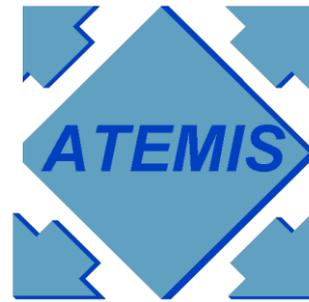


Das PASCH-Verfahren zur Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlammasche



RWTHAACHEN
UNIVERSITY

MEAB



Dipl.-Ing. Carsten Dittrich, MEAB

Projektleitung

- Institut für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen (**ISA**)

Projektpartner

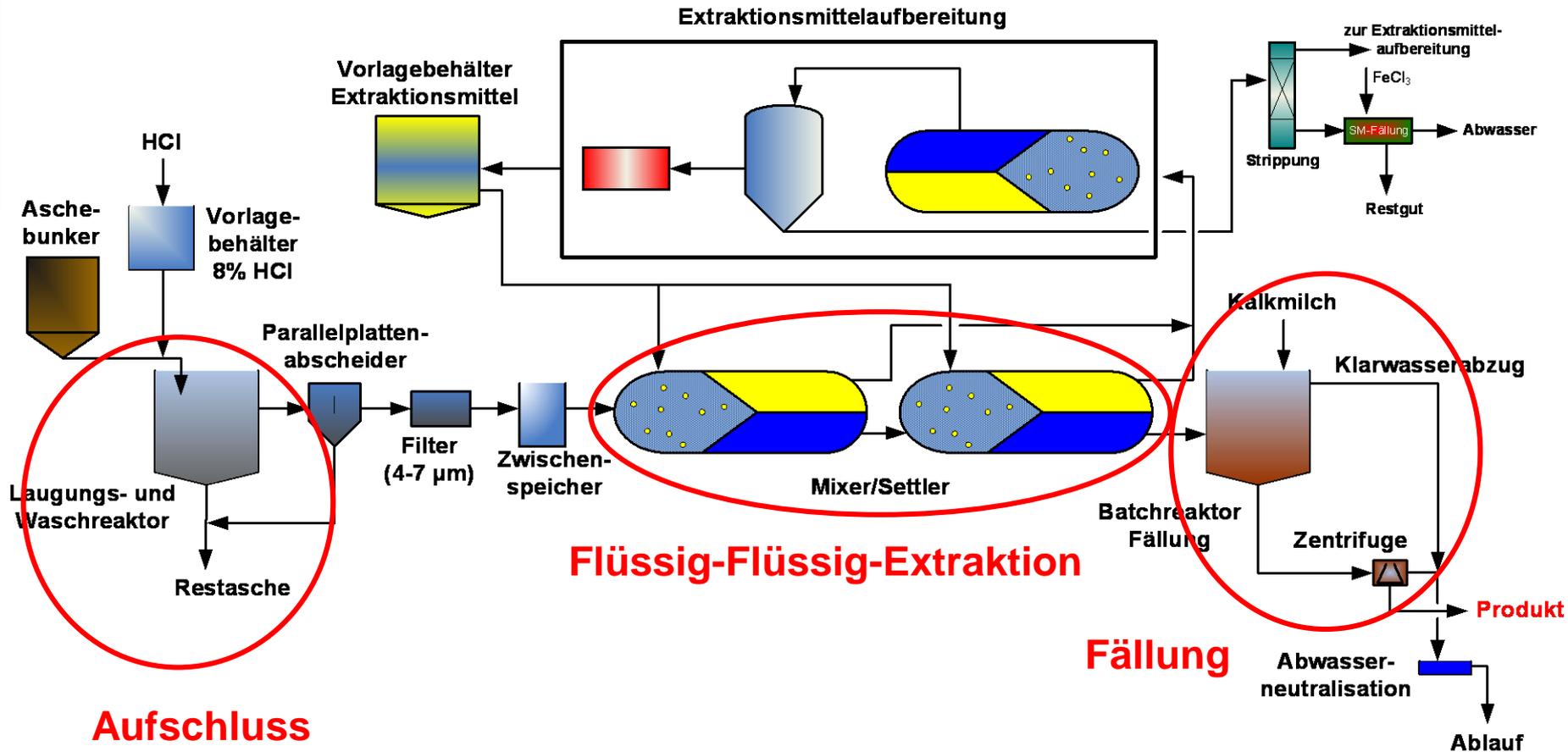
- Inst. F. Angewandte Polymerchemie (**IAP**) der FH Aachen/ MEAB
- **ATEMIS** Ingenieurgesellschaft mbH
- Lehr- und Forschungsgebiet für Kokereiwesen, Brikettierung und Thermische Abfallbehandlung der RWTH Aachen (**KoBrA**)
- Lehrstuhl für Thermische Verfahrenstechnik d. RWTH Aachen (**TVT**)
- Institut für Hygiene und Umweltmedizin d. RWTH Aachen (**IHU**)
- Lehr- und Forschungsgebiet Abfallwirtschaft d. RWTH Aachen (**LFA**)

Zusammensetzung der Asche

Parameter	Einheit	Gehalt
Phosphor	g/kg	55 - 96
Aluminium	g/kg	50 - 68
Calcium	g/kg	65 - 96
Eisen	g/kg	63 - 127
Magnesium	g/kg	10 - 14

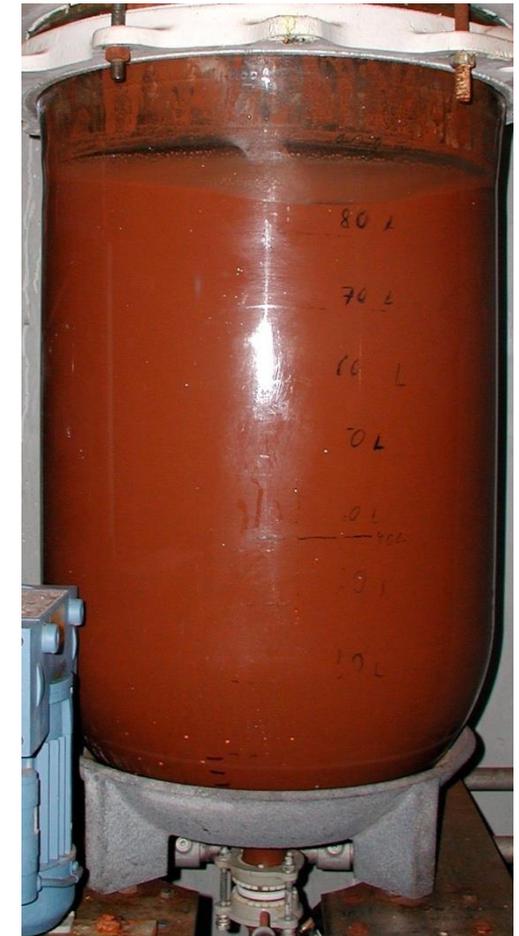


PASCH-Verfahren



Chemischer Aufschluss

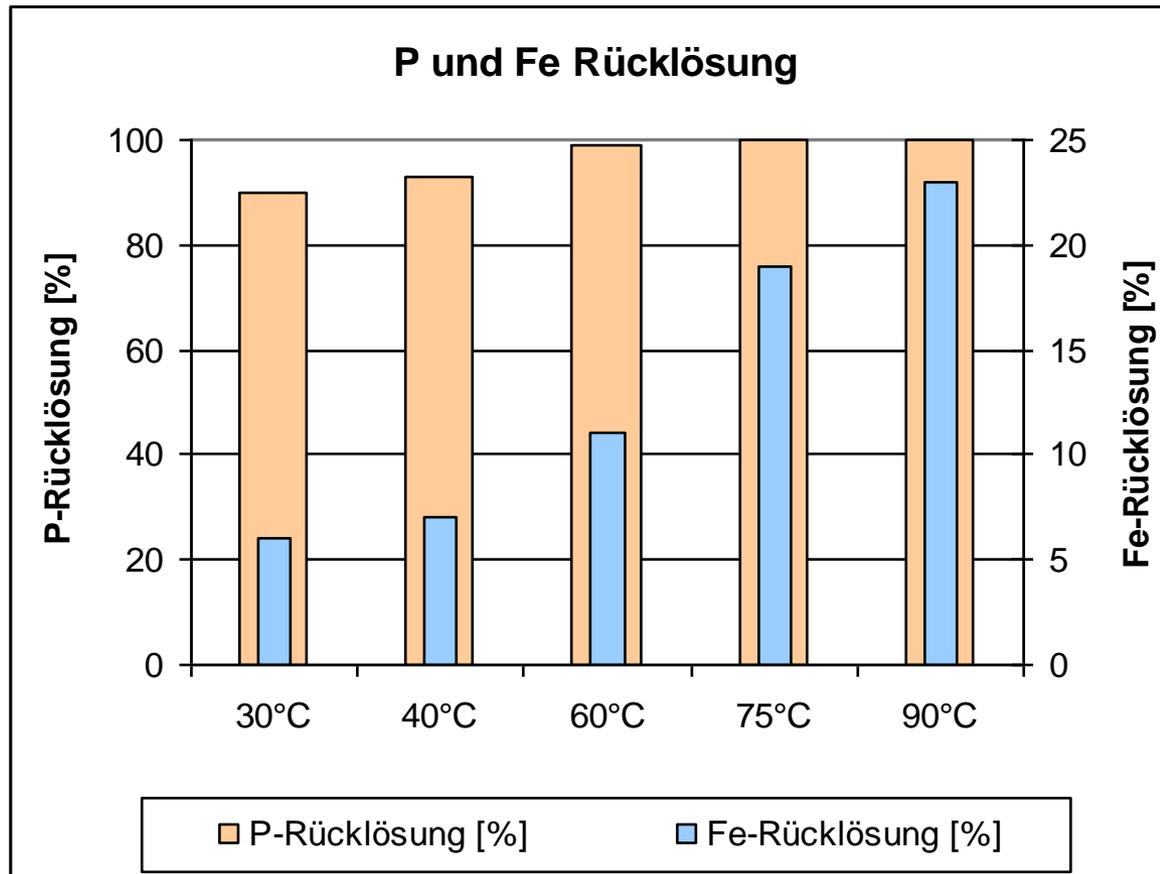
- ➔ NaOH → 30% P
- ➔ H₃PO₄ → 57% P
- ➔ H₂SO₄ → 92% P



- ➔ HCl → >94% P
 - ➔ 8% HCl
 - ➔ Reaktionszeit: 60 Minuten
 - ➔ leicht exothermer Prozess,
kein Erhitzen nötig

➔ **Phosphor, Eisen und weitere (Schwer-)Metalle gehen in Lösung**

Chemischer Aufschluss II



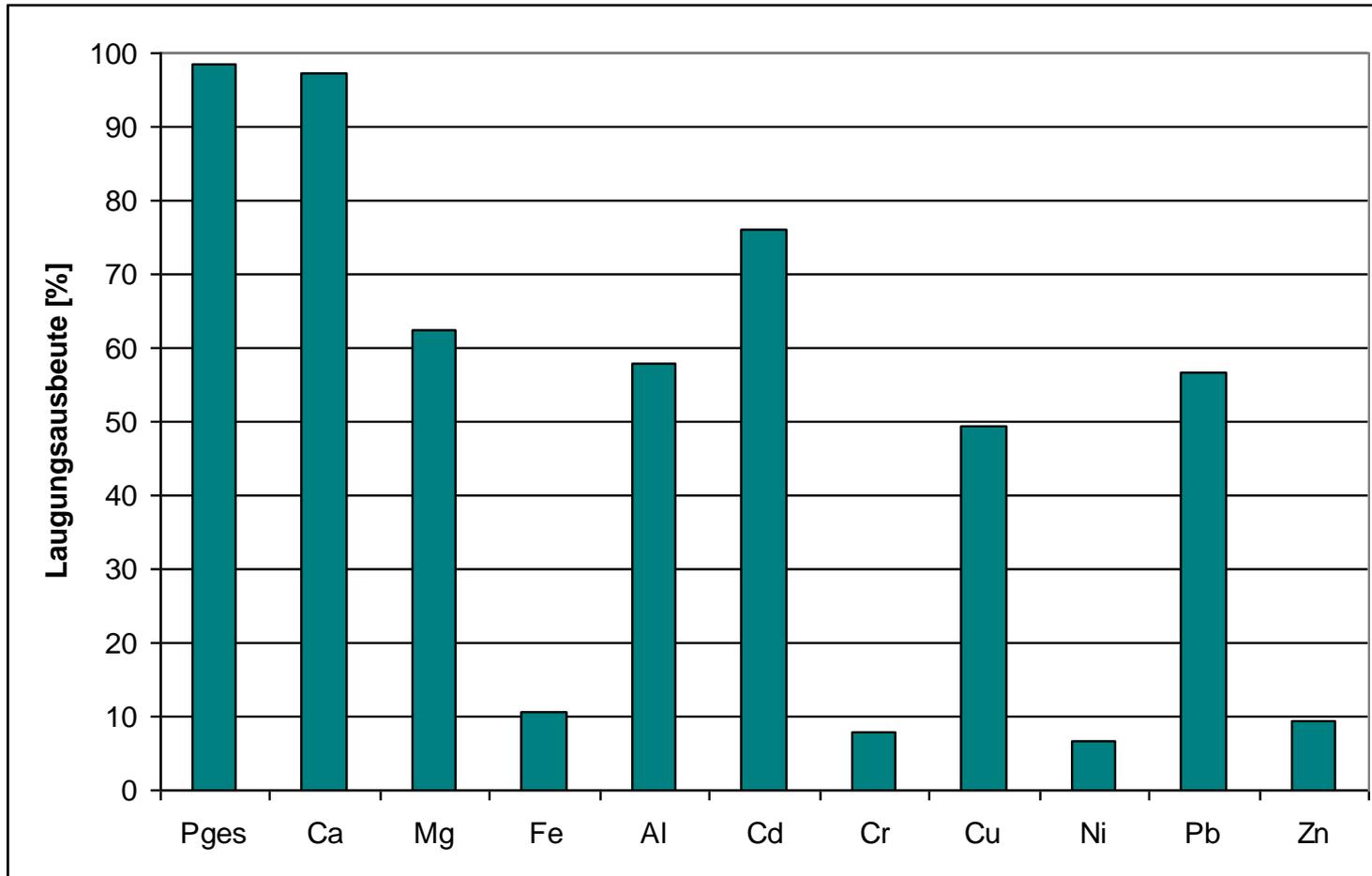
Einstellungen:

8% HCl

30 min Reaktionszeit

- ➔ P fast vollständig aufgeschlossen bei ca. 40°C
- ➔ Temperatur sollte nicht größer sein als 40°C, um Fe-Rücklösung gering zu halten

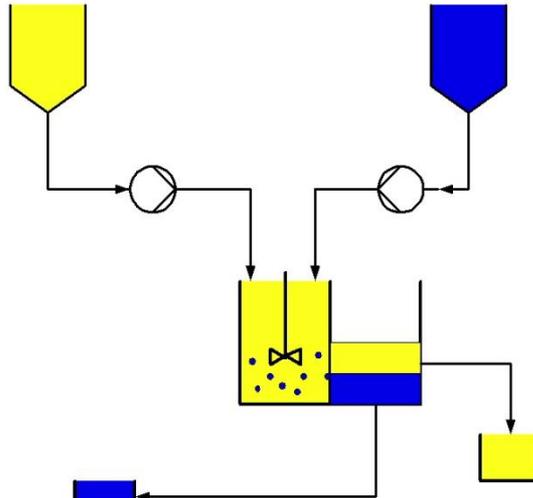
Chemischer Aufschluss III



- ➔ Aluminiumrücklösung unvermeidbar
- ➔ Eisen und Schwermetalle durch Solventextraktion abtrennbar

Prinzip der Flüssig-Flüssig-Extraktion

Extraktionsmittel



filtrierte Aufschlusslösung



Raffinatlösung
(phosphorhaltig)

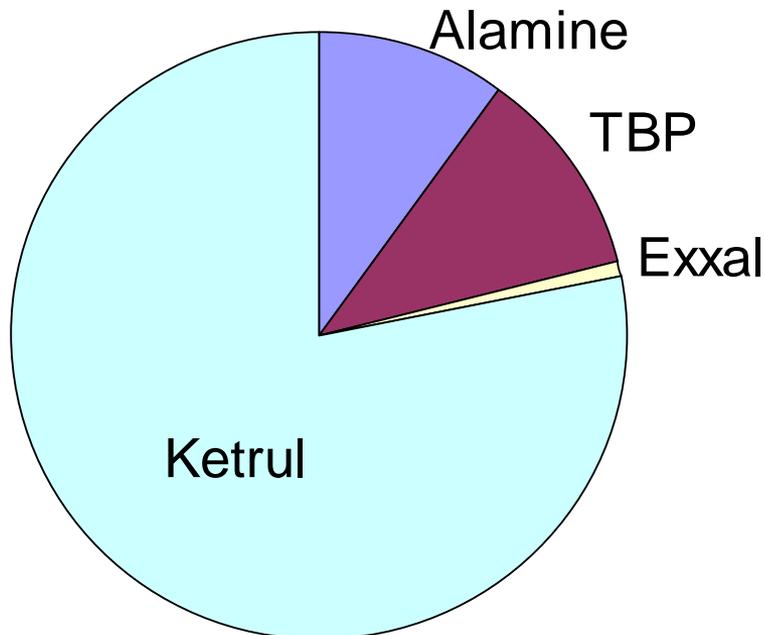
Extrakt (Organische Phase mit
Eisen, Schwermetallen)

- **kontinuierlich** betriebenes Stofftrennverfahren für wässrige Lösungen
- Stoffaustausch erfolgt innerhalb **kurzer Zeit**
- grundlegendes Prinzip: **unterschiedliche Löslichkeit** eines oder mehrerer Stoffe in zwei nicht vermischbaren Flüssigkeiten mit Dichteunterschied
- die hier abzutrennenden **Metalle** reichern sich in der **organischen Phase** (Extraktionsmittel) an

Flüssig-Flüssig-Extraktion von Fe und SM

- Extraktion: Abtrennung von Eisen, Blei, Cadmium, Kupfer und Zink
- Regenerierung und Wäsche: Abtrennung von mitextrahiertem Phosphat aus der beladenen organischen Phase des Extraktionsreagenzes
- Reextraktion: Abtrennung von Eisen, Blei, Cadmium, Kupfer und Zink aus der beladenen organischen Phase

→ Einsatz verschiedener Extraktionsmittelmischungen



- Tri-(C8C10)-alkylamin (Alamine[®] 336)
- Tri-n-butyl-phosphat (TBP)
- Lösungsvermittler: Isodekanol (Exxal N 10)
- Lösungsmittel: Kerosin (Ketrul D 80)

Extraktionsausrüstung

Solventextraktion (kontinuierlich), mehrstufig, 5 – 7 Minuten, o:w=1:1
Mixer-Settler im Labor und Technikum

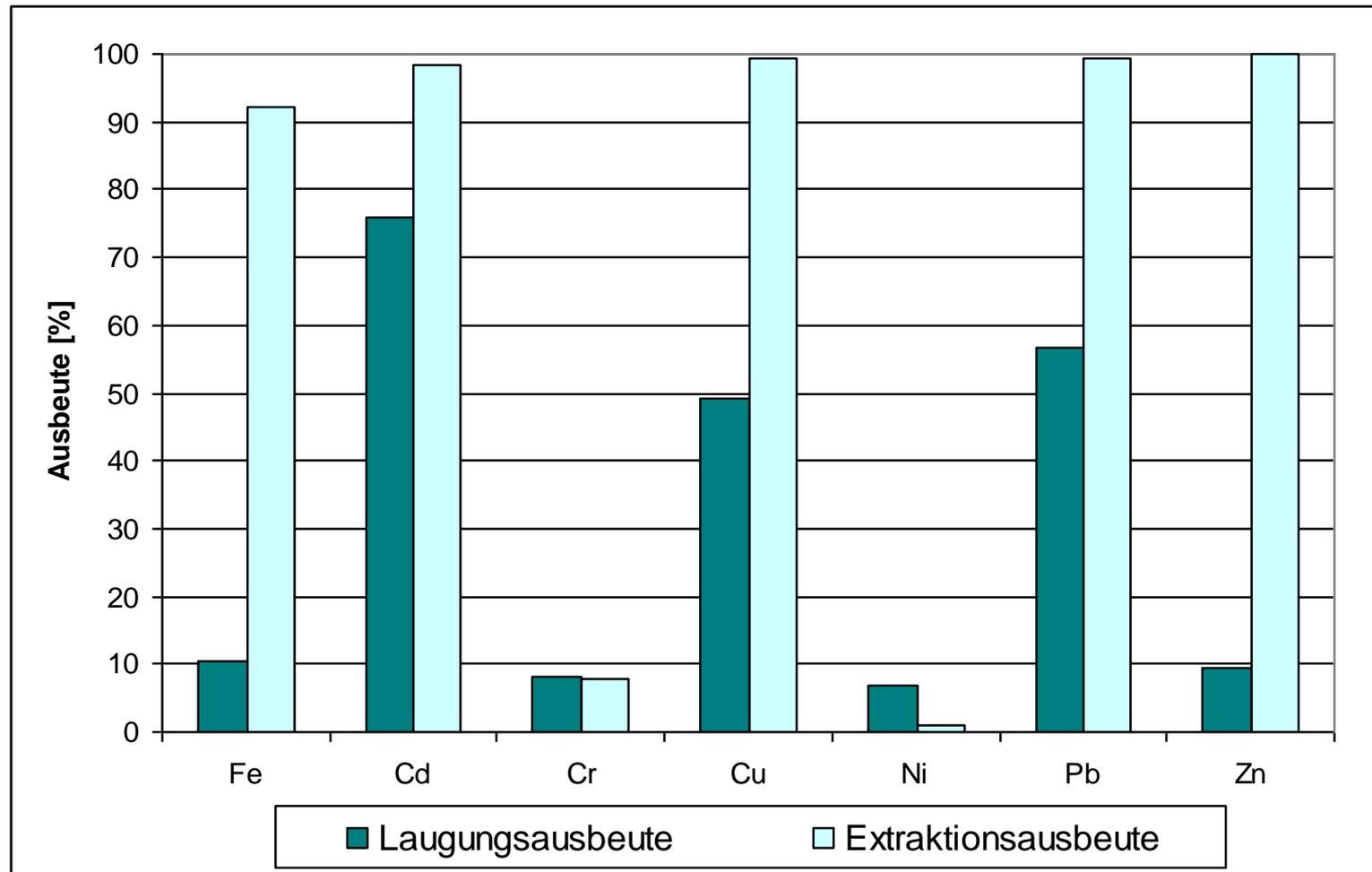


Mixer



Settler mit Einbauten

Abreicherung nach zweistufiger Extraktion



Phosphor verbleibt zu >99% im Raffinat

Fällung mit Calciumhydroxid

Fällung als abschließender Schritt zur Phosphorrückgewinnung

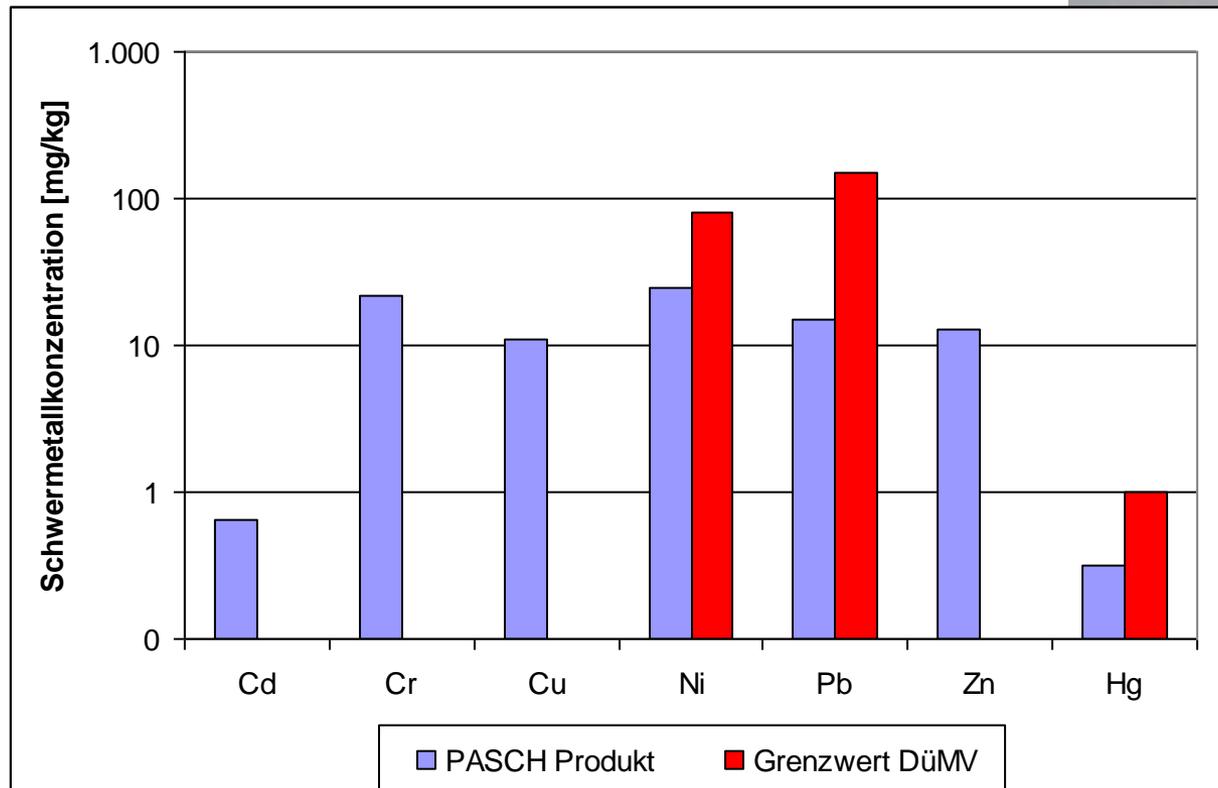
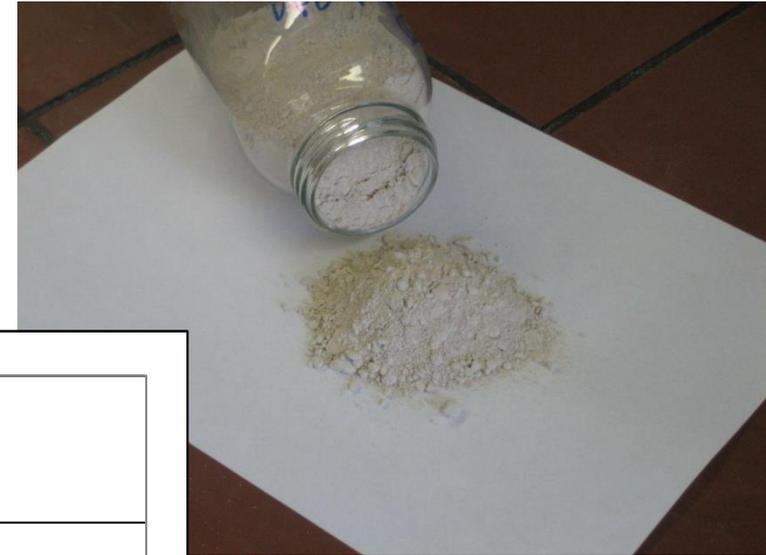
- Zugabe von $\text{Ca}(\text{OH})_2$
- pH-Anhebung auf 3,5 bis 4,5
 - Reaktionszeit: 15 Minuten
- Ausfällung von Calciumphosphat (mit Aluminiumanteil)
 - >10% P-Konzentration
 - etwa 20% Ca-Konzentration
- Bei hohen Al-Konzentrationen in Asche/Raffinat: Zwischenfällung bei pH 2



Produktqualität

→ Schwermetallgehalte

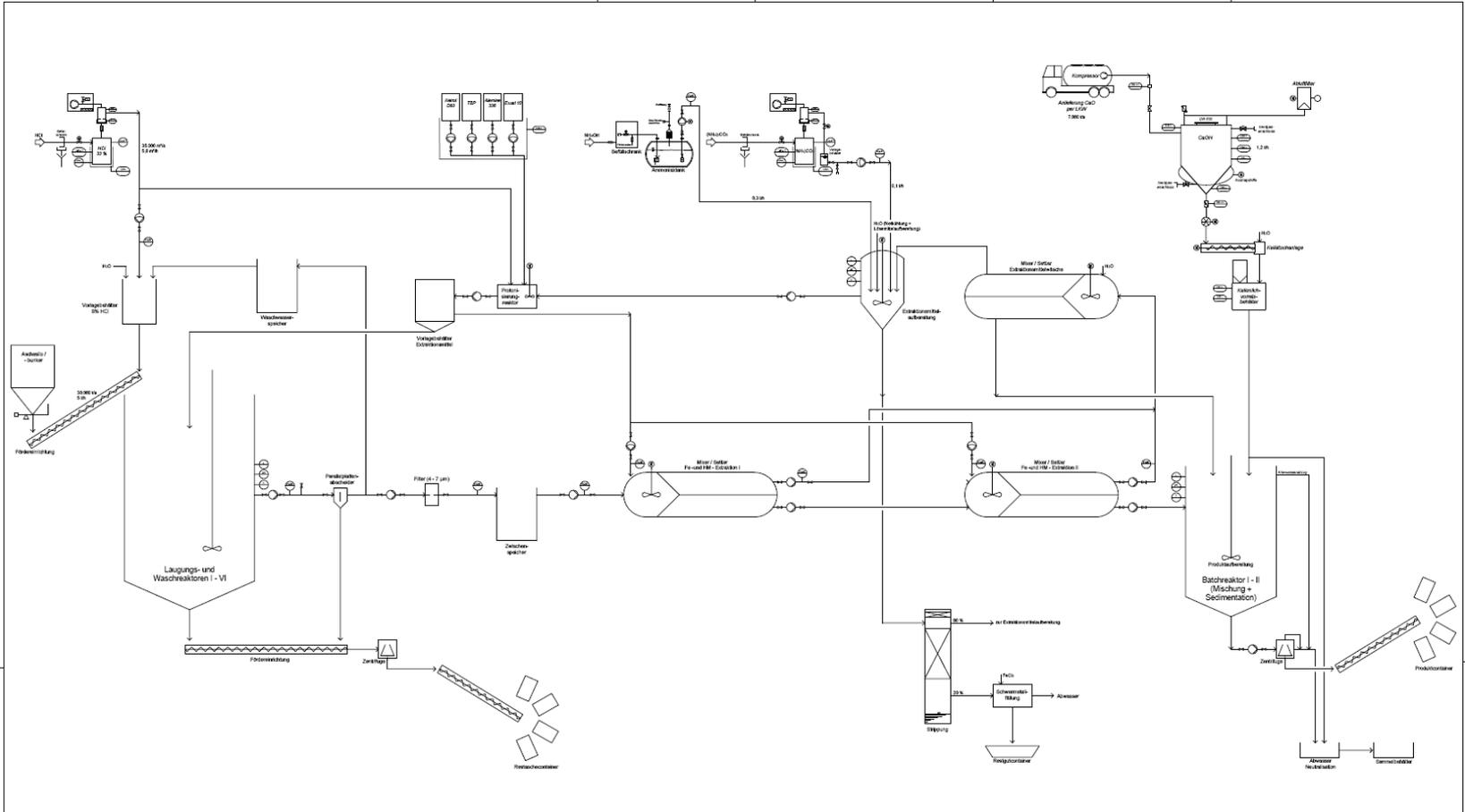
5 – 30% des Grenzwertes der DüMV
($2,6 < 50$ mg Cd/kg P_2O_5 , kein Cr^{VI})



Kosten

- ➔ Anlagendurchsatz: 20.000 Mg Asche/a (\approx 3 Mio. E)
- ➔ Rückgewinnbarer Phosphor: 1.624 Mg P/a
- ➔ Investitionskosten: **3,4 Mio. €**
- ➔ Betriebskosten: **4,3 Mio. €/a**
 - ➔ Kapitaldienst
 - ➔ Energie
 - ➔ Chemikalien
 - ➔ Personal
- ➔ **Spezifische Kosten**
 - ➔ **2,6 €/kg P**
 - ➔ **1,4 €/(E*a)**

PASCH – Verfahrensfließbild



ATEMIS GmbH

Rev.	Datum	Änderung	Rev.
01.01.18	01.01.18	Erstentwurf	01
02.01.18	02.01.18	Änderung	02
03.01.18	03.01.18	Änderung	03
04.01.18	04.01.18	Änderung	04
05.01.18	05.01.18	Änderung	05

BMBF / PASCH

Laugung / Extraktion zur P-Rückgewinnung

Verfahrensfließbild

Rev.	Datum	Änderung	Rev.
01.01.18	01.01.18	Erstentwurf	01
02.01.18	02.01.18	Änderung	02
03.01.18	03.01.18	Änderung	03
04.01.18	04.01.18	Änderung	04
05.01.18	05.01.18	Änderung	05

Bezeichnung	Säureverdünnung	Laugungs- und Waschreaktoren (SER)	Wasserspeicher	Zwischenspeicher	Mixer/Setler Extraktion I	Mixer/Setler Extraktion II	M/S Waschung Extraktionsmittel	Extraktionsmittel-aufbereitung	Produkt-aufbereitung	Bezeichnung	Zentrifugen Restasche	Zentrifugen Produkt	
Anzahl	-	2	6	1	1	2	2	2	2	Anzahl	-	2	1
Baugröße je Einheit	m³	10	15	20	15	9	9	9	15	Baugröße je Einheit	KW	75	37
gesamt		20	90	20	15	18	18	15	30	gesamt		150	37
Durchsatz	m³/h	24	26	18	26	73	73	73	26	Durchsatz	th	4	2.5

Zusammenfassung

- ➔ Das PASCH-Verfahren erlaubt die Rückgewinnung von 90% des Phosphors bezogen auf die Klärschlammmasche.
- ➔ Das Produkt enthält nur geringe anorganische Verunreinigungen (eigene Untersuchungen sowie Fraunhofer IME).
- ➔ Organische Schadstoffe werden bereits während der Klärschlammverbrennung zerstört.
- ➔ Das Produkt weist eine gute Pflanzenverfügbarkeit auf (Uni Gießen).
- ➔ Ökobilanzielle Betrachtung weist Vorteile gegenüber den Referenzszenarien (Mit-Verbrennung, Landwirtschaft) auf (IFEU Institut).
- ➔ Kostensenkungspotential im Pilotbetrieb ist vorhanden.