



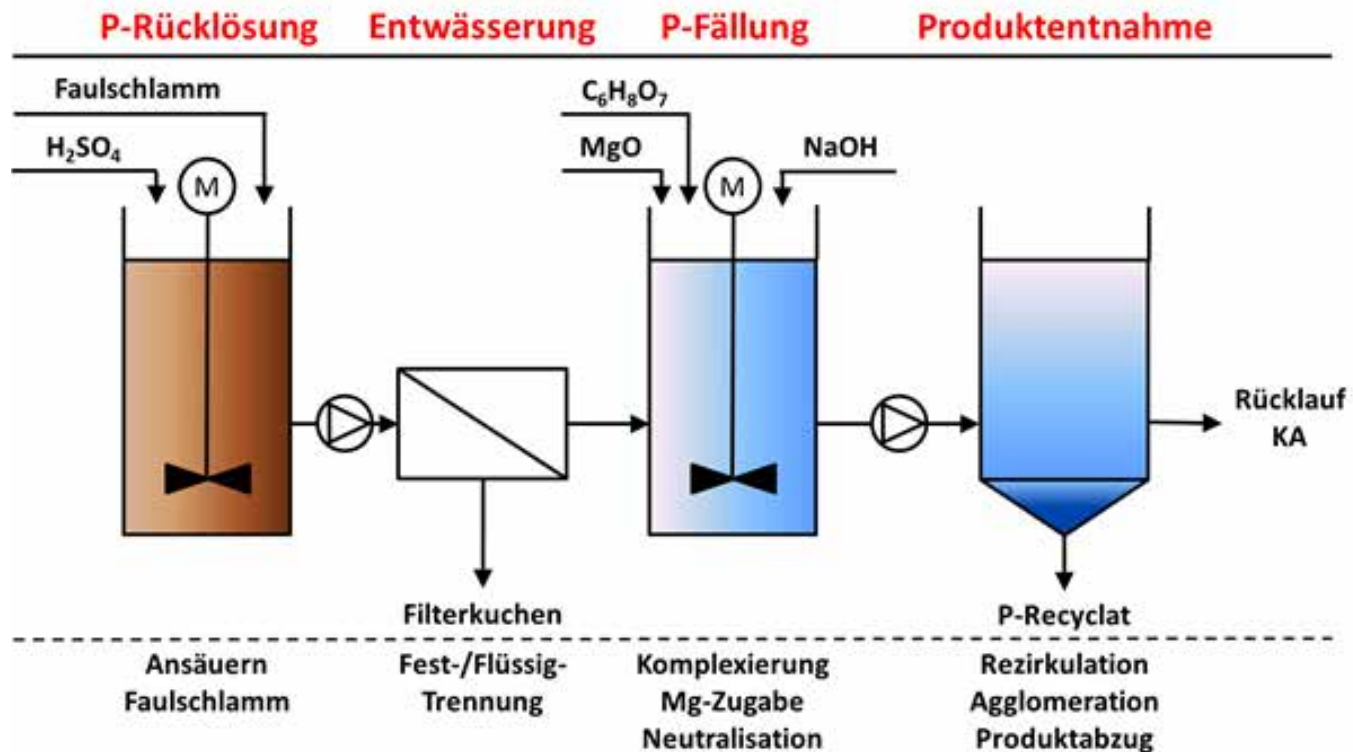
Pilotanlage Kläranlage Offenburg - Weiterentwicklung des Stuttgarter Verfahrens

Forschungsprojekt des Umweltministeriums
Baden-Württemberg





Grundprinzip des Stuttgarter Verfahrens





Optimierungsarbeiten 2012 - 2015

Betriebsjahr	P-Rücklösung	Polymer Aufbereitung	P-Fällung Medium	Produktentnahme Verfahrensweise	Produktentnahme Apparatur
2012	pH 4	25-l-Gebinde	Filtrat KFP	Entnahme mehrerer Chargen	Entwässerungscontainer
2013	pH 4 bis 5	25-l-Gebinde	Filtrat AB	Chargenweise	Filterkörbe
2014	pH 3 bis 5	IBC / Rührwerk	Permeat UF	Chargenweise	Halbtechnische Kammerfilterpresse
2015	pH 4	IBC / Rührwerk	Permeat UF	Chargenweise	Halbtechnische Kammerfilterpresse



Betriebsjahr 2012

Fragestellung:

- Produkt lässt sich schlecht entwässern
- Nährstoffzusammensetzung im Produkt entspricht nicht der von reinem MAP

Produkt aus Filtrat ohne Vorreinigung

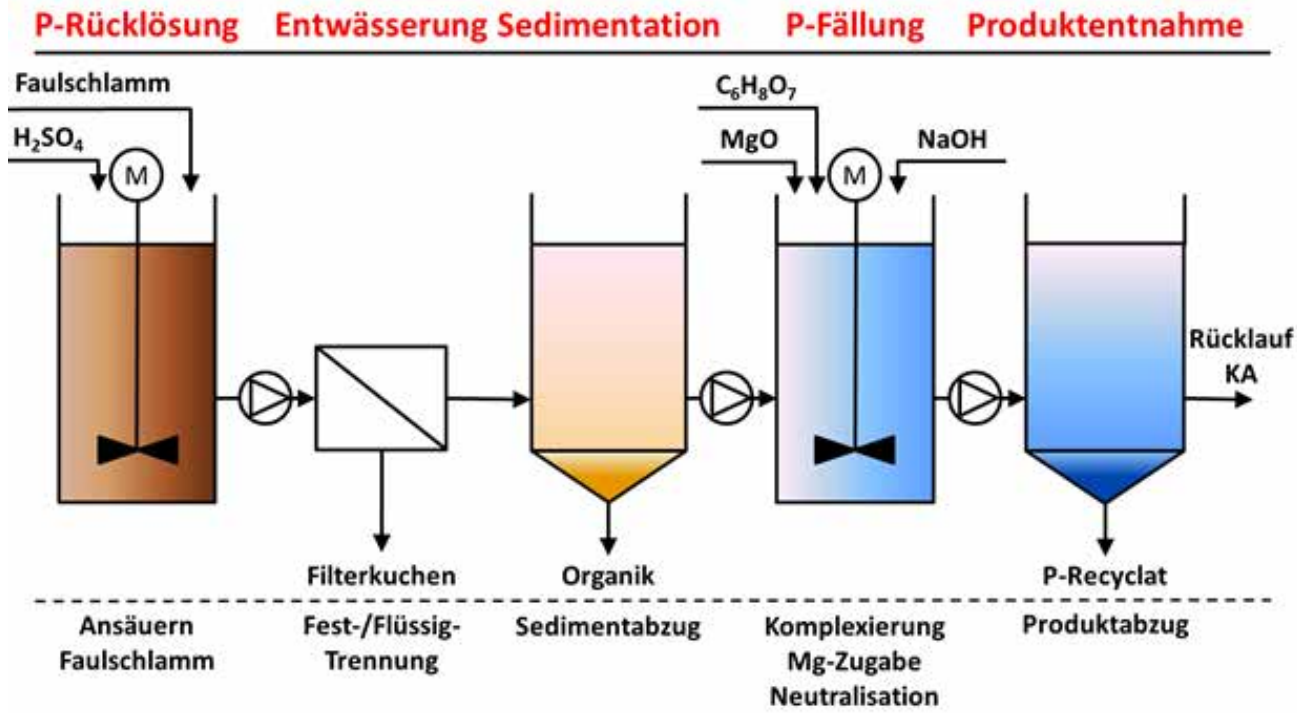
Datum	P _{ges}	TKN	TOC
	[%]	[%]	[%]
2012 (LfU Bayern)	8,6	1,9	6,3
reines MAP	12,3	5,7	

Arbeitsthese:

- Produkt enthält zu viel Restorganik
→ Filtrat_{KFP} weiter aufreinigen



Verfahrensmodifikation 2013





Betriebsjahr 2013

Ergebnis:

- Produkteigenschaft durch Vorreinigung mittels Sedimentation deutlich verbessert !

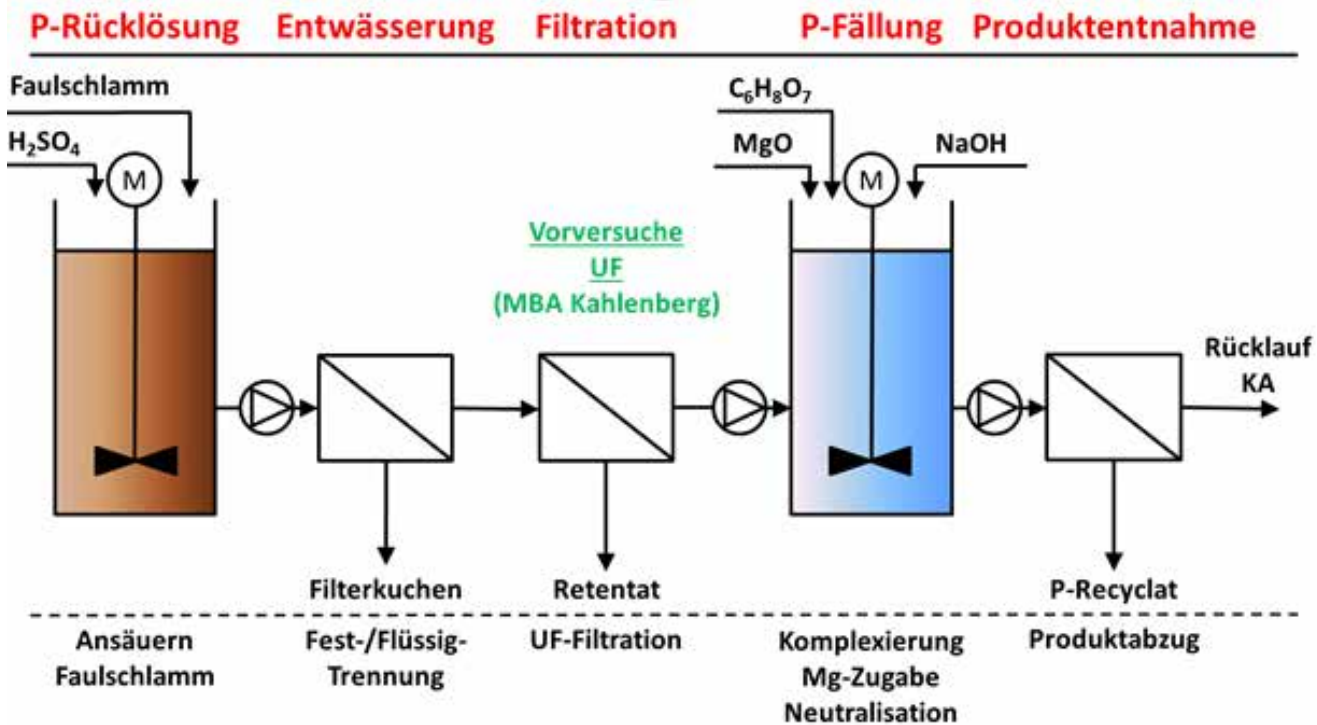
Produkt aus Filtrat nach Sedimentation (Überstand)

Datum	Pges	TKN	TOC
	[%]	[%]	[%]
11.11.2013	11	4,8	1,55
26.11.2013	9,3	4,3	3,46
04.12.2013	10,9	4,6	2,19
13.12.2013	11,7	5,2	0,93
13.12.2013	8,8	4,1	3,71
17.12.2013	12	5,4	0,56
Mittelwert	10,6	4,7	2,1
reines MAP	12,3	5,7	

Schlussfolgerung: ⇒ Reinigung möglichst noch verbessern → Ultrafiltration



Verfahrensmodifikation 2014 / 2015





Betriebsjahr 2014

Ergebnis:

- Produkt nach Ultrafiltration nahe reinem MAP

Produkt aus Filtrat nach Ultrafiltration (Permeat)

Datum	Pges	TKN	TOC
	[%]	[%]	[%]
23.10.2014	12,1	5	0,39
12.11.2014	12,1	5,1	0,51
17.11.2014	11,2	4,7	0,55
Mittelwert	11,8	4,9	0,48
reines MAP	12,3	5,7	

Schlußfolgerung:

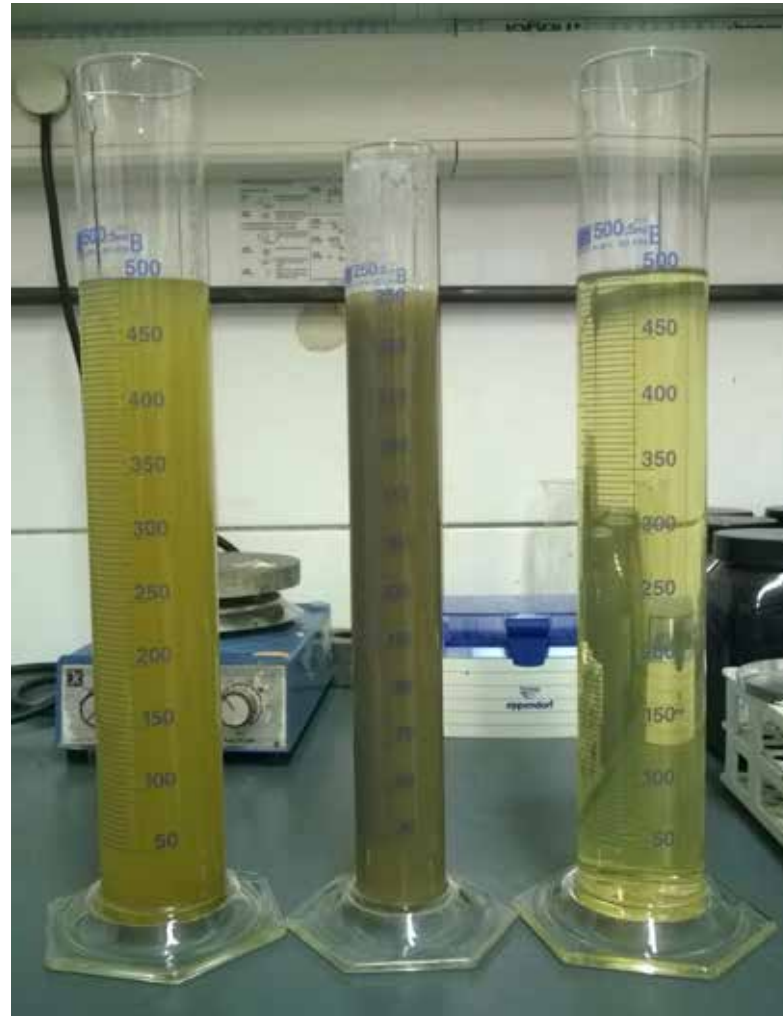
- Erweiterung des Stuttgarter Verfahrens um den Verfahrensschritt UF sinnvoll
- Bau einer UF auf der KA Offenburg



Weiterentwicklung des Stuttgarter Verfahrens



Filtrat nach Sedimentation (Überstand)



Filtrat nach Ultrafiltration (Permeat)



Verbesserte Produktqualität





Ultrafiltrationsanlage Kläranlage Offenburg





Betriebsprobleme UF Pilotanlage Offenburg

- „Verblockung“ der Membranen
- Geforderter Flux wird nicht erreicht
- Flux fällt nach Reinigung schnell wieder ab
- Verblockungen durch übliche Reinigungsmittel nicht dauerhaft zu beseitigen



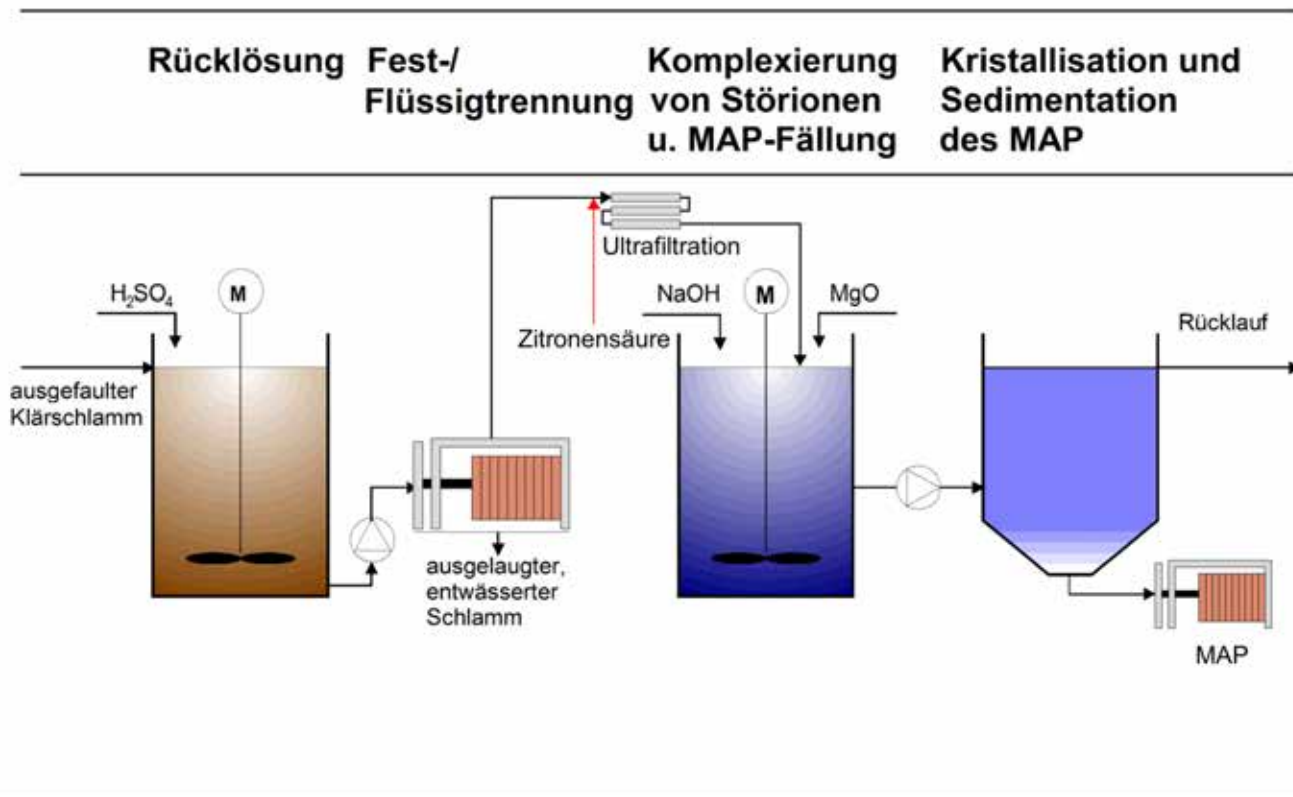
Verfahrenstechnische Lösung

- Nutzung der Zitronensäure zur Verhinderung der Verblockung
- Vorverlegen der Dosierstelle „Zitronensäure“



Weiterentwicklung des Stuttgarter Verfahrens

„Stuttgarter“ Verfahren +plus





Erweitertes Stuttgarter Verfahren

- 12 m³ FS/Charge
- Ultrafiltration des Filtrats
- Hydrolyse: pH 4 (3,5 - 4,5)
- Neutralisation: pH 8

Produktertrag			
		Mittelwert	Min - Max
kg P	pro m ³ FS	0,45	0,3 – 0,6
	pro Charge	5,4	3,6 – 7,2
kg P ₂ O ₅	pro m ³ FS	1,05	0,7 – 1,4
	pro Charge	12,6	8,4 – 16,8
kg MAP*6H ₂ O	pro m ³ FS	3,6	2,4 – 4,8
	pro Charge	43,2	28,8 – 57,6



Erweitertes Stuttgarter Verfahren

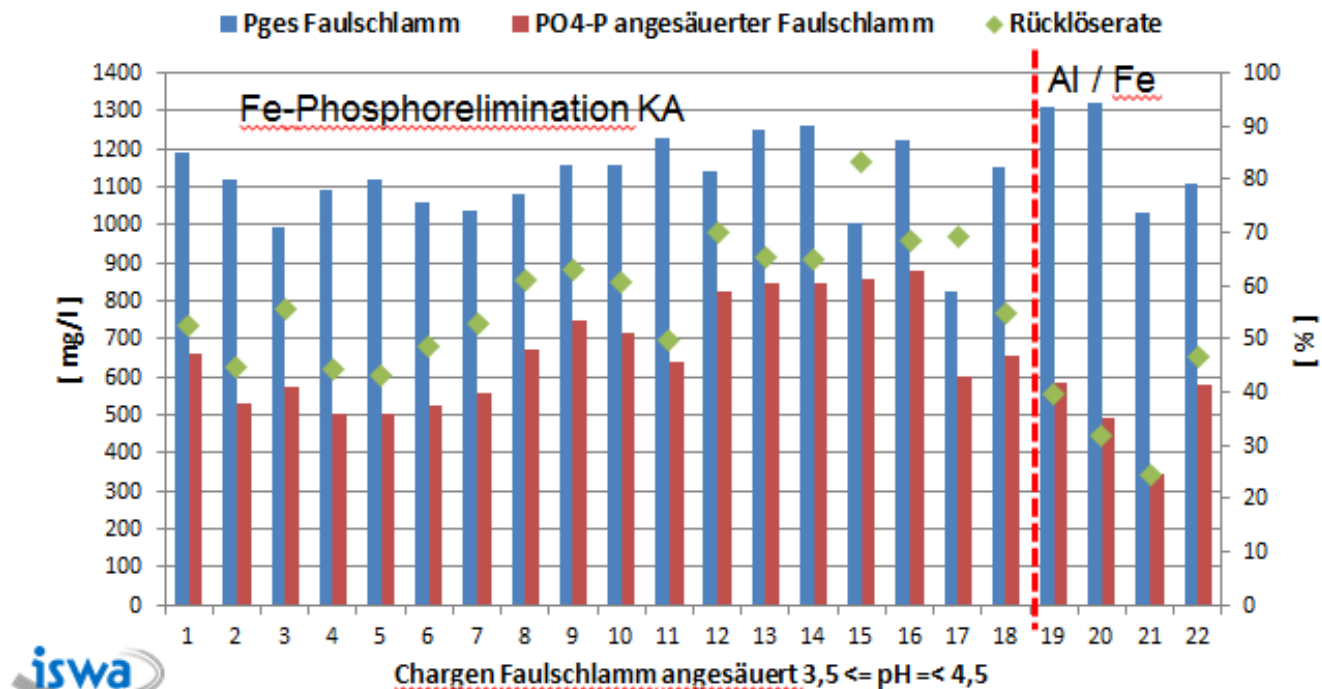
Chemikalienverbrauch MAP-Fällung*						
	Verbrauch			Kosten		
		Mittel	Min - Max		Mittel	Einkauf (€/l) (€/kg)
H₂SO₄ (78%)	l/m ³ FS	4,0		€/m ³ FS	0,8	0,20
	l/kg P	8,9		€/kg P	1,78	
Zitronensre. (50%)	l/m ³ FS	4,4		€/m ³ FS	3,3	0,75
	l/kg P	9,8		€/kg P	7,35	
MgO_{fest} (92%)	kg/m ³ FS	1,2	1,1–1,3	€/m ³ FS	1,16	0,97
	l/kg P	2,7		€/kg P	2,62	
NaOH (25%)	l/m ³ FS	5,8	3,2–8,4	€/m ³ FS	0,87	0,15
	l/kg P	12,9		€/kg P	1,94	
gesamt				€/m ³ FS	6,13	
				€/kg P	13,62	
				€/kg P ₂ O ₅	5,84	
				€/kg MAP Hydrat	1,7	
* Betriebsparameter: 12 m ³ FS/Charge – UF _{Filtrat} – Hydrolyse: pH 4 (3,5 - 4,5) – Neutralisation: pH 8						



Was kann das Stuttgarter Verfahren leisten?

1. Das Stuttgarter Verfahren ermöglicht eine hohe P-Rückgewinnungsrate aus Klärschlamm

Aussagekraft durch starke Schwankungen des Ausgangsproduktes „Klärschlamm“ erschwert (Beispiel: Rücklöserate)





Diskussion: Was kann das Stuttgarter Verfahren leisten?

1. Aussagen über die Rückgewinnung in Abhängigkeit vom pH

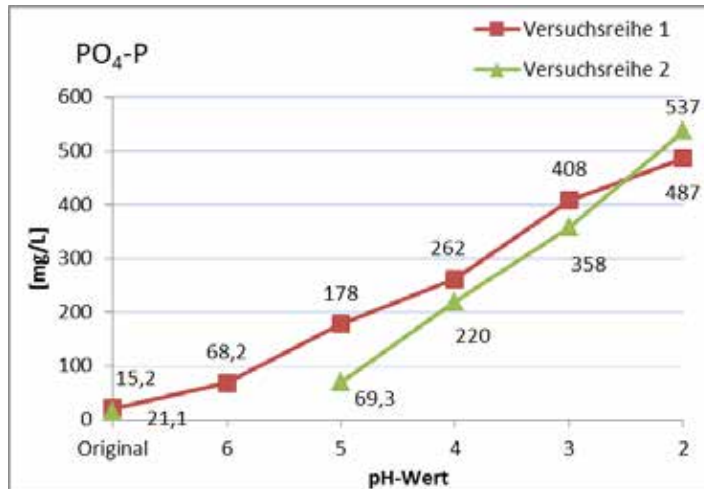
Ziel pH-Wert	pH im Faulschlamm	Rücklöserate	Rückgewinnungsrate
pH 5	pH > 4,5	28 - 55%	21 - 46%
pH 4	3,5 ≤ pH ≤ 4,5	24 - 70%	21 - 58%
pH 3	pH < 3,5	47 - 82%	33 - 67%



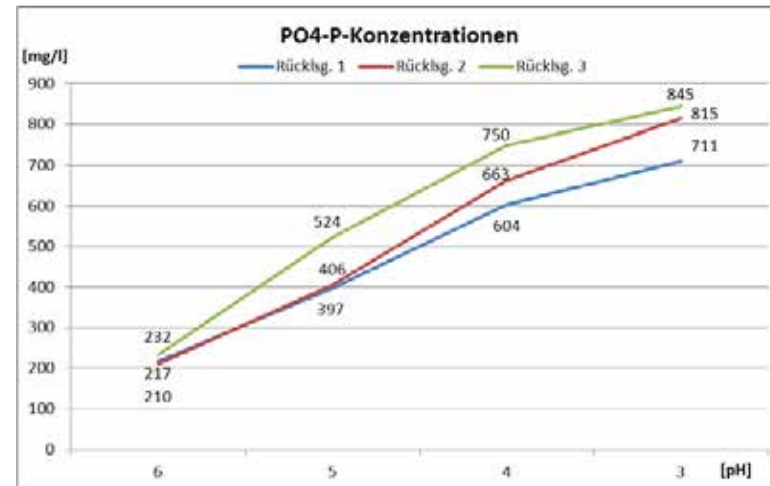
Diskussion: Was kann das Stuttgarter Verfahren leisten? 2. Übertragbarkeit?

→ Klärschlämme sind nicht gleich

KW Göppingen



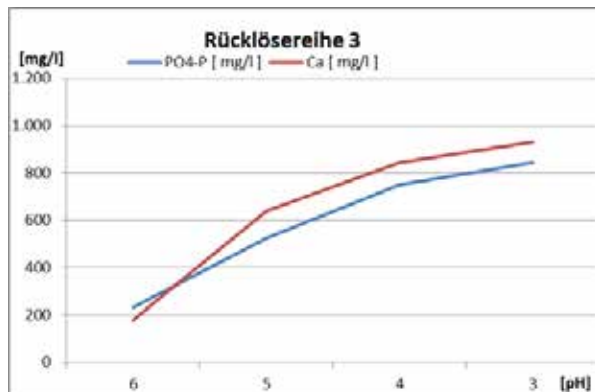
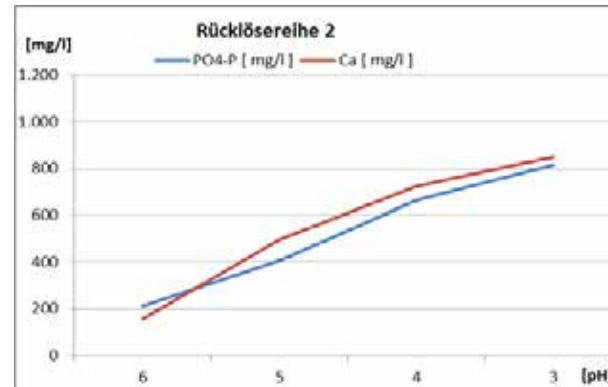
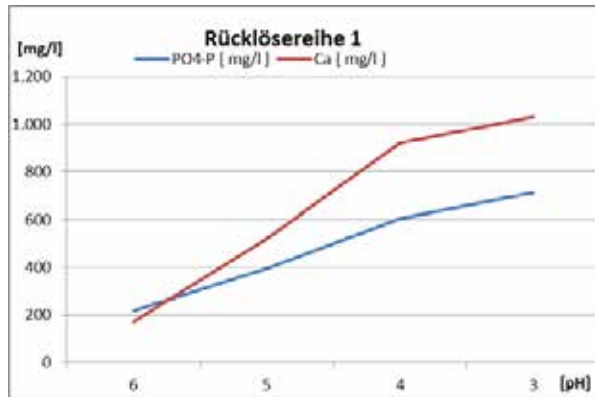
KA Offenburg





Diskussion: Was kann das Stuttgarter Verfahren leisten?

3. Neben Phosphat werden auch Ca und Metalle rückgelöst →
hoher Zitronensäure-Verbrauch !



**P-Rücklösung
und
P-Rückgewinnung
um jeden Preis?**



Diskussion: Wie gelingt der Einstieg in die landesweite Phosphorrückgewinnung?

Stuttgarter Verfahren im Pilotprojekt:

- Kompromiss unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten:
 - Rüchlösung bei pH 4
- Rückgewinnungsrate: 40% - 50%

Weiterführender Kompromiss für den Einstieg sinnvoll?

- Zunächst einfache Fällungsverfahren
- Milde Hydrolyse bei pH 6 oder 5



Mögliche Kennzeichnung des Produkts aus Offenburg nach Maßgabe der Anlage 2 DüMV

- **NP-Dünger mit Magnesium 5 + 27 (16)**
aus der Phosphatfällung mit Magnesiumoxid

5 % N Gesamtstickstoff

27 % P_2O_5 Phosphat

16 % MgO Magnesium als Magnesiumoxid

Hersteller: Abwasserzweckverband Raum Offenburg



Diskussion: Was ist mit der Anwendung /Vermarktung?

Stuttgarter Verfahren:

- Entfrachtung des Klärschlammes
- Düngerwirkung hervorragend
- Recyclingprodukt
- Zulassung als Düngemittel

Anwendung im ökologischen Landbau



Diskussion: Was ist mit der Anwendung /Vermarktung?

Anwendung im ökologischen Landbau

- keine Düngung mit aufgeschlossenen Düngern
- nur Wirtschaftsdünger
- bei viehlosen Betrieben ist die P-Versorgung des Bodens ertragsbestimmend
- Umfrage zum MAP-Einsatz in der Landwirtschaft



Diskussion: Was ist mit der Anwendung /Vermarktung?

Anwendung im ökologischen Landbau

Rang- stufe	Kriterium	Gewichtung [%]
	Rechtliche Zulassung*	
1	Schadstofffreiheit	27,3
2	Wirksamkeit wie natürlicher Dünger	17,6
3	Energieaufwand der Herstellung	13,5
4	Transparenz des Produktionsprozesses	10,9
5	Streufähigkeit mit gängigen Streuern	9,1
6	Preis	9,0
7	Positives Image in der Öffentlichkeit	8,1
8	Unterscheidung zu mineralischem Dünger	4,5

* nach EG-Öko-Verordnung und Bioland-Richtlinien



Weiterentwicklung des Stuttgarter Verfahrens



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit