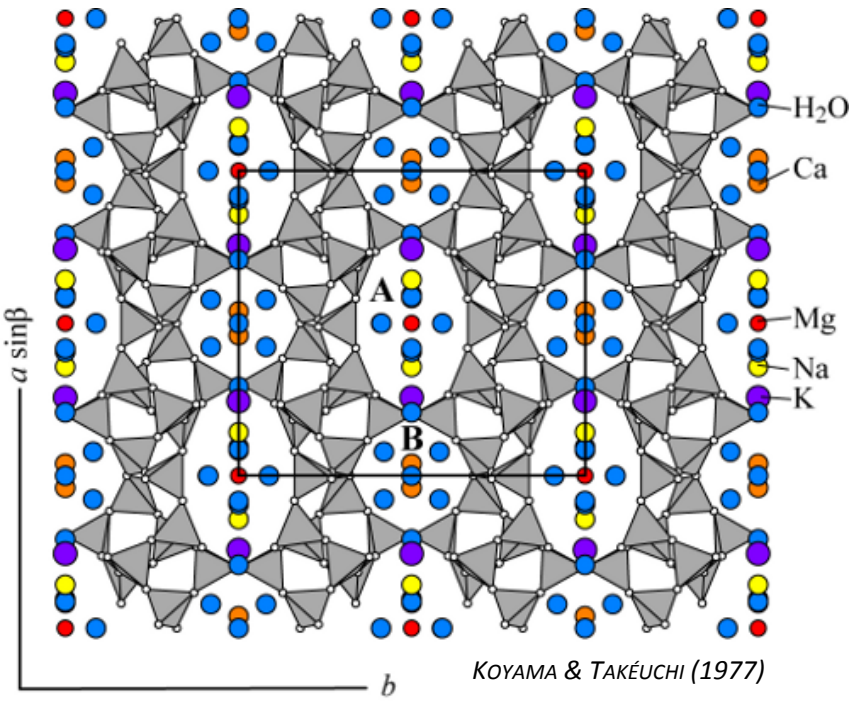
Mineralogische Aspekte

Zeolithe = Alumosilikate

- dreidimensionale Gerüststruktur aus SiO_4- & AlO_4-Tetraedern

Natürliche Zeolithe - **„Klinoptilolith“**

- selektiv für NH_4^+
- hohe Aufnahmekapazität (~14-32 mg NH_4^+ $g^{-1}_{Zeolith}$)
- hohe Verfügbarkeit, kostengünstig, regenerierbar



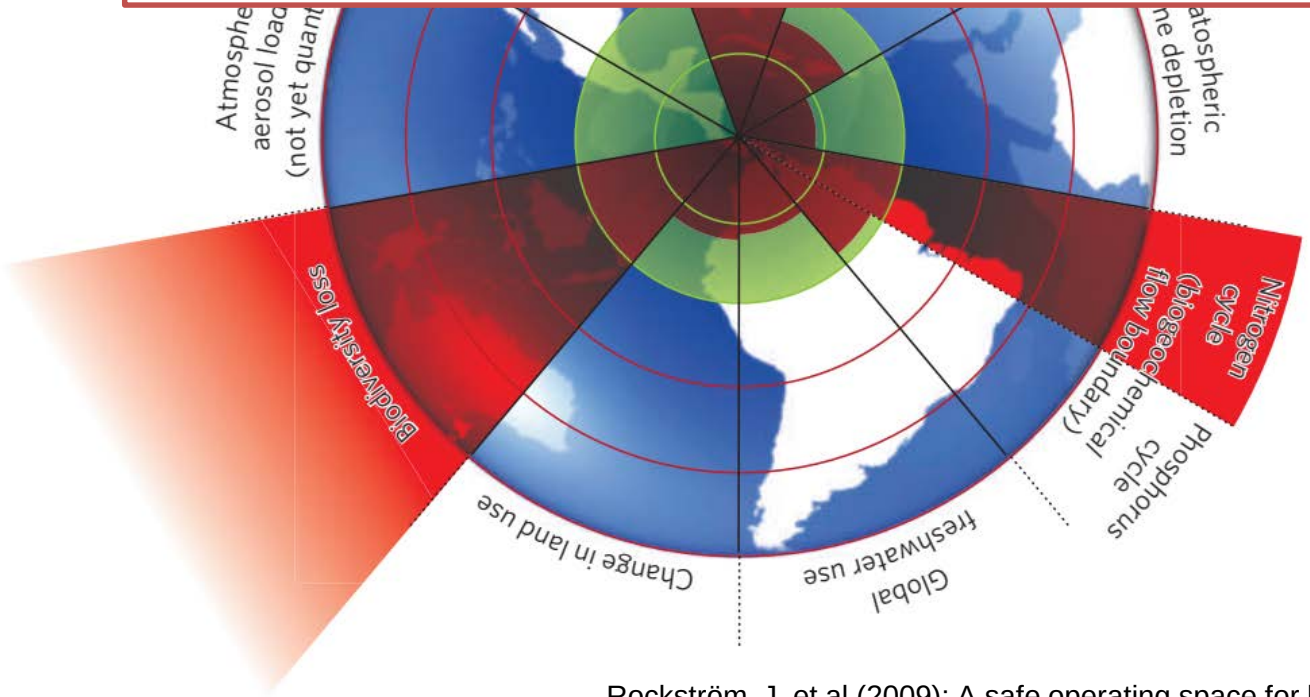
Koyama & Takéuchi (1977)

K. Koyama, Y. Takéuchi (1977): Clinoptilolite: the distribution of potassium atoms and ist role in thermal stability. Z. Kristallogr. 145, 216-239.

Globale Herausforderungen

THREE OF NINE INTERLINKED PLANETARY BOUNDARIES HAVE ALREADY BEEN OVERSTEPPED…

Phosphor	**=**	**KRITISCHER ROHSTOFF**
natürlicher Kreislauf menschliche Aktivität		Grenze: max. 11 Mio. t in Ozeane 20 Mio. t P produziert und genutzt; davon ca. 9 Mio. t in Ozeane



Rockström, J. et al (2009): A safe operating space for humanity, NATURE, Vol 461

Inhalte „ReNOx 2.0“

ReNOx

- Rückgewinnung von NH_4^+
- Einsatzbereich: Kläranlagen
- Produkt: Ammoniumsulfat-Lösung für DeNOx
- erfolgreicher Pilotbetrieb

Synergien

- etablierte Analytik-methoden für NH_4^+ (Austausch-isothermen)
- ReNOx-Laboranlage
- ReNOx-Pilotanlage
- Erfahrungen Pilotbetrieb

ReNOx 2.0

- **simultane** Rückgewinnung von NH_4^+ **und** PO_4^{3-}
- **neue Einsatzbereiche:** BGA, Deponiewasser etc.
- **neue Produkte**: P bzw. N/P-hältige Düngerlösung, NH_3-Wasser für DeNOx

ILS-Verfahren

TRL 2 → TRL 5

2014 – 2017

ILS*plus*-Verfahren

TRL 2 → TRL 5

2018 – 2021

ReNOx 2.0 (FFG-Projekt #864876; „Produktion der Zukunft“; Biobased Industry; Juni 2018 - Mai 2021)

Aktivitäten „ReNOx 2.0“

- **Erstellung eines Abwasserkatalogs** (Screening potentieller Abwässer):

  Biogas-Gärreste, Deponiesickerwasser, Industrielle Abwässer etc.

- **Modifikation/Weiterentwicklung von Zeolithen**

- Labor- & Technikumsversuche zur simultanen N&P-Rückgewinnung (2019-2020)
- Prozessmodellierung ILS*plus* (2019-2020)
- Pilotanlagenadaptierung / Versuche in Einsatzumgebung (2021)
- Ökonomische/ökologische Bewertung der Nährstoffrückgewinnung für verschiedene Branchen (2021)

VTiU

Verfahrens TECHNIK
des industriellen Umweltschutzes

DANKE !

http://vtiu.unileoben.ac.at/renewmat

Bundesministerium
Verkehr, Innovation
und Technologie

DEPARTMENT FÜR
Umwelt- & Energieverfahrens TECHNIK

MONTAN UNIVERSITÄT

FFG
Forschung wirkt.