

ReNOx 2.0 – Simultane Rückgewinnung von Nährstoffen aus Abwässern



VTU

MONTAN
UNIVERSITÄT
LEOBEN

Ass.Prof. DI Dr. Markus Ellersdorfer, DI Kristina Stocker

Leitung: Univ.-Prof. Markus Lehner

Mitarbeiter: aktuell ca. 30
(Lehre, Forschung, Organisation, Technika)

Forschungsbereiche

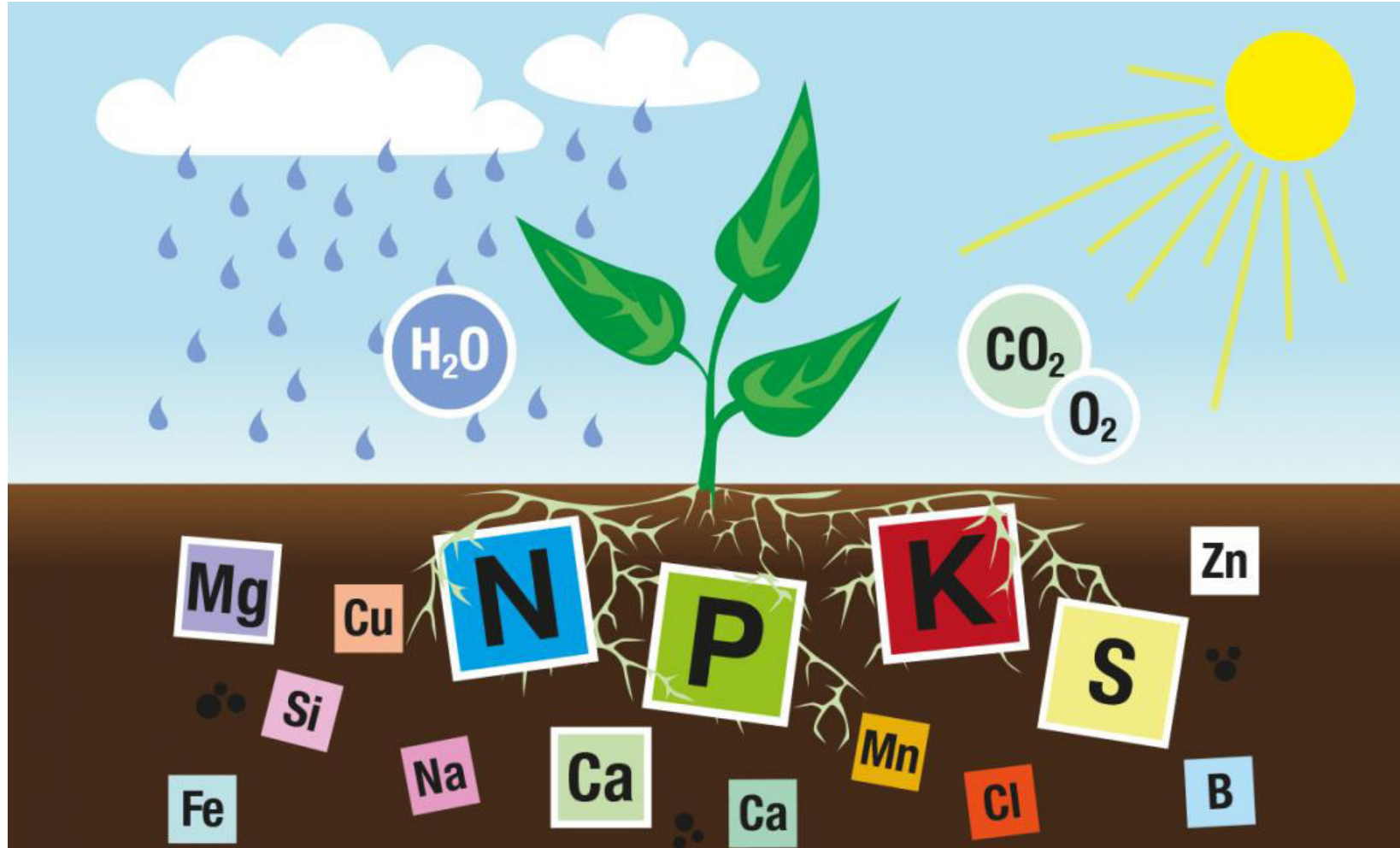
- ✦ Energieverfahrenstechnik
(CCU, Methanisierung, Karbonatisierung, Methanpyrolyse)
- ✦ Fluidverfahrenstechnik
- ✦ Metallurgische Verfahrenstechnik
- ✦ **Renewable Materials Processing**

Biogene Roh- und Reststoffe und daraus gewonnene Bestandteile als erneuerbare Ressourcen in bestehenden Industrieprozessen einsetzen

Klärschlamm, Abwasser, Gülle, Biogene Reststoffe, Mikroalgen, Bio-CCU, Nährstoffrückgewinnung, Hydrothermalverfahren



Nährstoffe



Nährstoffe

Stickstoff **N**

- Haber-Bosch-Prozess - basiert auf Erdgas

Energiebedarf: ca. 15-30 GJ / t NH₃

Emissionen: ca. 1,9 t CO₂ / t NH₃

- Weltweit: ca. 150 Mio. t NH₃ / a
 - Rund 1-2 % des Weltenergiebedarf
 - Rund 2-5 % der weltweiten CO₂-Emissionen
 - 40 % des N im menschlichen Körper war 1 x in Haber-Bosch-Prozess

Phosphor **P**

- überwiegend aus Phosphatgestein (Apatit; Ca₅[(F,Cl,OH)|(PO₄)₃]) durch Säureaufschluss

EU – kritischer Rohstoff

- Herstellprozess (pro Tonne Phosphorsäure)
 - ~ 9,5 t Phosphaterz
 - ~ 6,5 t Bergematerial + ~ 22 t Abfälle (Phosphorgips)
- Weltweit: ca. 20 Mio. t P pro Jahr (Dünger)



? Erneuerbare Quellen ?

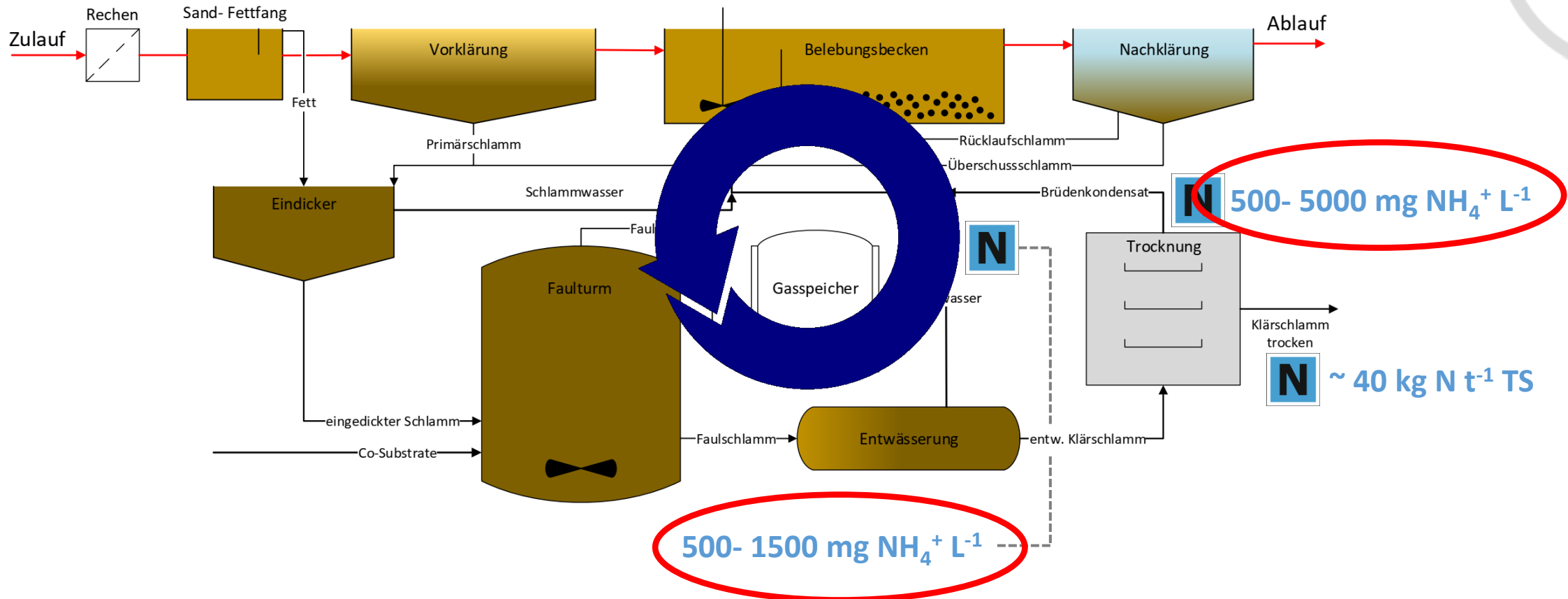
Kläranlage

N



N 30 – 100 mg NH₄⁺ L⁻¹

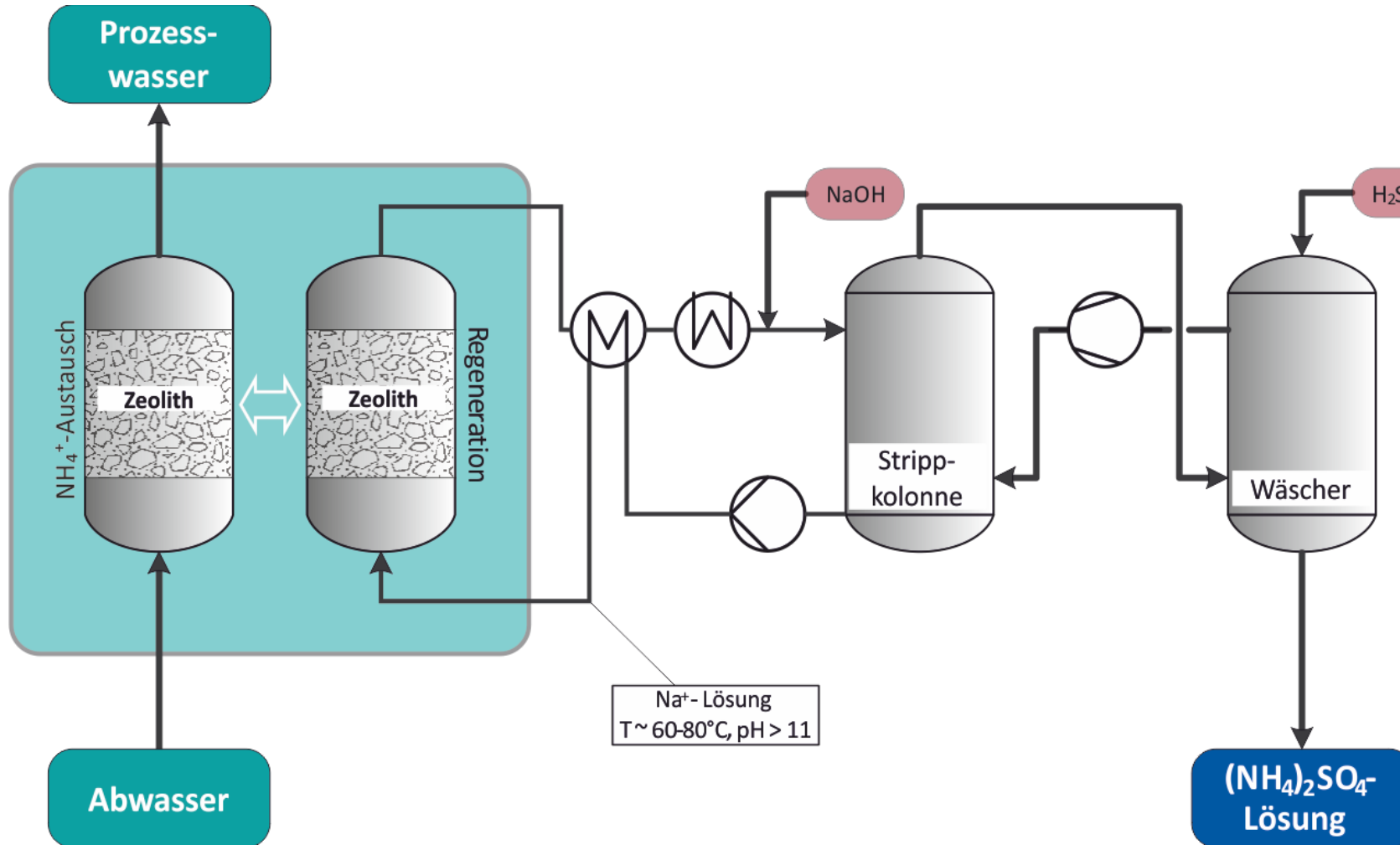
< 5 mg NH₄⁺ L⁻¹ **N**



Technologie - Verfahren

„Ionentauscher-Loop-Stripping“ (ILS) – Projekt ReNOx (2014-2017)

N



- Hybridverfahren: Ionenaustausch + Luftstripping = Prozessintensivierung
- Möglichkeit kompakte / mobile Nachrüstaggregate für bestehende Anlagen zu bauen
- Abwassereigenschaften werden nicht wesentlich verändert
- Robust gegenüber Verunreinigungen

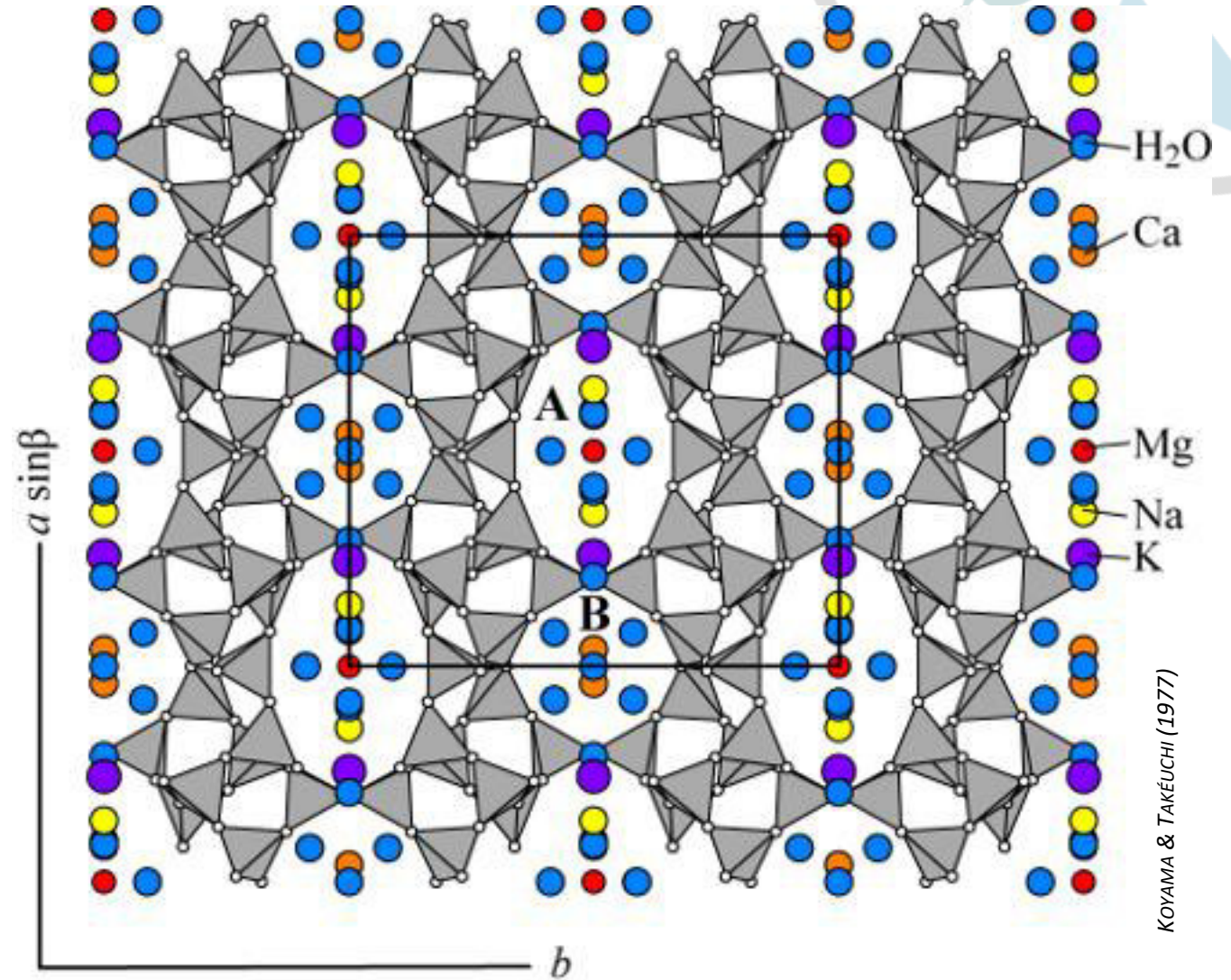
Technologie - Zeolithe



- ☛ Natürliche und künstliche Alumosilikate



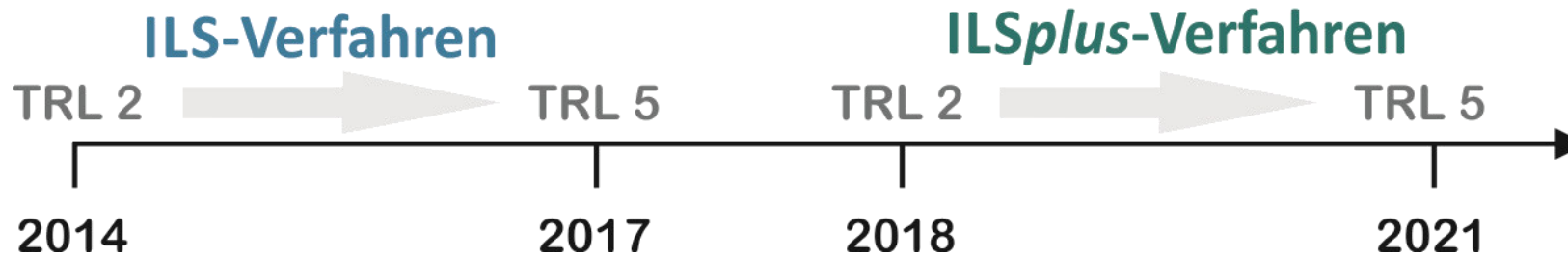
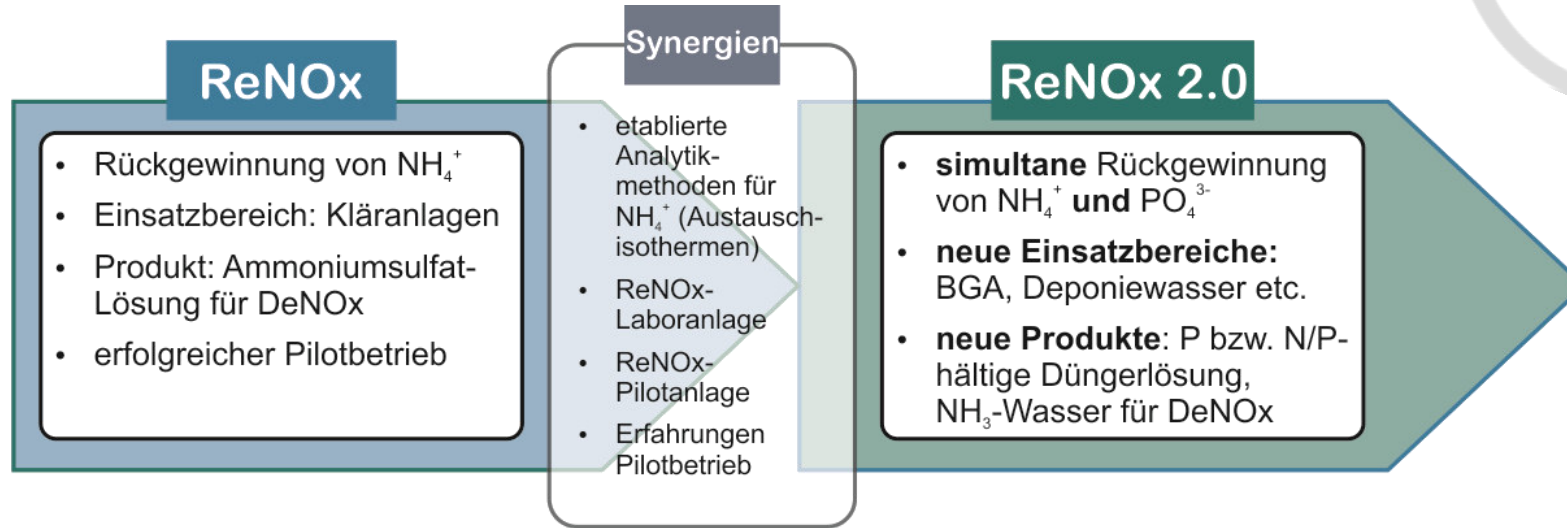
- ☛ Klinoptilolith = natürlicher Zeolith
 - ☞ hohe Selektivität für NH_4^+
 - ☞ gut verfügbar & kostengünstig
 - ☞ regenerierbar
 - ☞ **modifizierbar**



KOYAMA & TAKEUCHI (1977)

ReNOx 2.0

Produktion der Zukunft, 24. Ausschreibung, Biobasierte Industrie

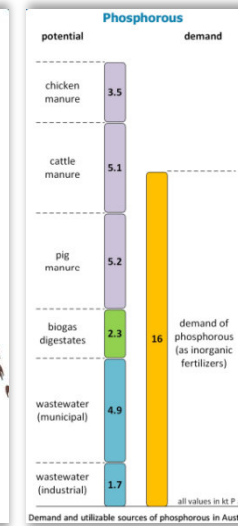
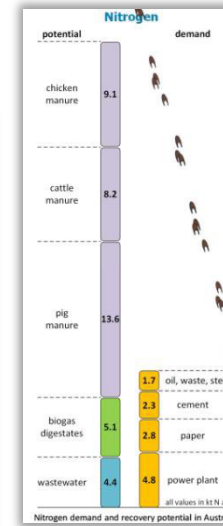


ReNOx 2.0

Potential

ABWASSERKATALOG

Probe	Herkunft	Ammonium NH ₄ ⁺ (mg NH ₄ ⁺ /L)	Ammonium NH ₄ ⁺ [1]	Phosphat PO ₄ ³⁻ AWW (mg PO ₄ ³⁻ /L)	Phosphat PO ₄ ³⁻ [1]	Feststoffanteil [1]	Heterogenität [1]	Verfügbarkeit für Technikumversuche [1]	kontinuierliche Verfügbarkeit [1]	1
DSW1		10	0	<0.5	0	-	-	-	-	6
DSW2		350	1	5	0	2	1	1	1	6
DSW3		2810	2	28	0	2	1	1	1	7
DSW4		550	1	17	0	2	1	1	1	6
DSW5		950	2	9.3	0	2	1	1	1	7
DSW6		5040	2	n.b.	0	3	0	0	0	5
DSW7		1320	1	11	0	2	1	1	1	6
DSW8		510	1	12	0	2	1	1	1	6
DSW9		180	0	3.1	0	-	-	-	-	9
DSW10		1070	2	29	0	3	1	1	1	7
DSW11		80	0	n.b.	0	-	-	-	-	2
DSW12	Lappe DA 1-3	810	1	7.6	0	2	1	1	1	6
DSW13	Lappe DA 1-3 Fil.	810	1	8.5	0	3	1	1	1	7
DSW14	Lappe DA 4-5	1350	2	9.7	0	2	1	1	1	7
DSW15	Lappe DA 4-5 Fil.	1320	2	8.6	0	3	1	1	1	8
DSW16	Lappe DA 6-1	10	0	<0.5	0	-	-	-	-	0
DSW17	Lappe DA 6-1 Fil.	20	0	<0.5	0	-	-	-	-	0
GR-1		5480	3	360	3	1	2	1	1	11
GR-2		9220	3	340	3	1	2	1	1	11
GR-3		4320	2	210	2	1	2	1	1	9
GR-4		4320	2	510	1	0	2	1	1	9
GR-5		1370	2	100	2	2	2	1	1	10
GR-6	Göls	5390	2	610	2	0	2	3	1	12
GR-7		3380	2	160	2	0	2	2	1	9
W-1	Reims Murr W1	5550	3	6.2	0	3	3	1	1	11
W-2	Reims Murr W2	11700	3	<1	0	2	3	1	1	10
W-3	Reims Murr Kondensat	3390	2	180	0	3	3	1	1	10
W-4	ENGES Mikladorf	27	0	<1	0	-	-	-	-	0
W-5	ENGES Mikladorf	14	0	<1	0	-	-	-	-	0
W-6	Lufage Retzner	3650	2	n.b.	0	1	3	2	1	8
W-7	Lufage Retzner	3500	2	n.b.	0	2	3	2	1	10
W-8		460	1	n.b.	0	3	0	2	0	9
W-9		36	0	67	2	2	2	2	0	8
W-10		320	0	49	0	2	2	2	0	9
TW-1	Knochenfeld Sonderbetrieb	114	1	58	1	3	2	3	1	11
TW-2	Knochenfeld Normabetrieb	1570	2	250	3	3	2	3	1	14
TW-3		1350	2	140	2	3	2	3	0	12
TW-4		1120	2	110	2	3	2	2	0	11



Technologie

ZEOLITHOPTIMIERUNG & -MODIFIZIERUNG

UMSETZUNG SIMULTANE ABSCHIEDUNG UND RÜCKGEWINNUNG

Produktverwertung und ökologische Bewertung

DÜNGERLÖSUNGEN

VERGLEICH KONVENTIONELLE DÜNGEMITTEL (CO₂, ENERGIE ETC.)

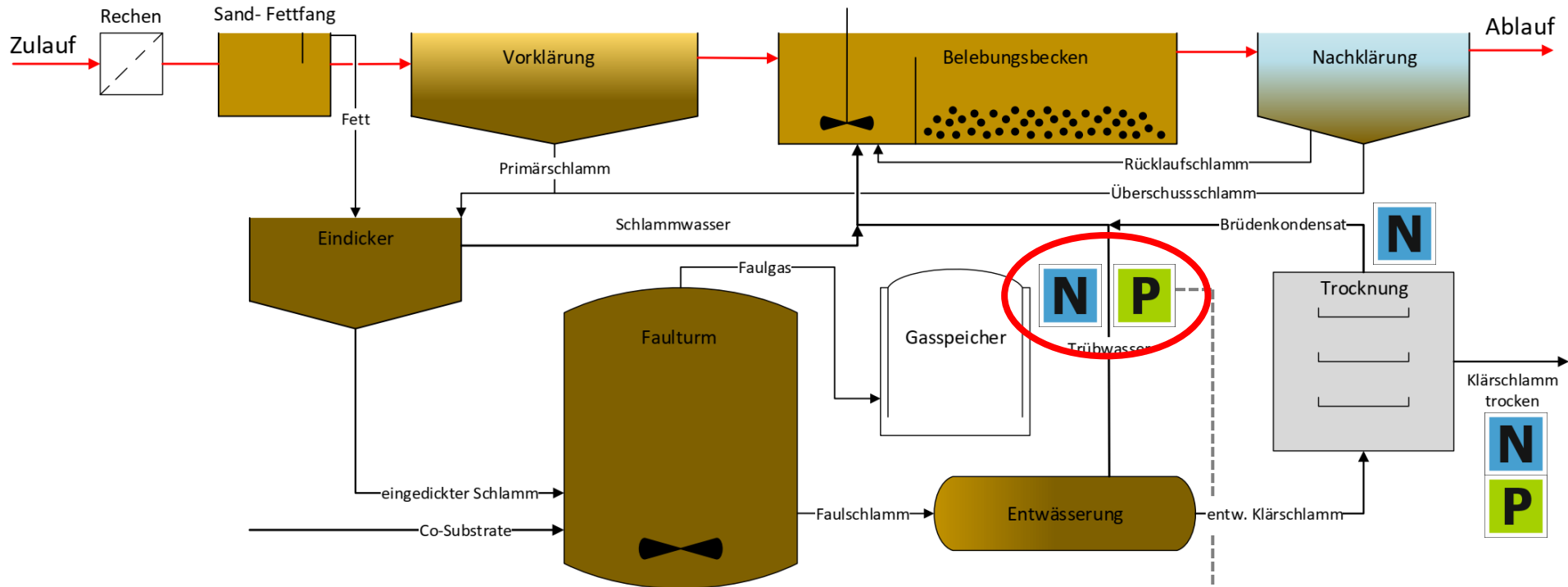
Kläranlage



N
P

30 – 100 mg NH_4^+ L⁻¹

5 – 20 mg P_{ges} L⁻¹



N **P**
Trübwasser

500 – 1500 mg NH_4^+ L⁻¹

50 – 250 mg PO_4^{3-} L⁻¹

~ 40 kg N t⁻¹ TS

~ 30 kg P t⁻¹ TS

ReNOx 2.0

Potential

ABWASSERKATALOG

Technologie

ZEOLITHOPTIMIERUNG & -MODIFIZIERUNG

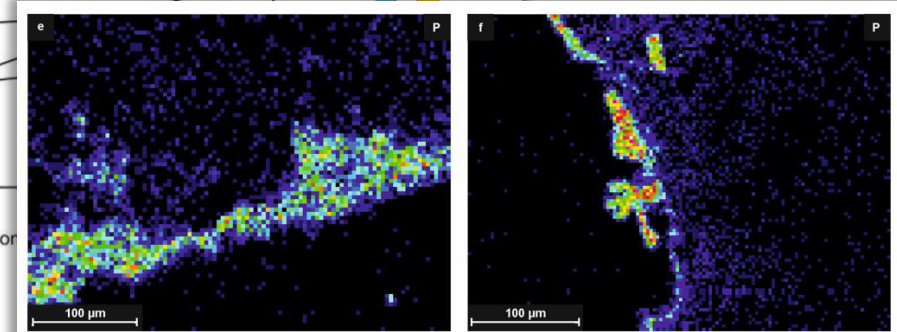
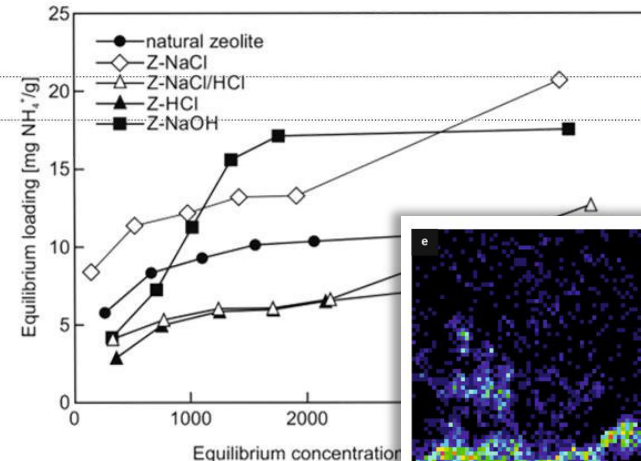
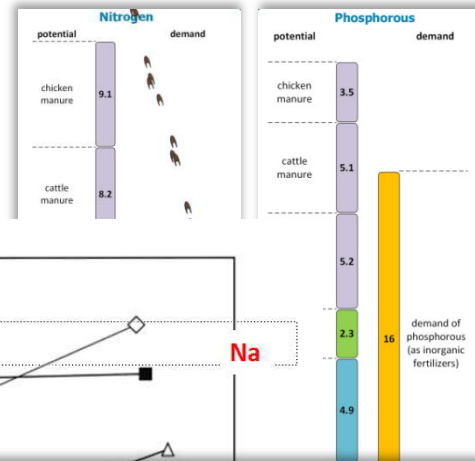
UMSETZUNG SIMULTANE ABSCHIEDUNG UND RÜCKGEWINNUNG

Produktverwertung und ökologische Bewertung

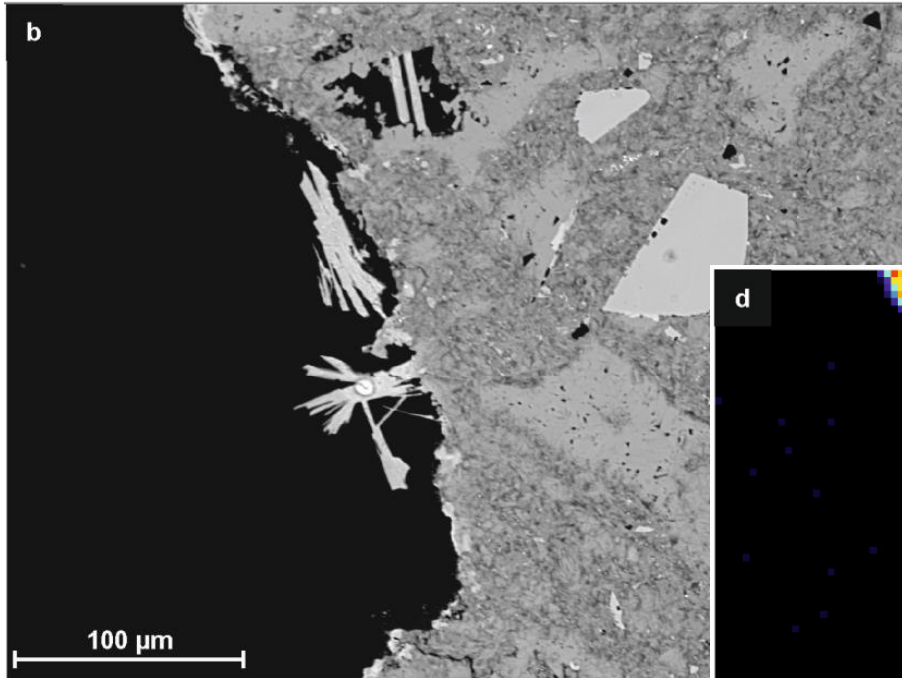
DÜNGERLÖSUNGEN

VERGLEICH KONVENTIONELLE DÜNGEMITTEL (CO₂, ENERGIE ETC.)

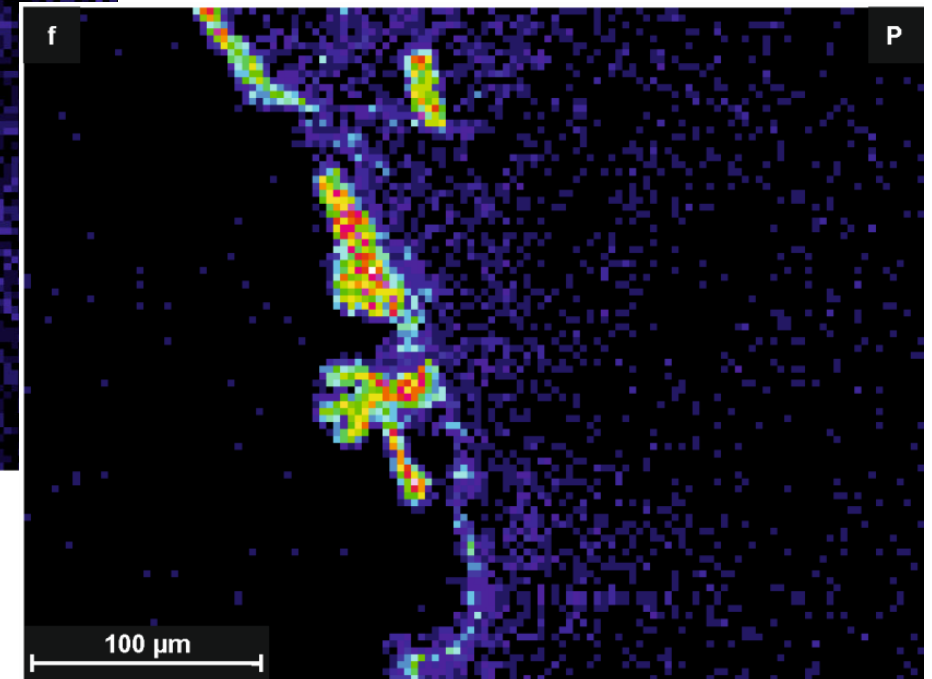
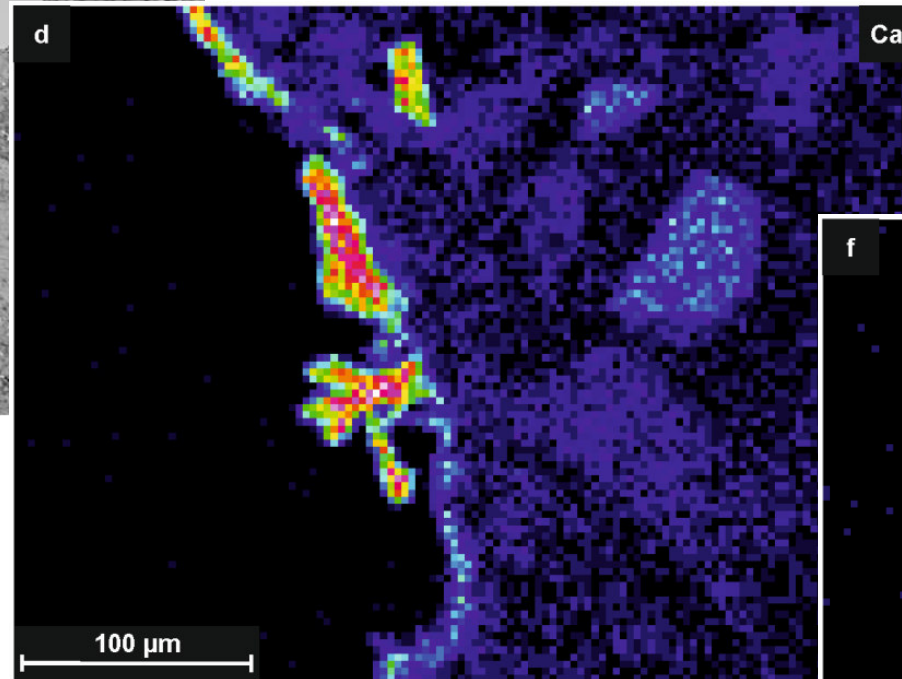
Probe	Herkunft	Ammonium NH ₄ ⁺ VFD (mg NH ₄ ⁺ /L)	Ammonium NH ₄ ⁺ (mg NH ₄ ⁺ /L)	Phosphat PO ₄ ³⁻ AWW (mg PO ₄ ³⁻ /L)	Phosphat PO ₄ ³⁻ (mg PO ₄ ³⁻ /L)	Feststoffanteil	Heterogenität	Verfügbarkeit für Technikumversuche	kontinuierliche Verfügbarkeit	I
DSW1		10	0	<0,5	0	1	1	1	1	6
DSW2		350	1	5	0	2	1	1	1	4
DSW3		2810	2	28	0	2	1	1	1	7
DSW4		550	1	17	0	2	1	1	1	4
DSW5		950	2	9,3	0	2	1	1	1	7
DSW6		5040	2	n.b.	0	3	0	0	0	5
DSW7		1320	1	11						
DSW8		510	1	12						
DSW9		180	0	3,1						
DSW10		1070	2	29						
DSW11		80	0	n.b.						
DSW12	Lapper DA 1-3	810	1	7,6						
DSW13	Lapper DA 1-3 fll.	810	1	8,5						
DSW14	Lapper DA 4-5	1350	2	9,7						
DSW15	Lapper DA 4-5 fll.	1320	2	8,6						
DSW16	Lapper DA 6-1	10	0	<0,2						
DSW17	Lapper DA 6-1 fll.	30	0	<0,2						
GR-1		5480	3	360						
GR-2		9230	3	340						
GR-3		4320	2	210						
GR-4		4320	2	510						
GR-5		1370	2	100						
GR-6	Glas	5390	2	610						
GR-7		3380	2	160						
W-1	Roma Muri W1	5550	3	6,2						
W-2	Roma Muri W2	11700	3	<1						
W-3	Roma Muri Kondensat	3390	2	180						
W-4	ENGES Mikadorf	27	0	<1						
W-5	ENGES Mikadorf	14	0	<1						
W-6	Lufage Retznel	3050	2	n.b.						
W-7	Lufage Retznel	3050	2	n.b.						
W-8		460	1	n.b.						
W-9		36	0	67						
W-10		320	0	49						
TW-1	Krotzfeld Sanderbetrieb	114	1	58						
TW-2	Krotzfeld Normabetrieb	1170	2	210						
TW-3		1350	2	140						
TW-4		1120	2	110						



Zeolithmodifikation

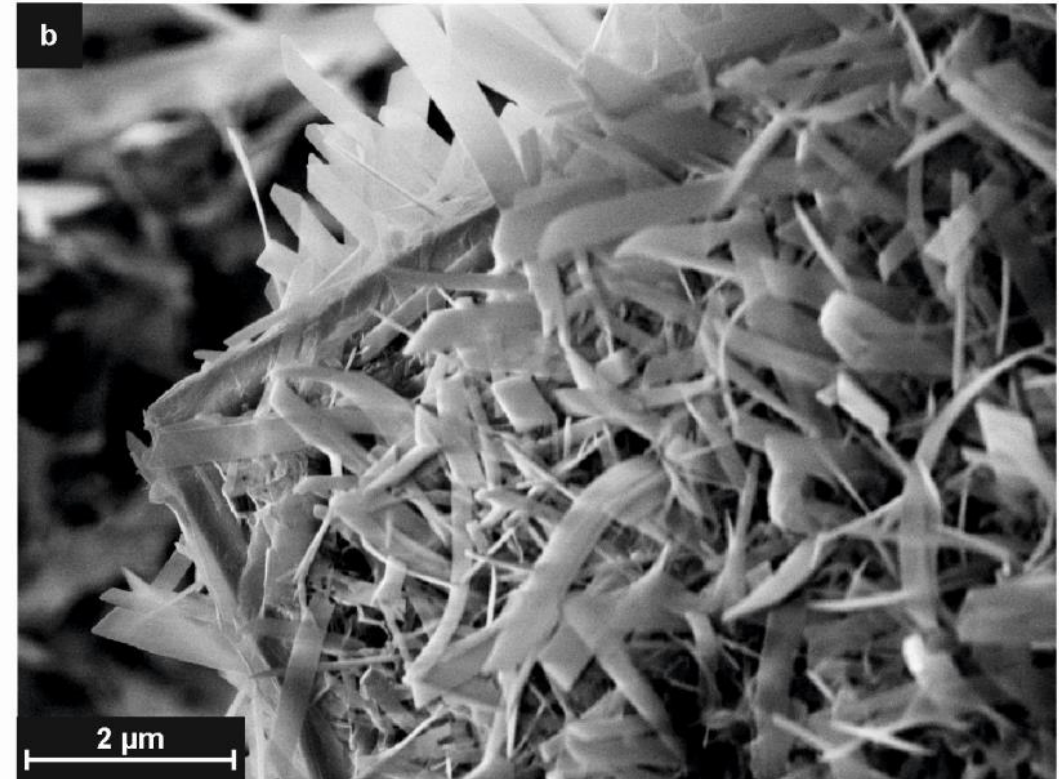
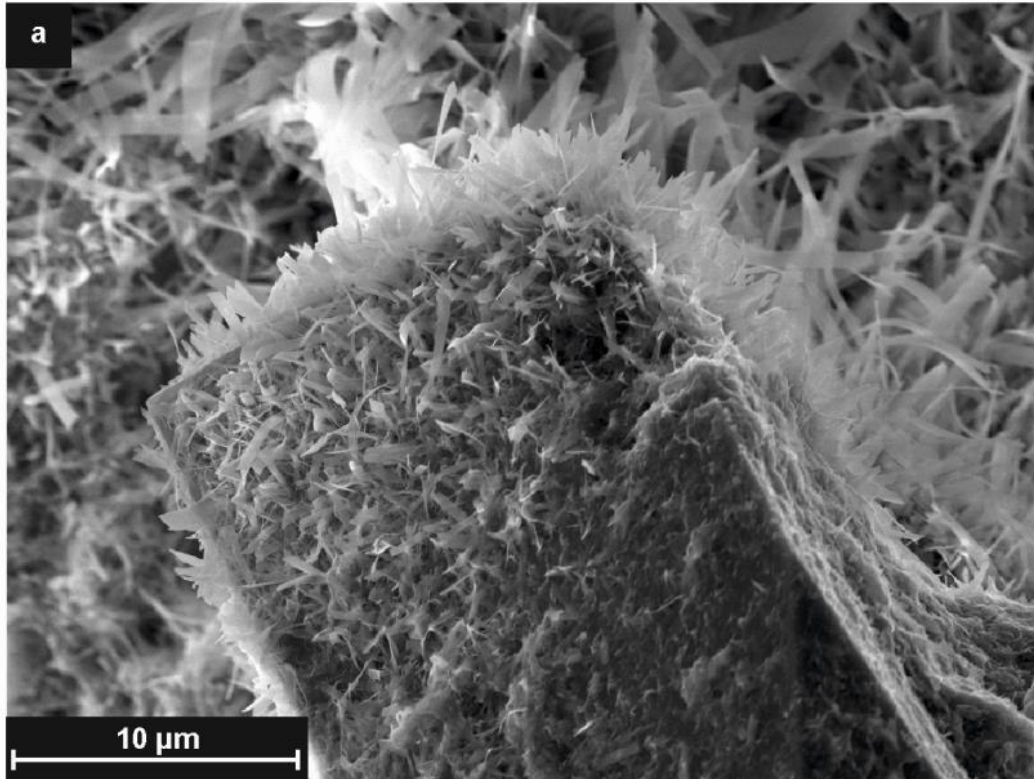


EPMA – Element Mapping



Zeolithmodifikation

☛ FEG-SEM



ReNOx 2.0

Potential

ABWASSERKATALOG

Technologie

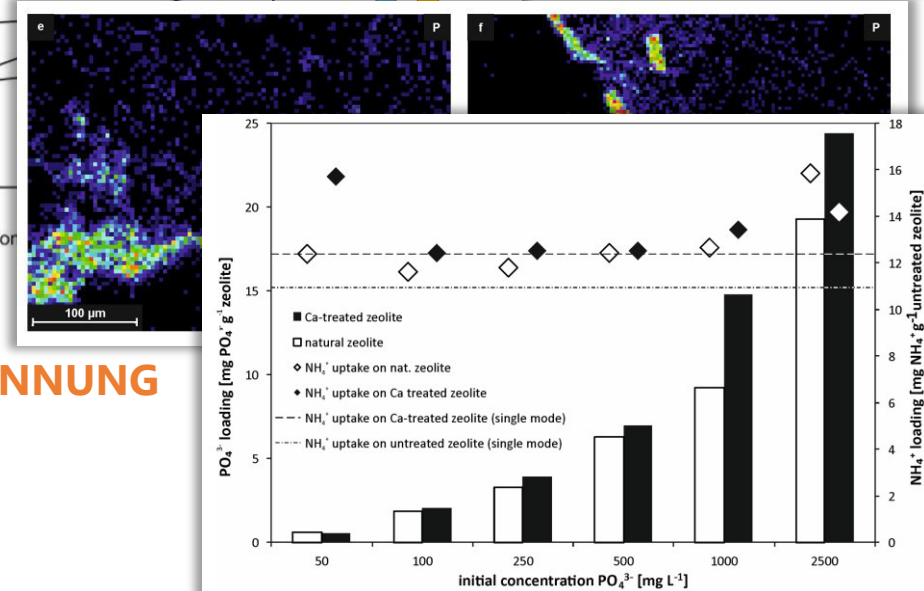
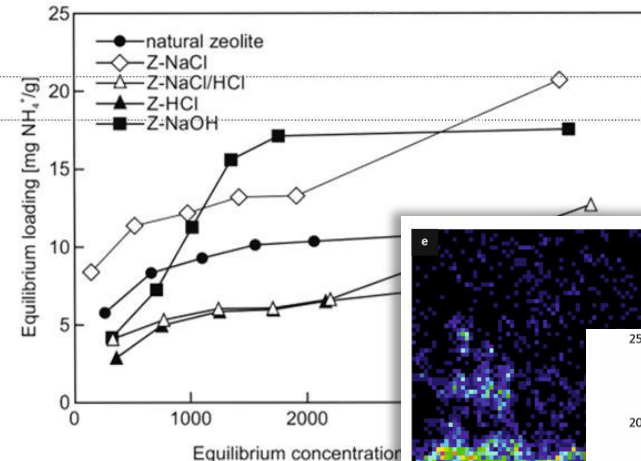
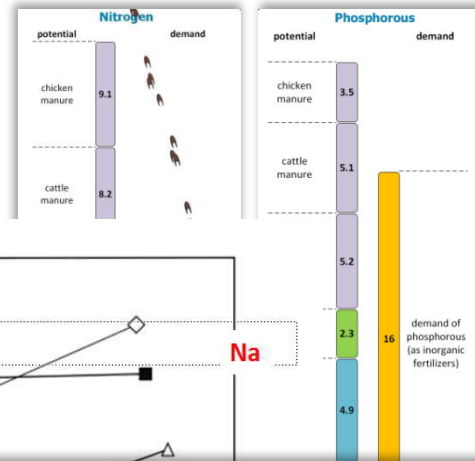
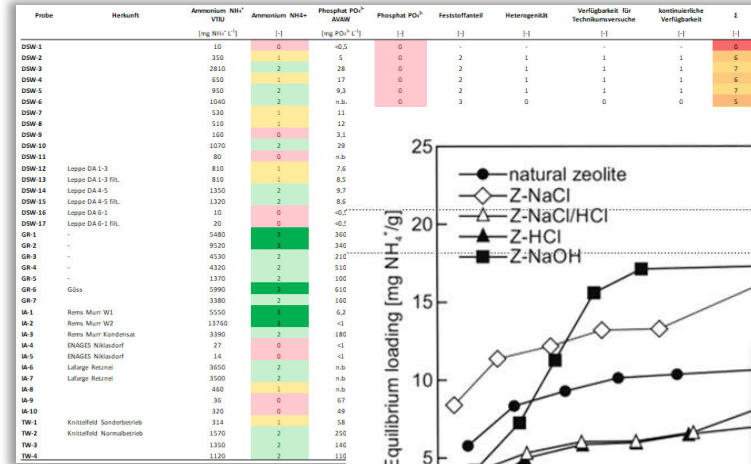
ZEOLITHOPTIMIERUNG & -MODIFIZIERUNG

UMSETZUNG SIMULTANE ABSCHIEDUNG UND RÜCKGEWINNUNG

Produktverwertung und ökologische Bewertung

DÜNGERLÖSUNGEN

VERGLEICH KONVENTIONELLE DÜNGEMITTEL (CO₂, ENERGIE ETC.)



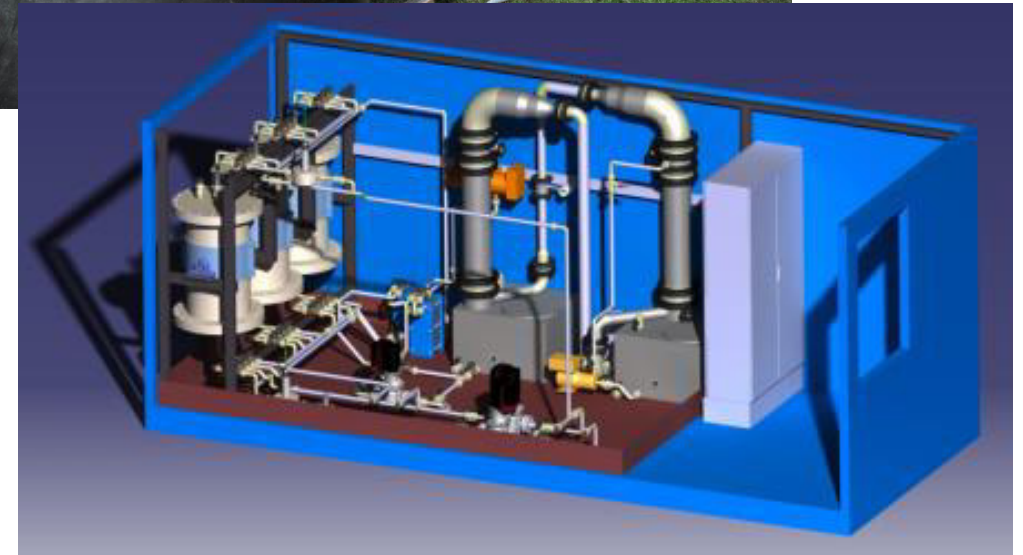
Umsetzung simultane Abscheidung und Rückgewinnung

- Labormaßstab (1-2 L)
- Technikumsmaßstab (10-20 L)



Umsetzung simultane Abscheidung und Rückgewinnung

- ▀ Mobile Pilotanlage (6m-Container)
- ▀ 3 Zeolithkolonnen mit je 120 kg
- ▀ Behandlungskapazität: 500 L h⁻¹



ReNOx 2.0

Potential

ABWASSERKATALOG

Technologie

ZEOLITHOPTIMIERUNG & -MODIFIZIERUNG

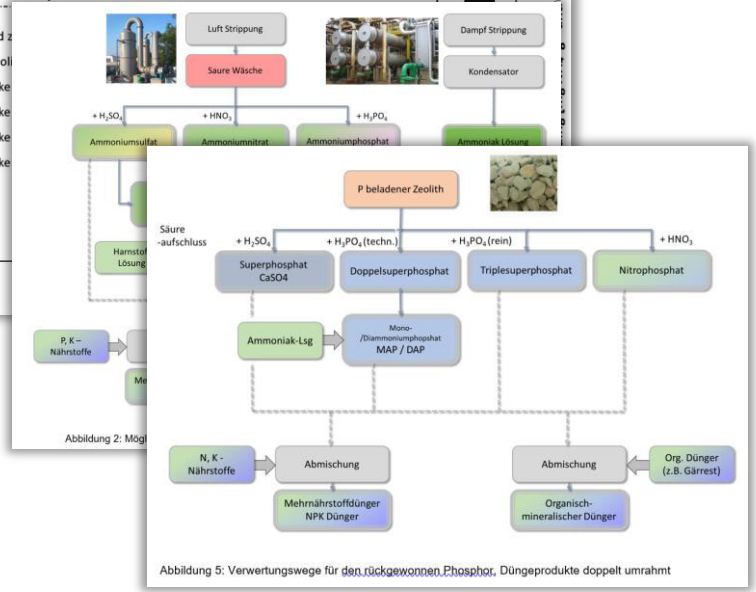
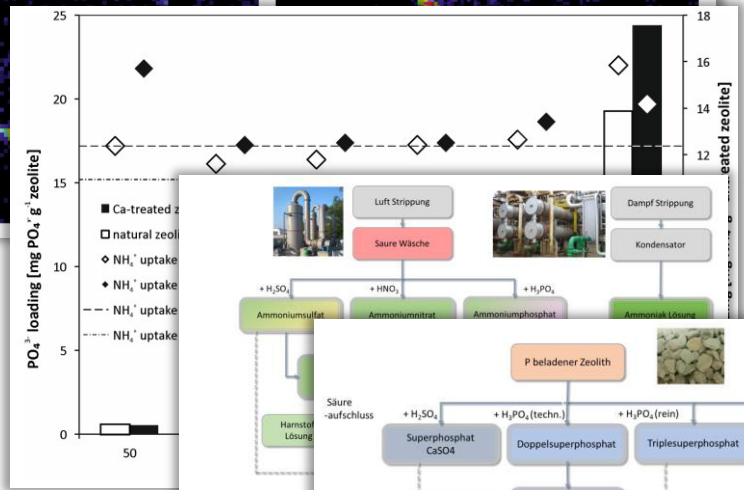
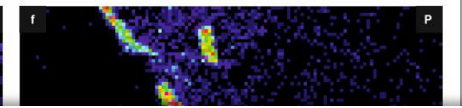
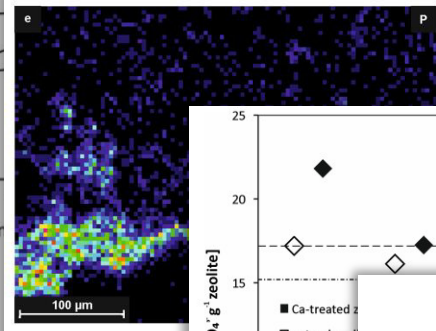
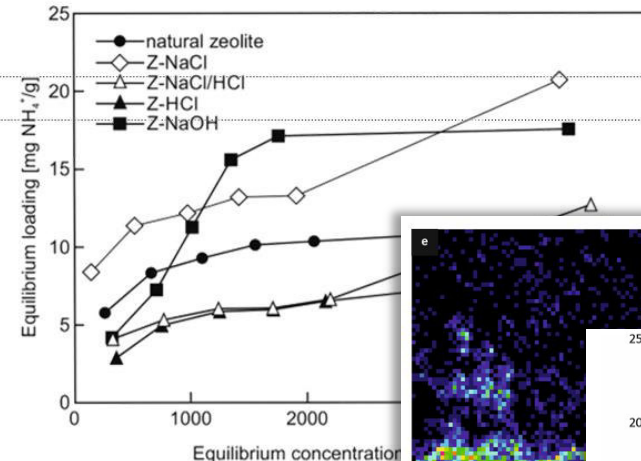
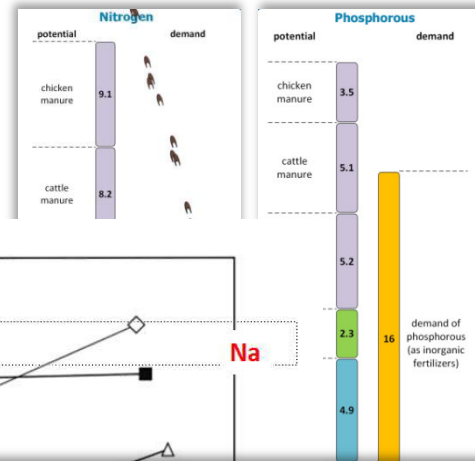
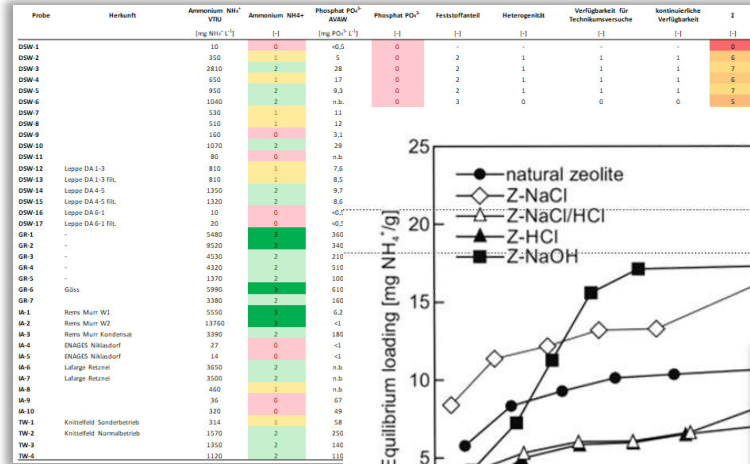
UMSETZUNG SIMULTANE ABSCHIEDUNG UND RÜCKGEWINNUNG

Produktverwertung und ökologische Bewertung

DÜNGERLÖSUNGEN

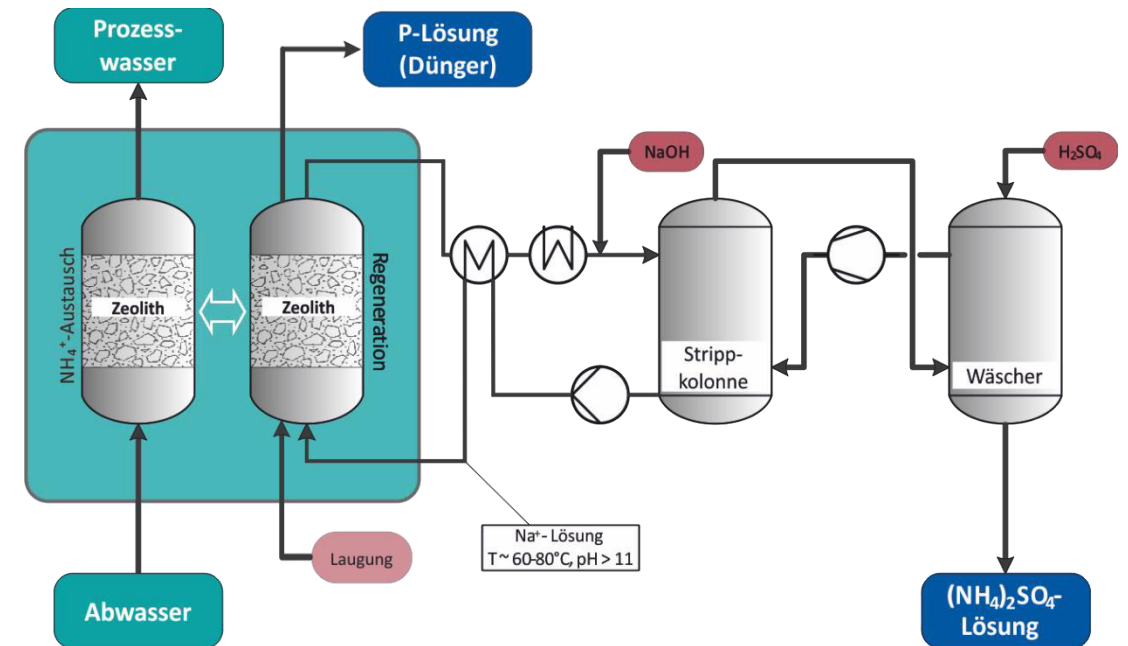
VERGLEICH KONVENTIONELLE DÜNGEMITTEL (CO₂, ENERGIE ETC.)

Ende ReNOx 2.0 (Dezember 2021)



Weitere Projekte

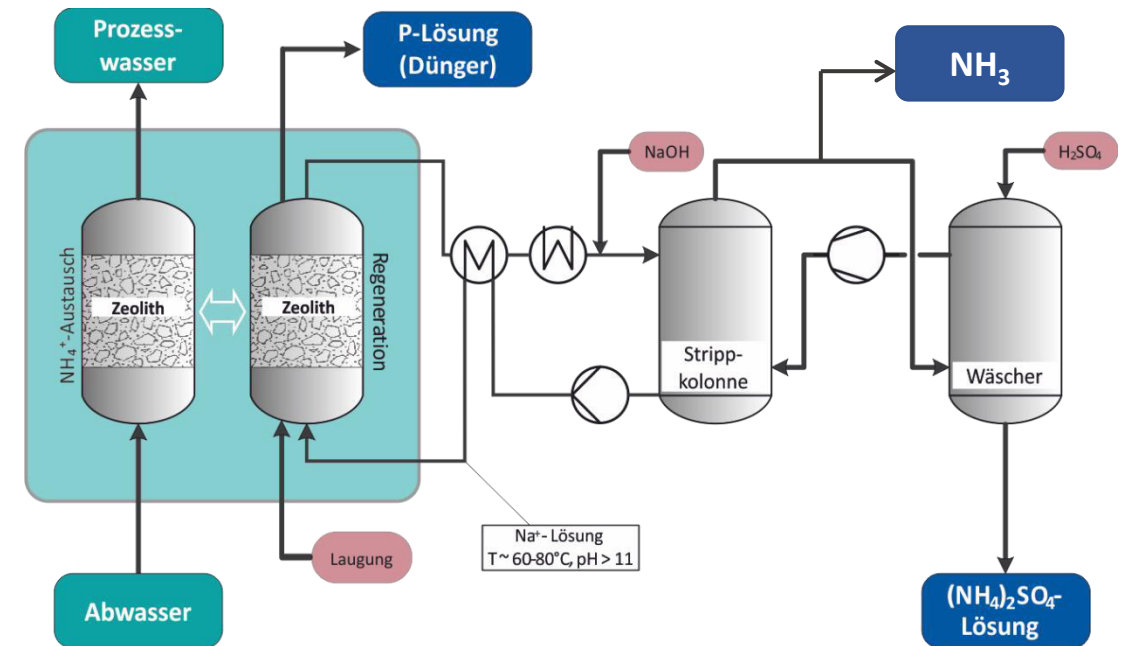
- ✓ NH_4^+ aus Trübwasser (ReNOx)
- ✓ PO_4^{3-} aus Trübwasser (ReNOx 2.0)



Weitere Projekte

- ✓ NH_4^+ aus Trübwasser (ReNOx)
- ✓ PO_4^{3-} aus Trübwasser (ReNOx 2.0)

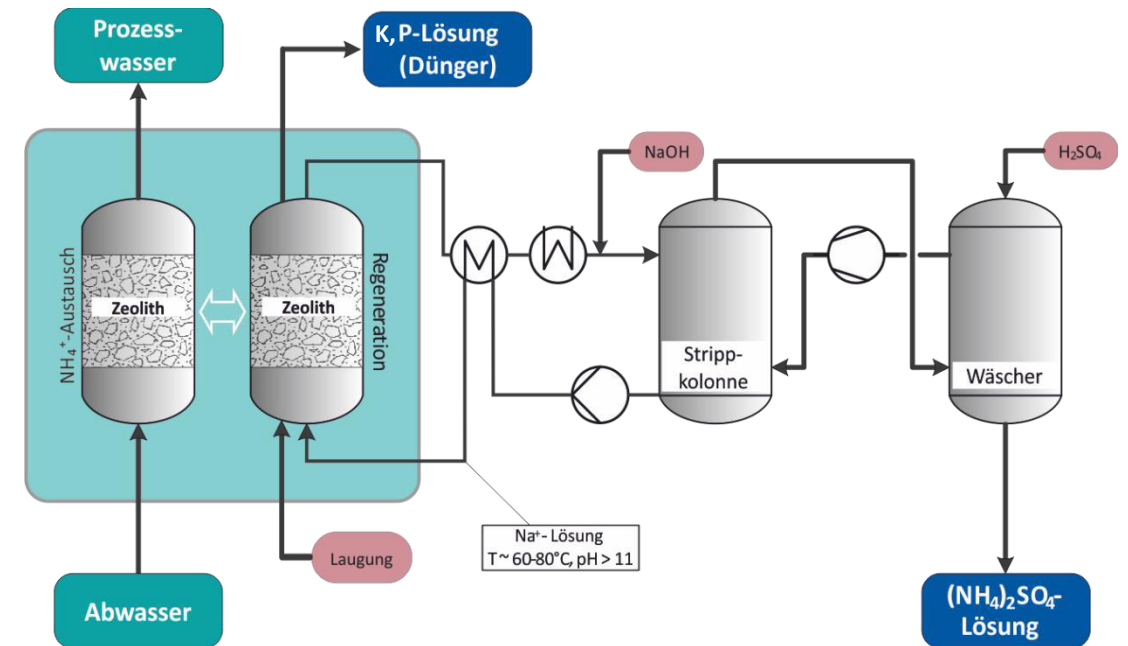
- NH_4^+ aus Schweinegülle (ReNOx Schweinegülle)
- NH_4^+ aus Brüden von Klärschlamm-Trocknungsanlagen (Innovative Klärschlammverwertung)
- NH_3 aus Abwässern für Brennstoffzelle (GreenAmmoniaFUEL)



Weitere Projekte

- ✓ NH_4^+ aus Trübwasser (ReNOx)
- ✓ PO_4^{3-} aus Trübwasser (ReNOx 2.0)

- NH_4^+ aus Schweinegülle (ReNOx Schweinegülle)
- NH_4^+ aus Brüden von Klärschlamm-Trocknungsanlagen (Innovative Klärschlammverwertung)
- NH_3 aus Abwässern für Brennstoffzelle (GreenAmmoniaFUEL)
- K^+ aus Trübwasser (SUSKULT)



Weitere Projekte

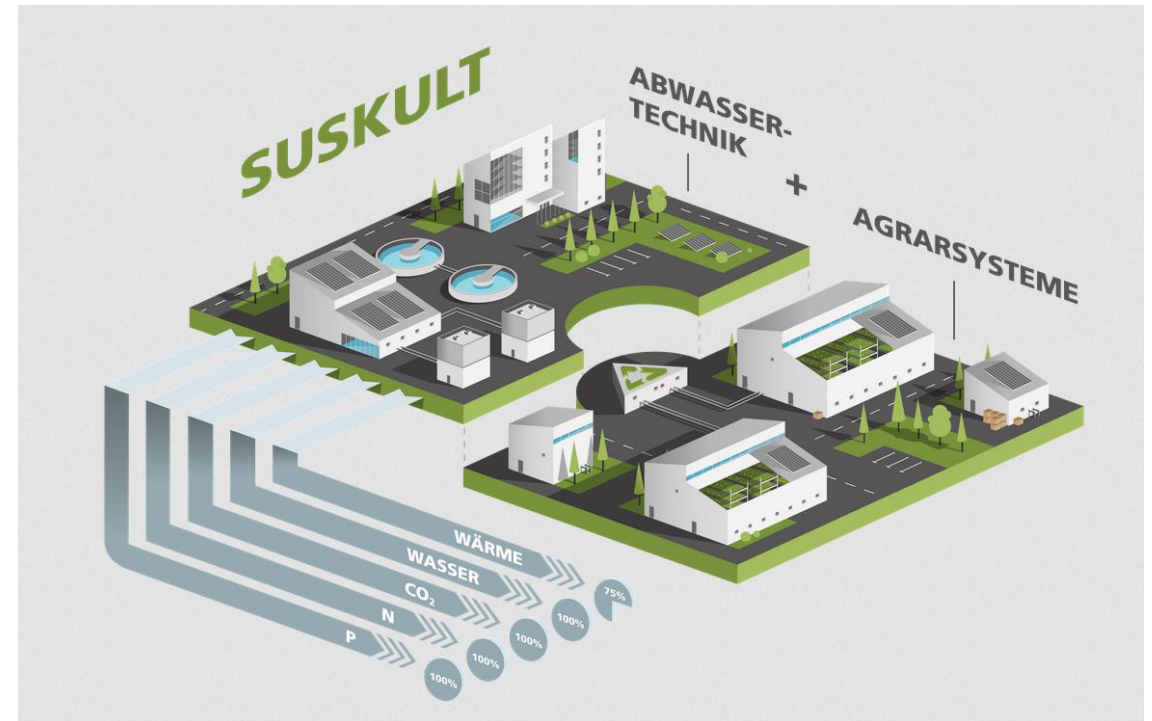
- ✓ NH_4^+ aus Trübwasser (ReNOx)
- ✓ PO_4^{3-} aus Trübwasser (ReNOx 2.0)

- NH_4^+ aus Schweinegülle (ReNOx Schweinegülle)
- NH_4^+ aus Brüden von Klärschlamm-Trocknungsanlagen (Innovative Klärschlammverwertung)
- NH_3 aus Abwässern für Brennstoffzelle (GreenAmmoniaFUEL)
- K^+ aus Trübwasser (SUSKULT)

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Danke und Schöne Feiertage!



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