

1. abonocare – Konferenz

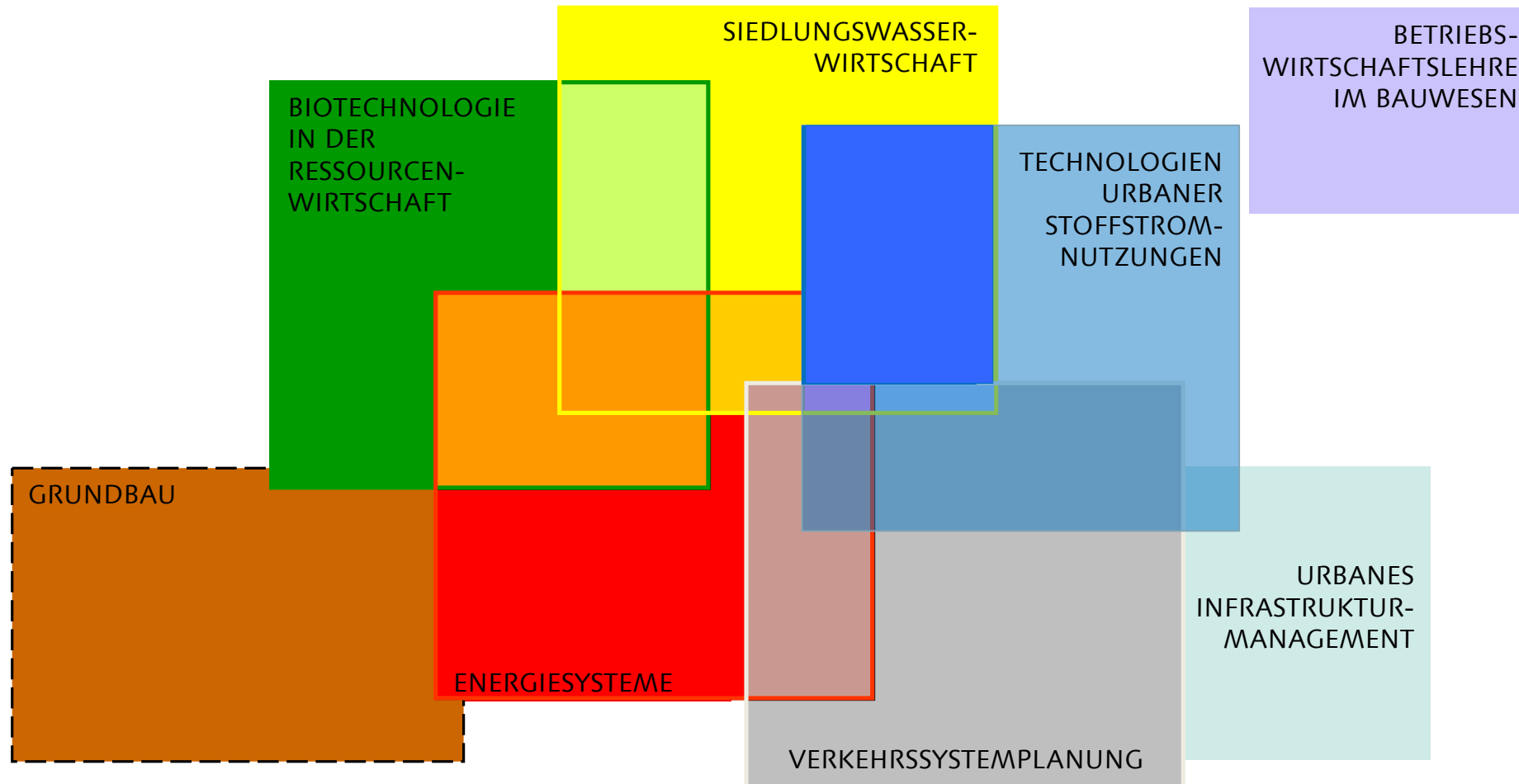
ANSÄTZE ZUR NÄHRSTOFFRÜCKGEWINNUNG AUS GÄRRESTEN LANDWIRTSCHAFTLICHER BIOGASANLAGEN

Thomas Haupt, Julia Alexeeva-Steiniger, Jörg Londong, Eckhard Kraft

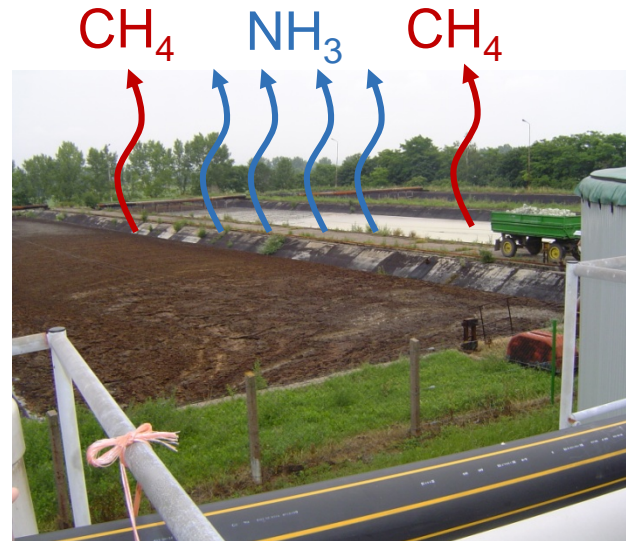


Leipzig
05. – 06. März 2020

b.is an der Bauhaus-Universität Weimar



Warum ist Gärrestkonditionierung notwendig ?



Lagerung, z.T. in Lagunen oder offenen Behältern (6 - 9 Monate)

→ Ausbringung

Nachteile:

- Reduzierung Nährstoffgehalt
- Emission von NH_3 und CH_4
- Limitationen nach DüVO
170 kg N /ha*a

→ Hohe Kosten



Untersuchte Gärreste

	INPUT-Substrate
BGP 1	Rindergülle, Maissilage
BGP 2	Maissilage, Rinderfestmist, Anwelksilage
BGP 3	Schweinegülle, Maissilage, Hühnertrockenkot
BGP 4	Rindergülle, Maissilage

BGP ... biogas plant ... Biogasanlage

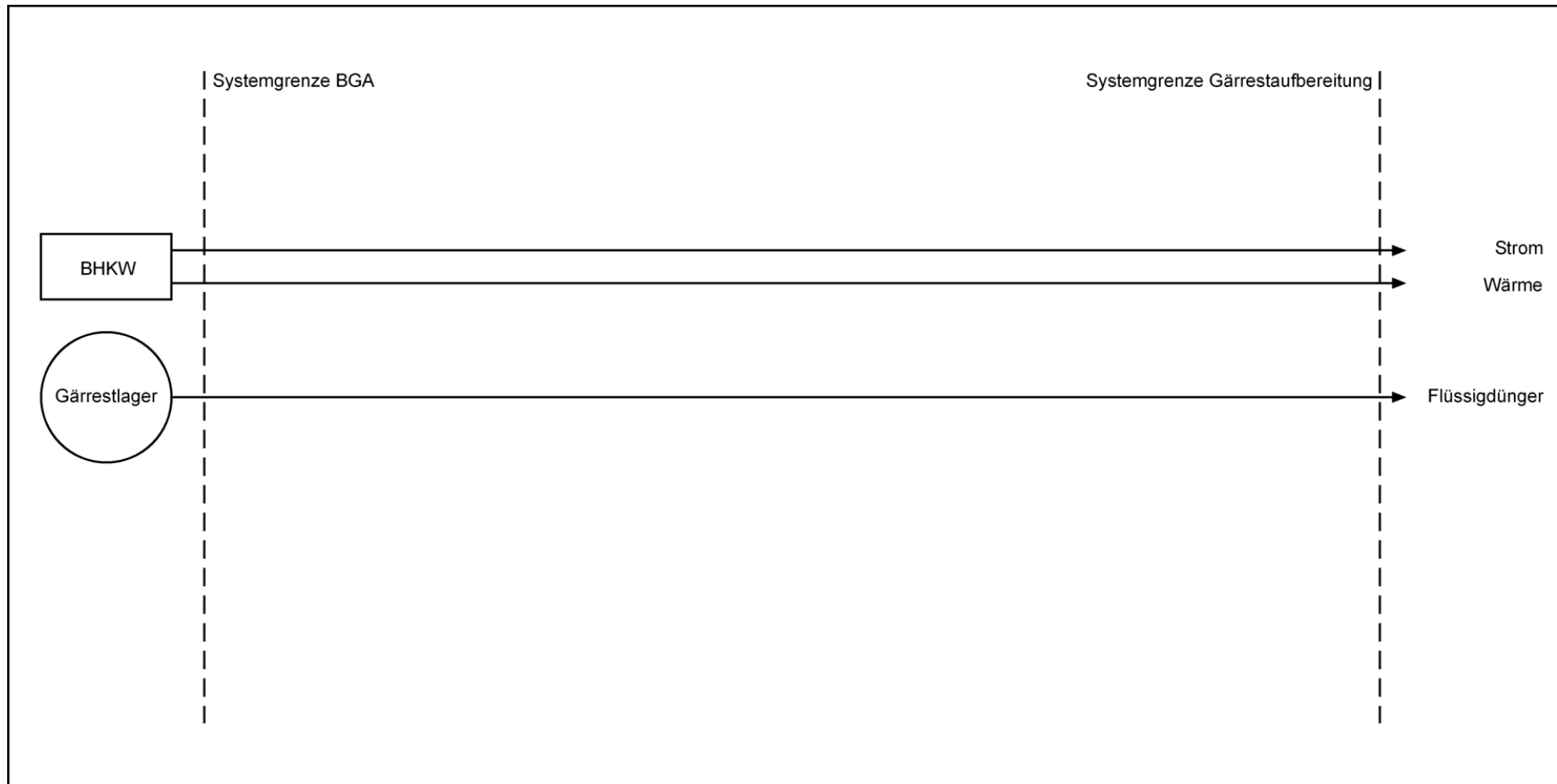


Theoretisches Potential zur Nährstoffrückgewinnung

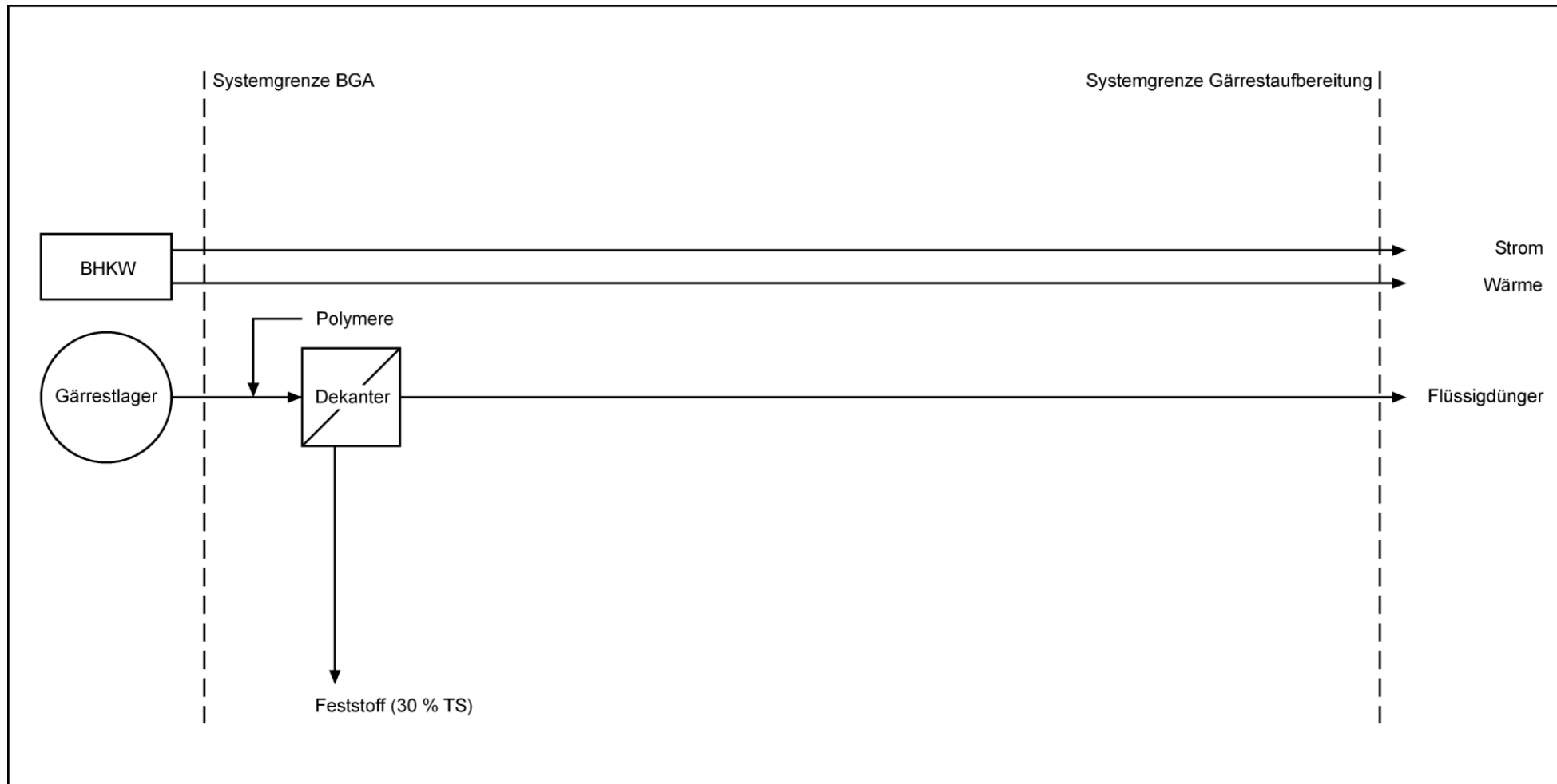
Substrate	TS	oTS	C	Ca ²⁺	Mg ²⁺	N _{ges}	TKN	NH ₄ -N	P _{ges}	PO ₄ -P
	%	%	%	mg/l	mg/l	%	mg/l	mg/l	g/kg TS	mg/l
BGP 1	3,47	69,27	1,77	185	235	0,23	2468,4	1500	12,4	63
BGP 2	8,34	77,73	4,76	240	216	0,62	5482,4	3170	10,5	95
BGP 3	2,96	37,59	1,1	160	10,95	0,43	5163,2	4200	19,2	147
BGP 4	6,41	27,97	2,85	225	394	0,42	3735,2	3100	9,2	37

- N-Rückgewinnung durch Ammoniakstrippung (Dampf)
- P-Rückgewinnung durch
 - MAP-Fällung
 - Calcium-Phosphat-Fällung
- Initiales molekulares Mg/P-Verhältnis 2,9 (BGP 2) und 13,6 (BGP 4)
- **Ansatz: Nutzung Mg-Gehalt zur Verbrauchsreduzierung teurer Mg-Quellen**

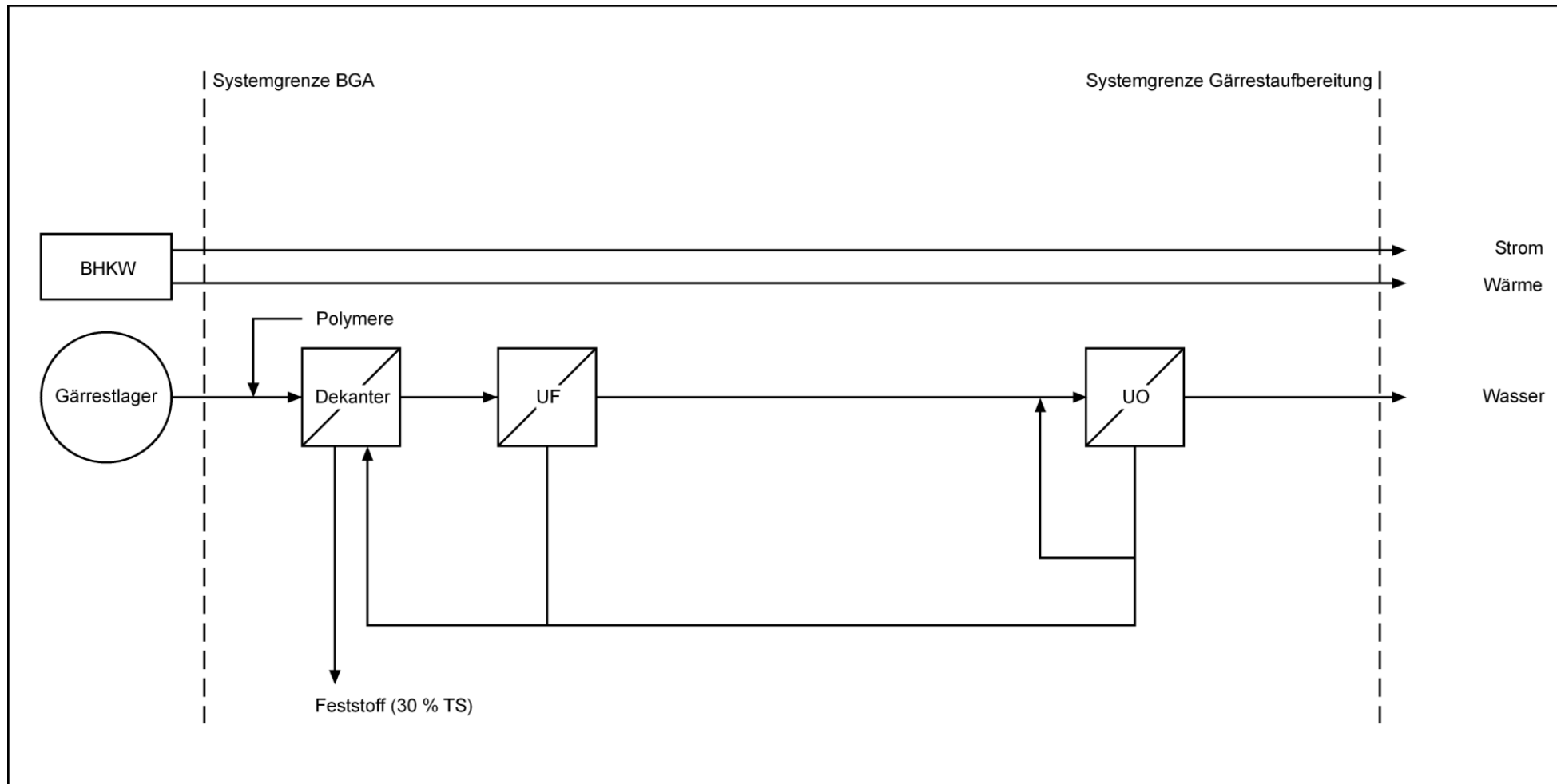
Gärreste – Feldausbringung als Stand der Technik



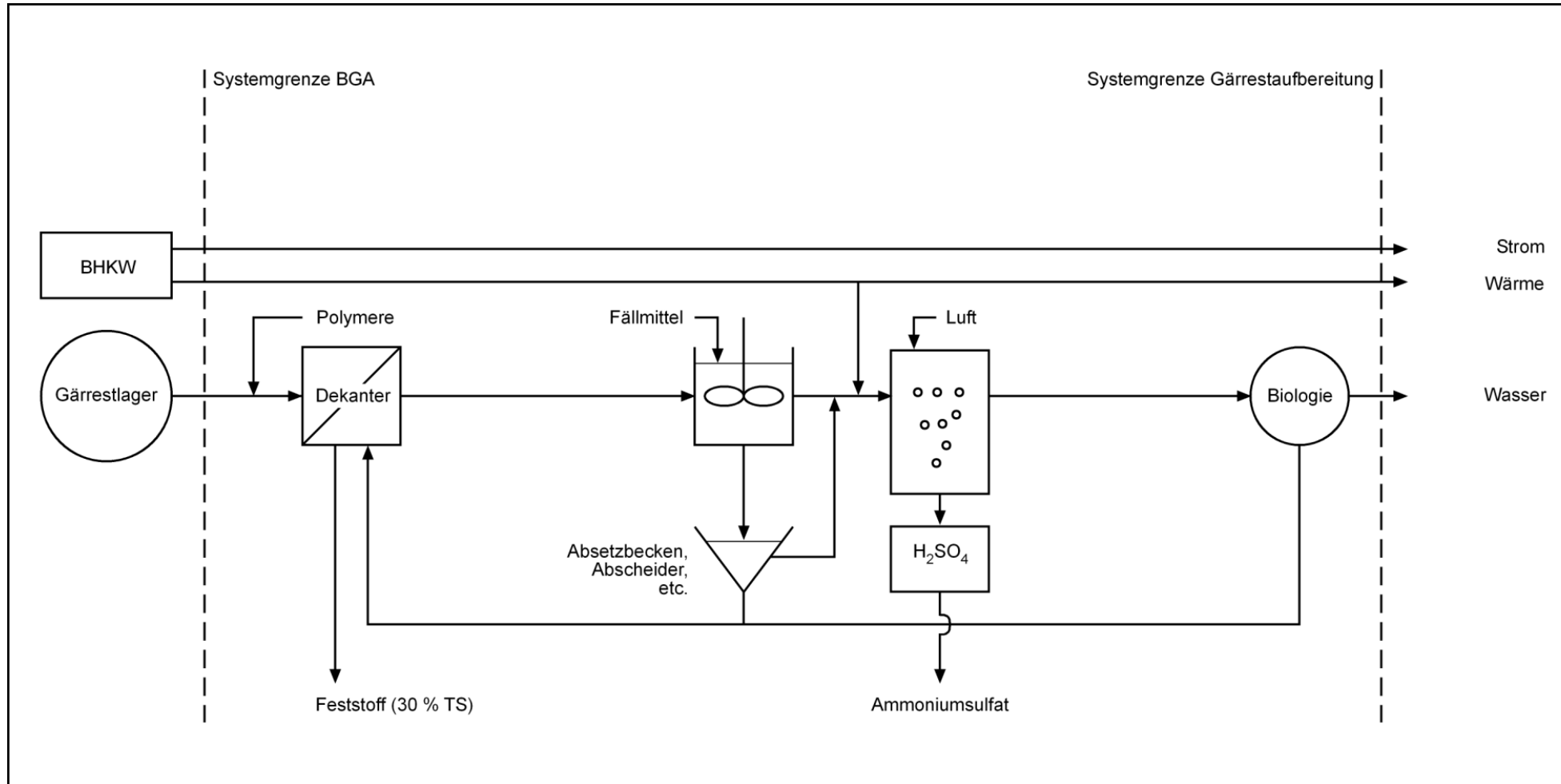
Gärreste - Separation



Gärreste - Ultrafiltration + Umkehrosmose



Biologische Restwasserbehandlung



Direkteinleitung – AbwV 2004

Branche	Qualifizierte Stichprobe oder 2-Stunden-Mischprobe				
	BSB ₅ [mg/l]	CSB [mg/l]	NH ₄ -N [mg/l]	N _{ges} [mg/l]	P _{ges} [mg/l]
Betriebe der Tier- und Pflanzenproduktion	25	110	-	-	2
Brauereien und Malzfabriken	25	110	10	25	2
Gemüse – und Obstverwertung	25	110	10	18	2
Schlacht- und Fleischverarbeitungsbetriebe	25	110	10	18	2
Sickerwasser	20	200		70	3
Verarbeitung von Milch und Milchprodukten	25	110	10	-	2

Projektziele NARUBI

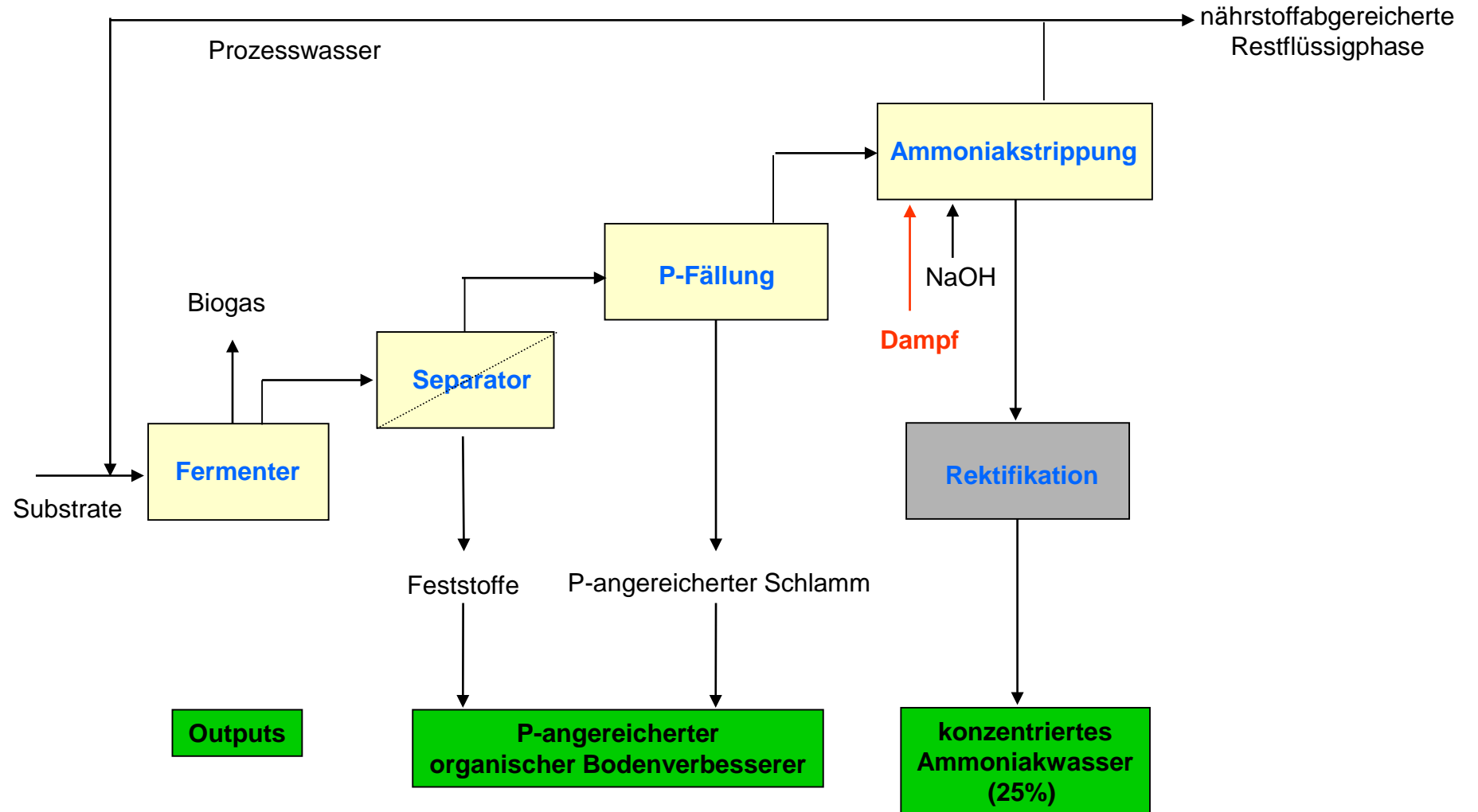
- maximale Ausbeute des Ressourcenpotentials
- minimale Kosten
- minimale Umwelteinflüsse

Fokus auf Low-Tech-Optionen

Adaptation und Simplifizierung etablierter Abwasserbehandlungsmethoden

- Phosphorrückgewinnung durch MAP- und Calcium-Phosphat-Fällung
- Stickstoffrückgewinnung durch Ammoniakstrippung mittels Dampf

Gewählte Prozessschritte



MAP-Fällung - Methodik

- Vorbehandlung durch Feststoff-Flüssig-Trennung (5000 rpm, 9 min)
teilweise unter Nutzung kationischer Polymere
- pH-Anhebung durch Zugabe von NaOH (9 ... 10)

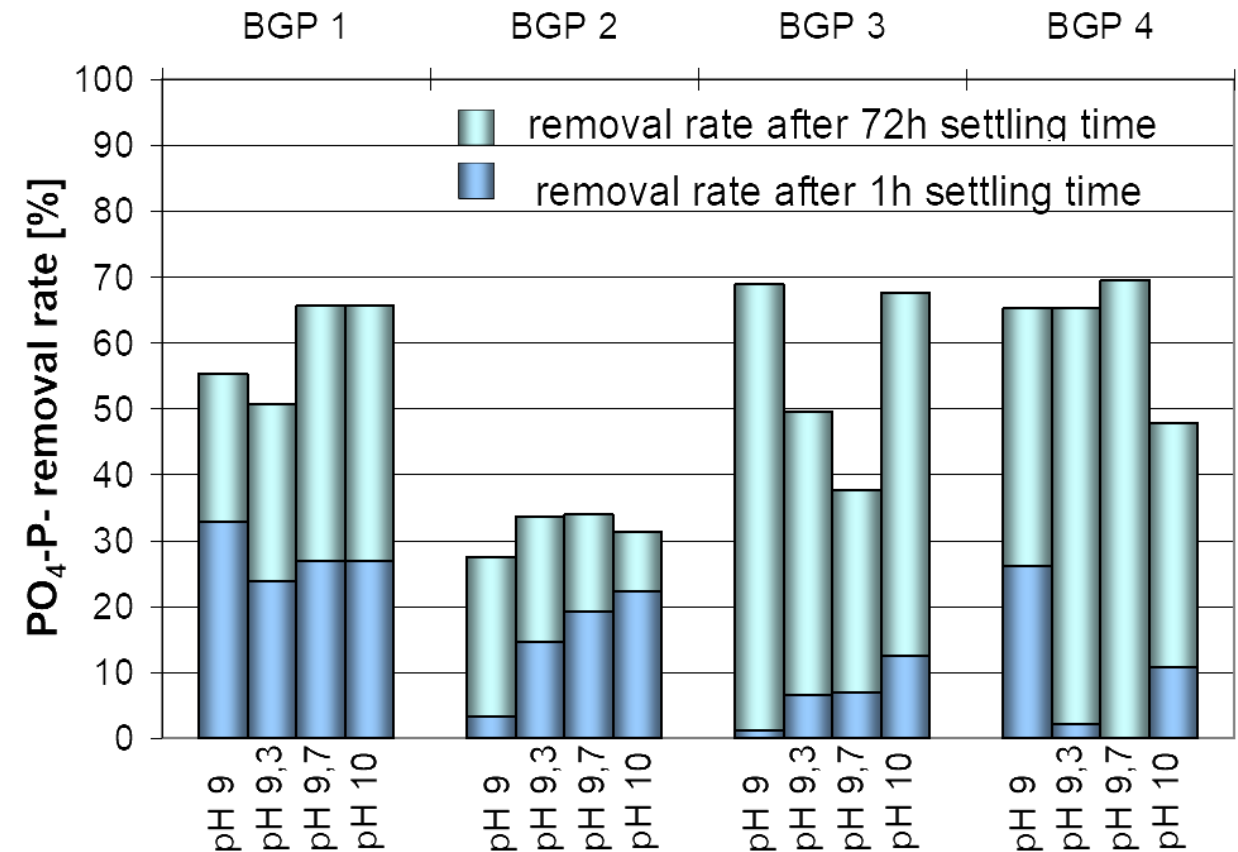
Der initiale Mg-Gehalt in den Gärrestlaugen
war praktisch nicht verwendbar!

- $\text{MgCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ als Mg-Quelle
- Mg/P Molverhältnis – 1,4 ... 3,0



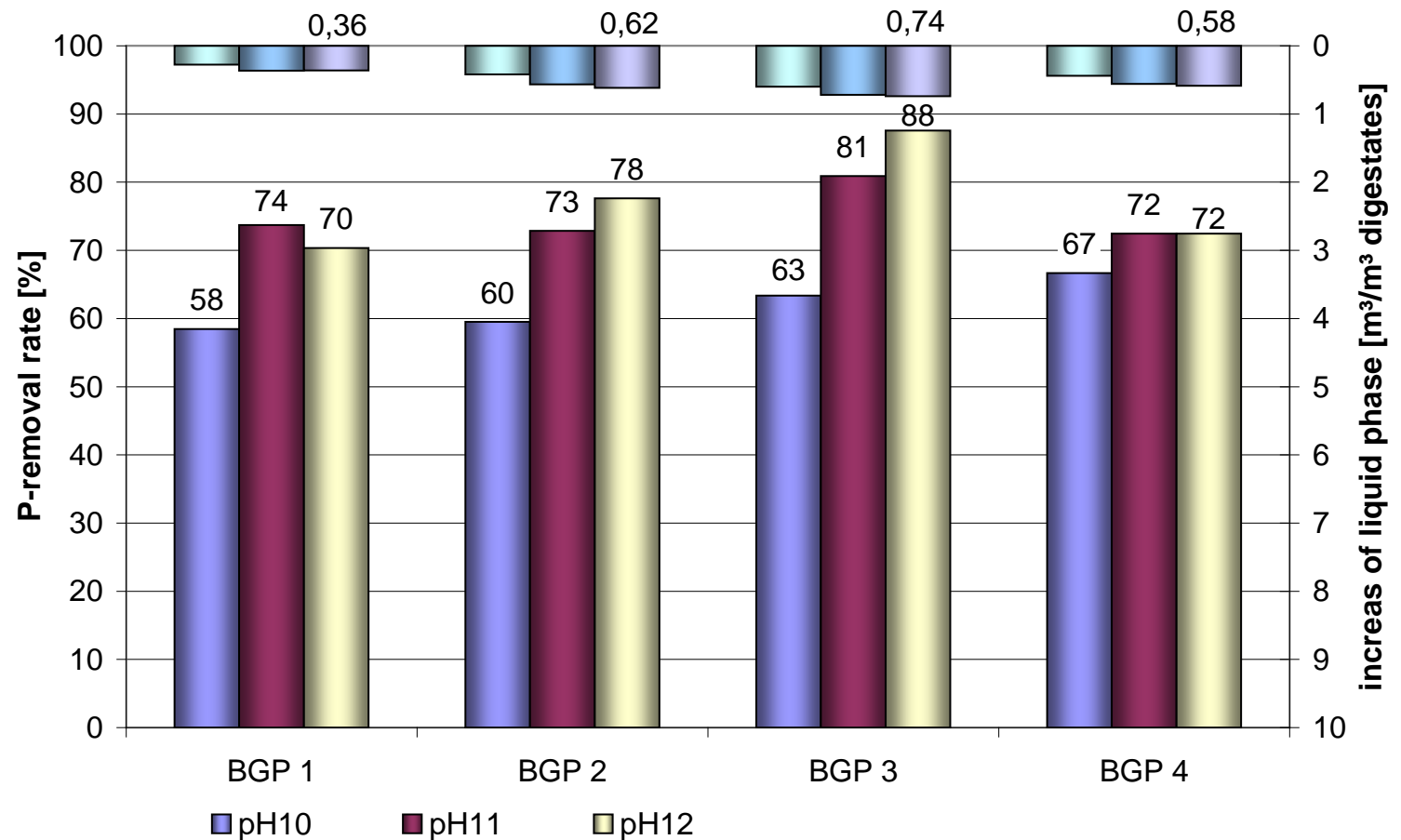
MAP-Fällung - Ergebnisse

- Vorbehandlung ohne Polymere
→ P-Entfernung max. 30%
- Zugabe kationischer Polymere verbessert P-Entfernung
- lange Kristallisationszeiten (24h ... 72h)
für hohe P-Entfernungsraten
- pH-Wert hat geringeren Einfluss bei langen Reaktionszeiten
- pH-Optimum ist gärrestspezifisch



Calcium-Phosphat-Fällung - Ergebnisse

- pH-Einstellung durch Kalkmilch (3%) bei 10, 11 und 12
- P-Entfernungsraten zwischen 72% and 88% bei pH 11,0
- weiterer pH-Anstieg hatte nur negative Effekte auf P-Entfernung
- Zugabe kationischer Polymere verbessert die zugehörige P-Entfernung bis auf 90%

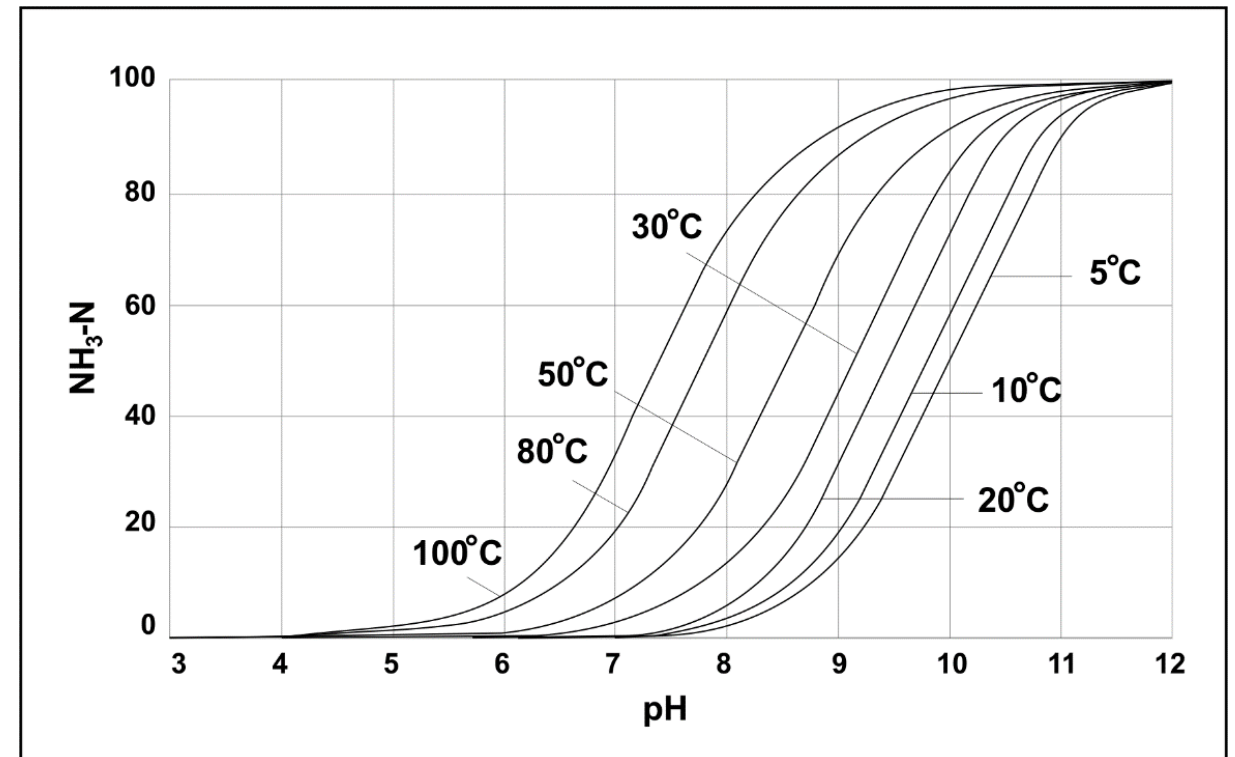
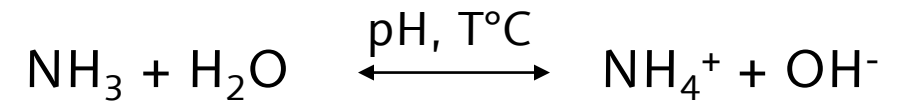
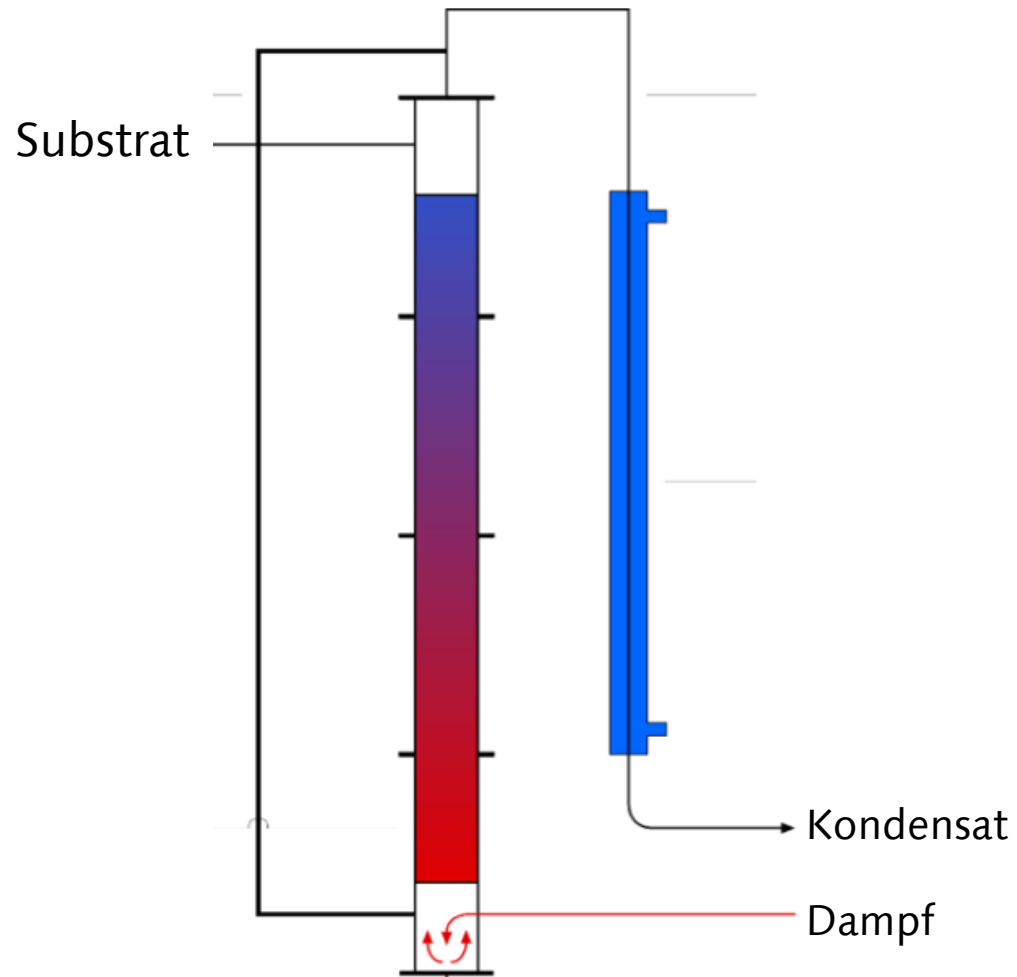


Calcium-Phosphat-Fällung - Ergebnisse

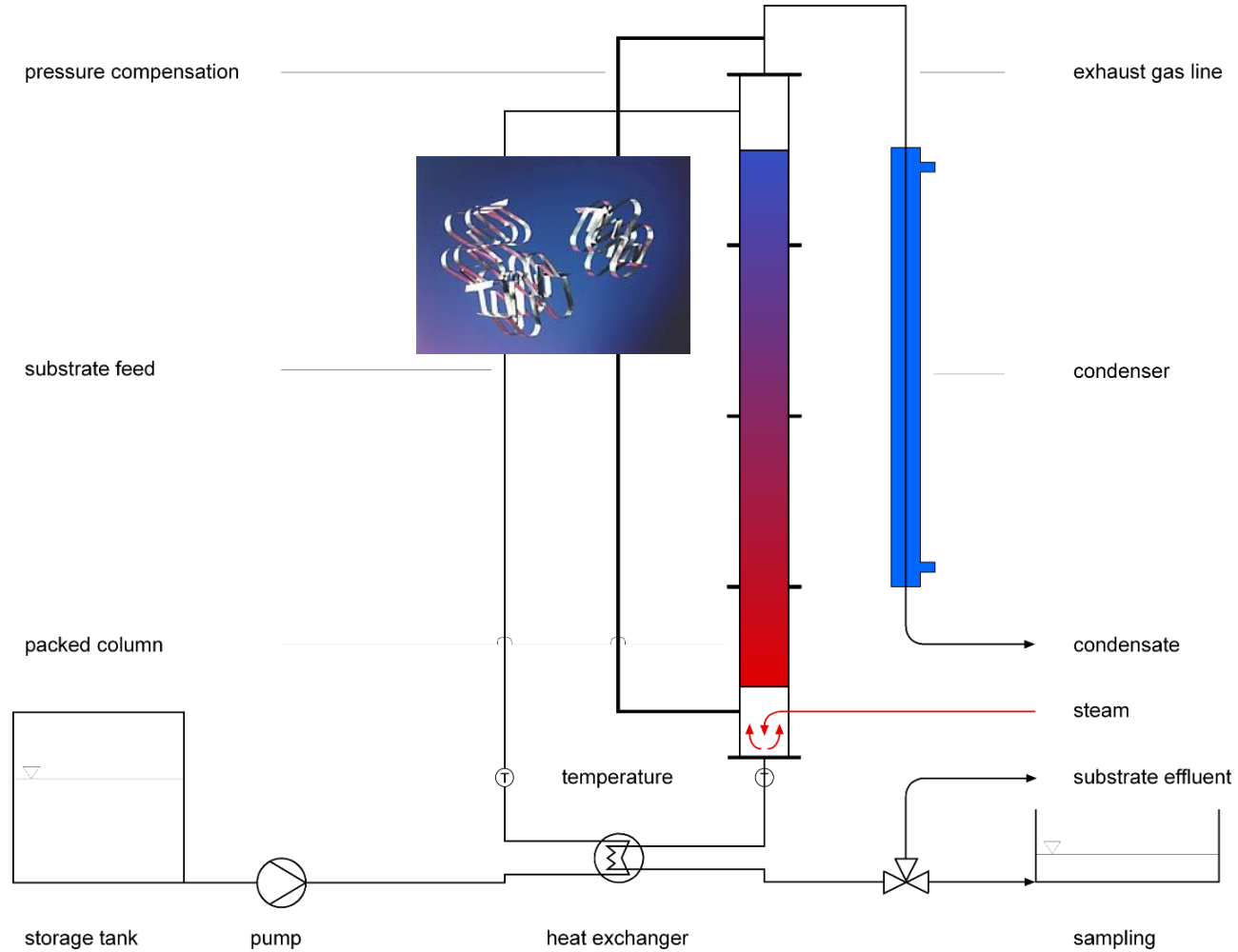
- Niederschlag besteht annähernd zu 100% aus CaCO_3
- P-Entfernung durch Sorption an Carbonatflocken oder durch Einschluss
- Hoher Verbrauch an Kalkmilch durch die Puffersysteme
 - zwischen 10 und 22 kg $\text{Ca}(\text{OH})_2$ pro m^3 Gärrest
 - Erhöhung der Flüssigphase von $0,36 \text{ m}^3/\text{m}^3$ bis zu $0,74 \text{ m}^3/\text{m}^3$



Ammoniakstrippung – Dissoziationsgleichgewicht



Ammoniakstrippung - Pilotanlage



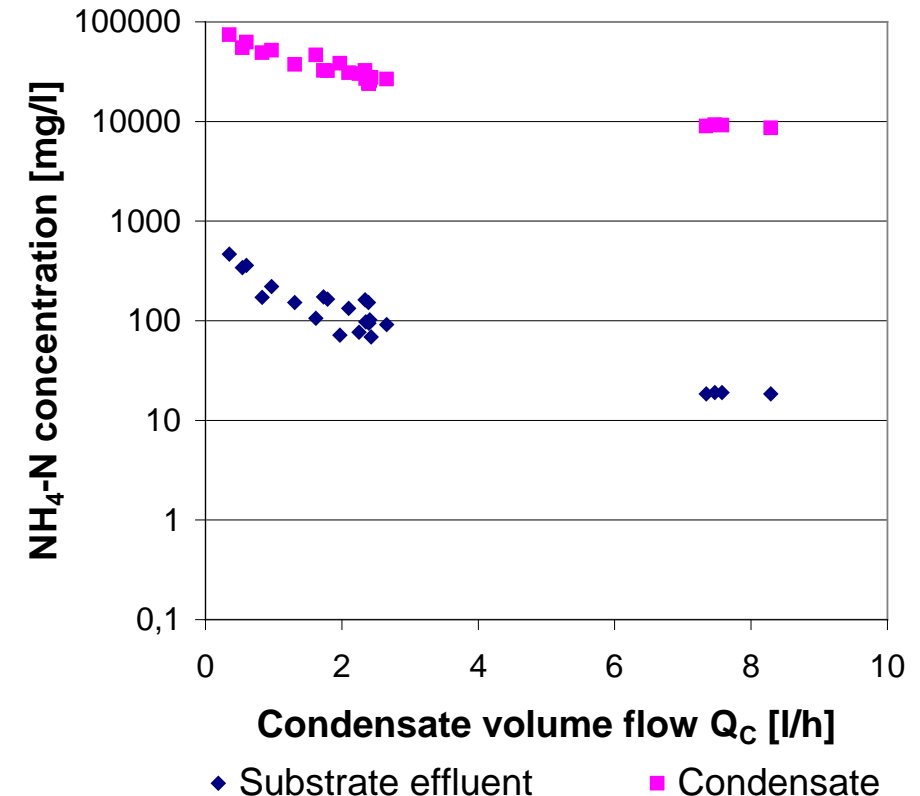
Ammoniak-Dampfstrippung – Ergebnisse

- Ammoniumkonzentration fiel von 1100 mg/l auf 68 -173 mg/l
- NH_3 -Eliminationsraten von mind. 62% und max. 92%
- Produkt: Ammoniakwasser mit ca. 3,3 Mass-% NH_4
- steigende Kondensatfließraten korrelieren mit abnehmenden Ammoniumkonzentrationen im Substratablauf

aber

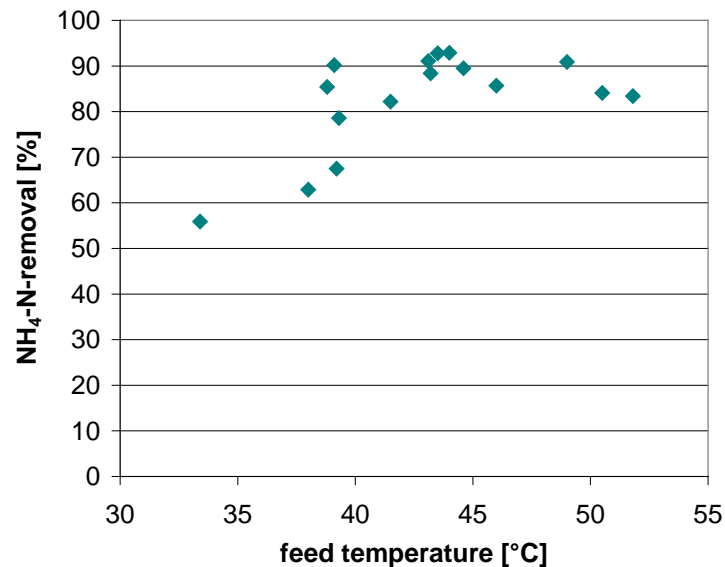
verursachen auch eine steigende Verdünnung des Ammoniakwassers

→ Verschlechterung der Produktqualität



Ammoniak-Dampfstrippung – Herausforderungen

- bessere Stickstoffentfernung mit steigender Temperatur
→ Vorerwärmung auf 42-45°C vorteilhaft
- Verstopfung des Füllmaterials durch Feststoffe
→ Optimierung der Feststoff-Flüssig-Trennung (Zentrifuge / Polymere/ Mikrofiltration)



Zusammenfassung

Calcium-Phosphat-Fällung

- P-Eliminationsraten von 72% and 88%
- hoher Kalkmilchverbrauch (10 ... 22 kg $\text{Ca}(\text{OH})_2$ /m³ Flüssigphase Gärrest)
- hoher Anstieg der Flüssigphase

MAP-Fällung / Flokkulation mit Polymeren

- P-Eliminationsraten von 34% ... 70%
- hoher Verbrauch an Polymeren zur Flockenbildung (0,7 ... 1,1 m³ Polymerlösung (0,1%) pro m³)
- Struvitformation gehemmt durch Kolloide und organische Chelatbildner

Ammoniakgewinnung durch Dampfstrippung

- NH_3 -Eliminationsraten von 62% und 92%
- keinen kontinuierlichen Betrieb erreicht

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt

Dr.-Ing. Thomas Haupt

Email: thomas.haupt@uni-weimar.de

Telefon: 03643 584650



Gefördert durch die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschung (AiF) 