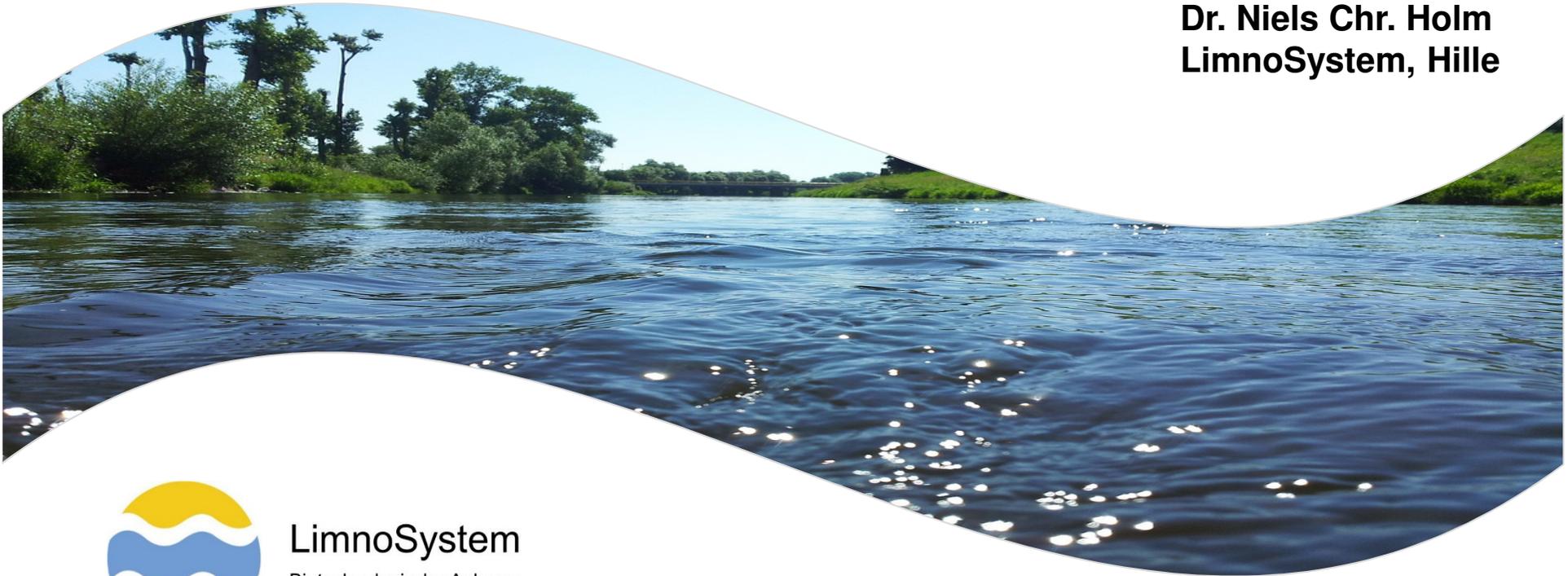


Algenmodule in Kombination mit Klär- und Biogasanlagen

Dr. Niels Chr. Holm
LimnoSystem, Hille



LimnoSystem
Biotechnologische Anlagen

Es ist doch nur Gas

Über die Prozesse in den Biogasbehältern

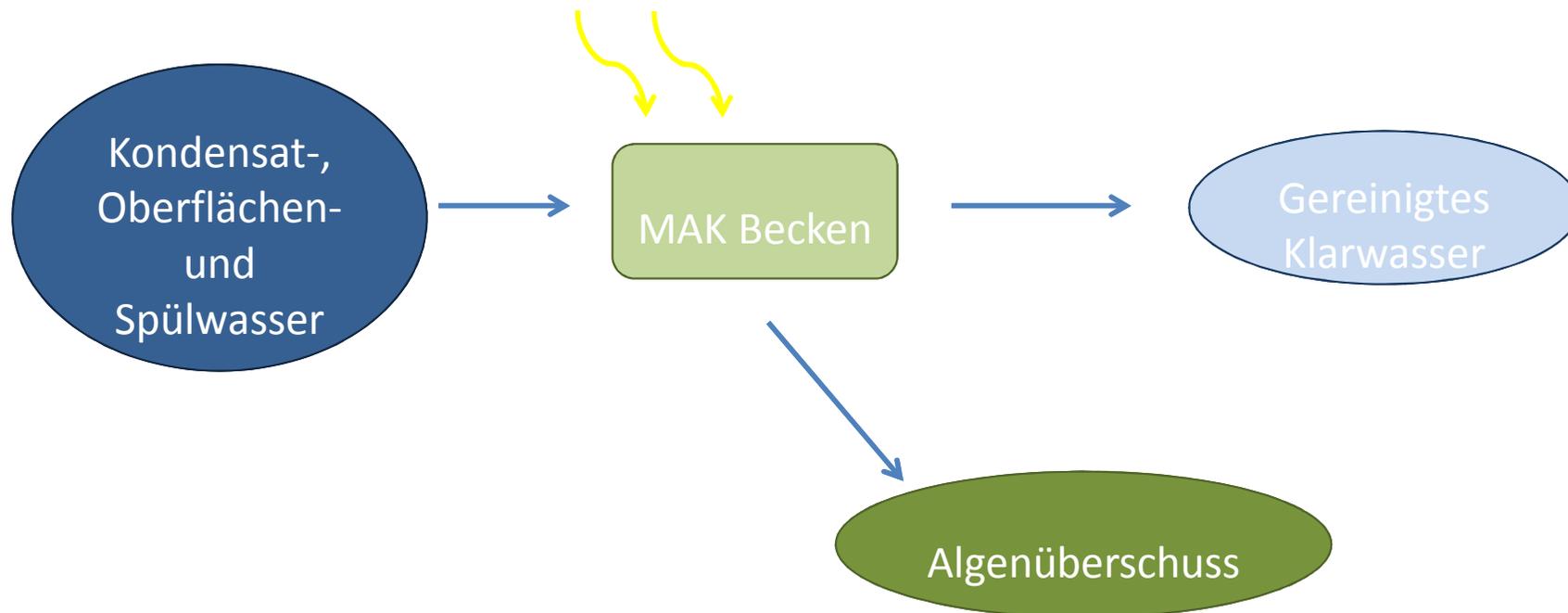


Funktionsprinzip der Algenanlage

Massenalgenkultur (MAK): Pilotversuche mit Photobioreaktoren

Verfahren: Reinigung des Kondensat-, Oberflächen- und Spülwassers durch leicht zu erntende Algenmischkulturen

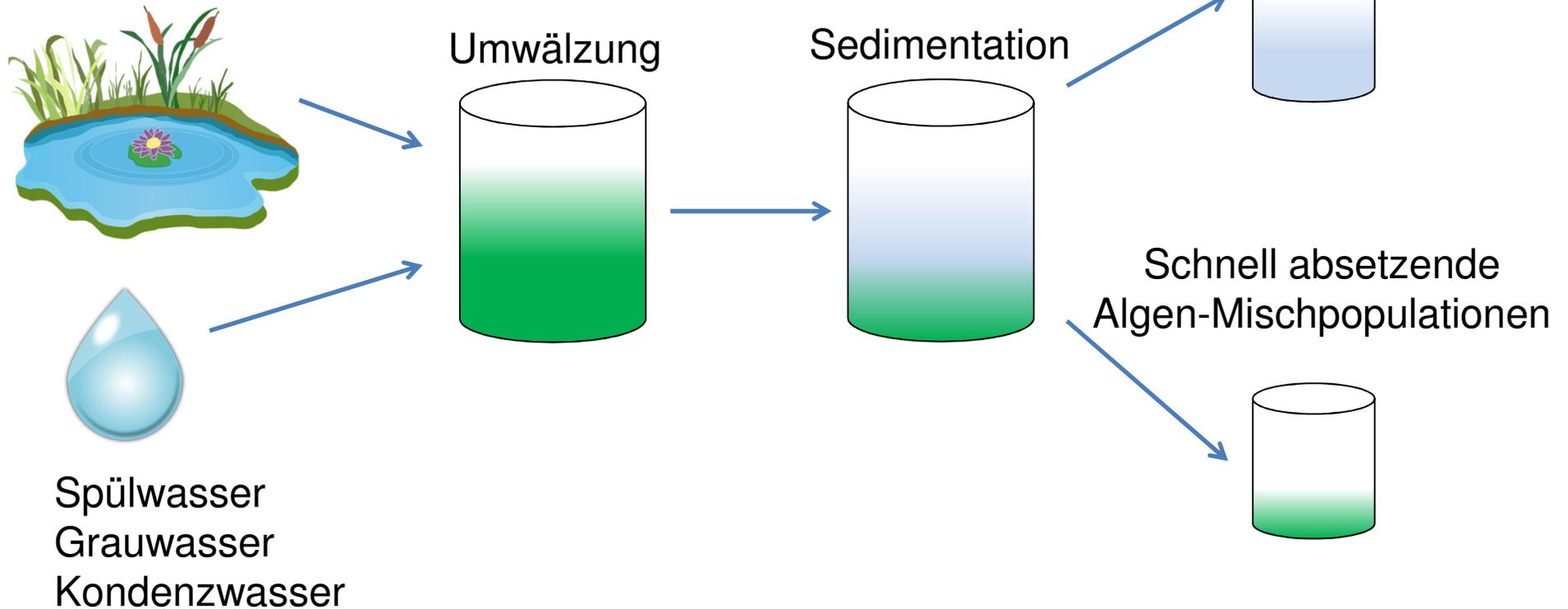
→ Nährstoffrückgewinnung, Überschuss als zusätzliches Substrat für Faulung



Kultivierung von Algenmassekulturen

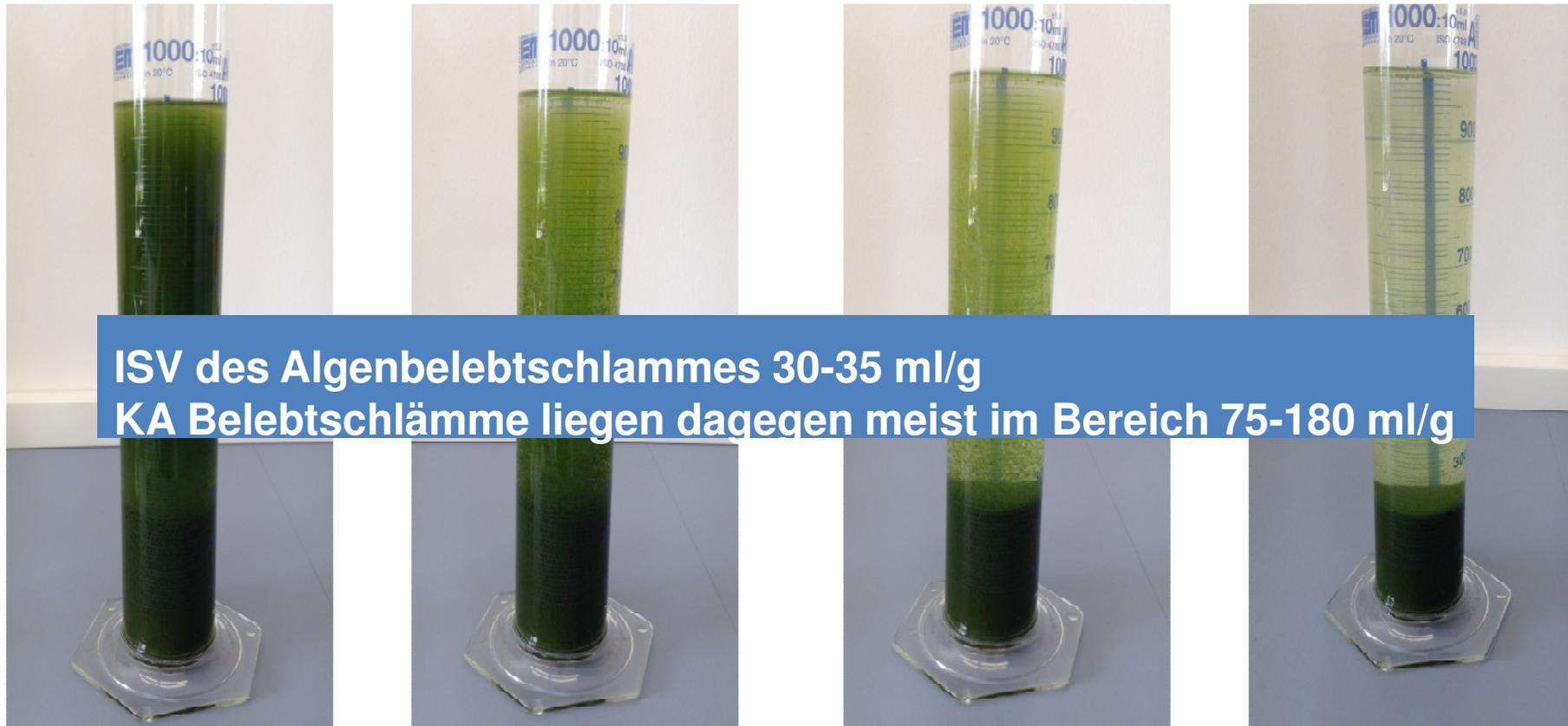
Selektionsphase ca. 3 – 4 Monate durch tägliche Dekantierung der Überstände und damit Elimination der nicht schnell absetzenden Algen

Algen aus natürlichen Quellen



Schlammindexbestimmung Algenbelebtschlamm

ÜS-Select bei Algenbelebtschlamm:
Weiterkultivierung der am schnellsten absetzbaren Fraktionen, Verwerfen der Überstände



**ISV des Algenbelebtschlammes 30-35 ml/g
KA Belebtschlämme liegen dagegen meist im Bereich 75-180 ml/g**

Vollständig gerührt

Nach 30 sek Sedimentationszeit

Nach 60 sek Sedimentationszeit

Nach 5 min Sedimentationszeit

Produktionsanlage für Mikroalgen

- Pilotanlage
- Selektion von Algen
- Ernte von Algen

Technische Daten:

- Vol. Röhren: 107 L
- Vol. Rezirkulationstank: 240 L
- Vol. Absetzbehälter: 562 L
- Länge Röhren: 38 m
- Material: PVC
- Durchsatzrate: 4 m³/h
- Fließgeschwindigkeit: 0.1 – 0.4 m/s



PBR: Experimente

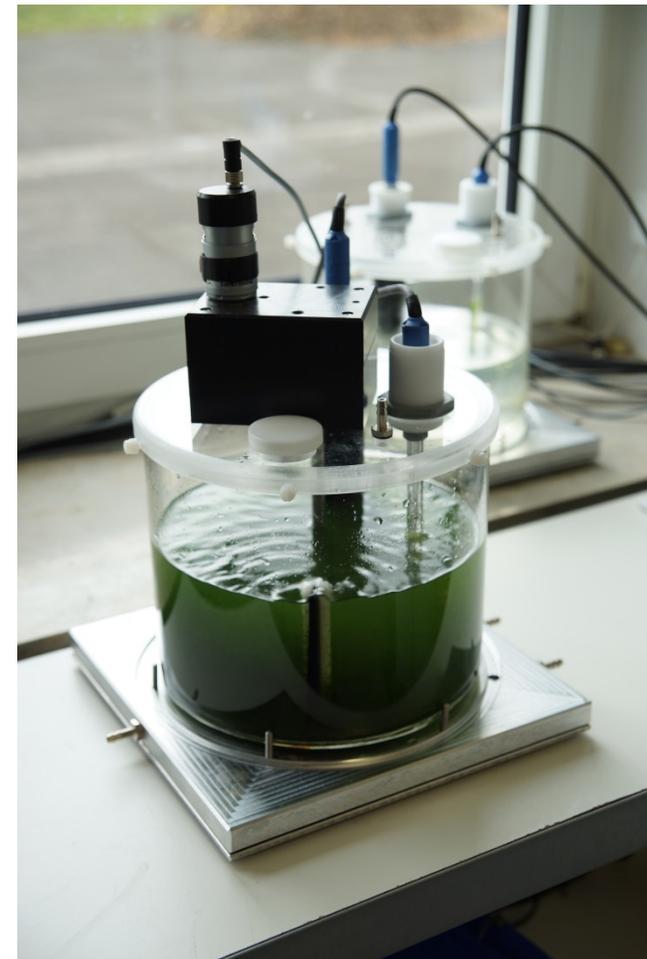
Zufuhr von Nährstoffen: Tägliche Zufuhr von "Grauwasser"

Grauwasser: Spezielle Abwassermischung mit N + P wie im Grauwasser

Grundlage für die Experimente um alle relevanten Faktoren der Reinigung zu ermitteln:

Bilanzen: Wachstum und Nährstoffaufnahmen
Optimaler TS-Gehalt in Abhängigkeit der Lichtintensitäten

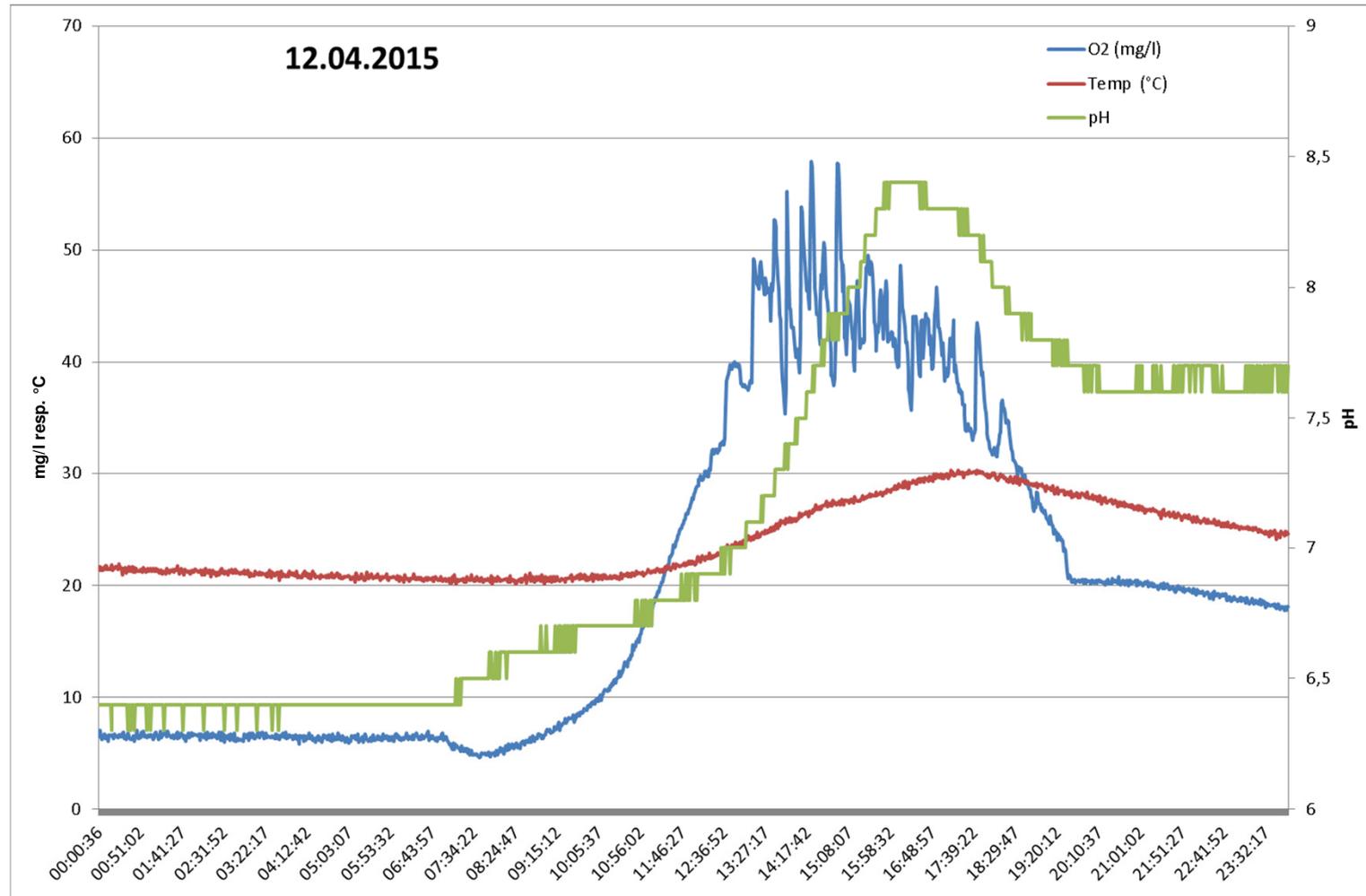
Jahreszeitliche Einflüsse



Produktionsverlauf über 24 Stunden

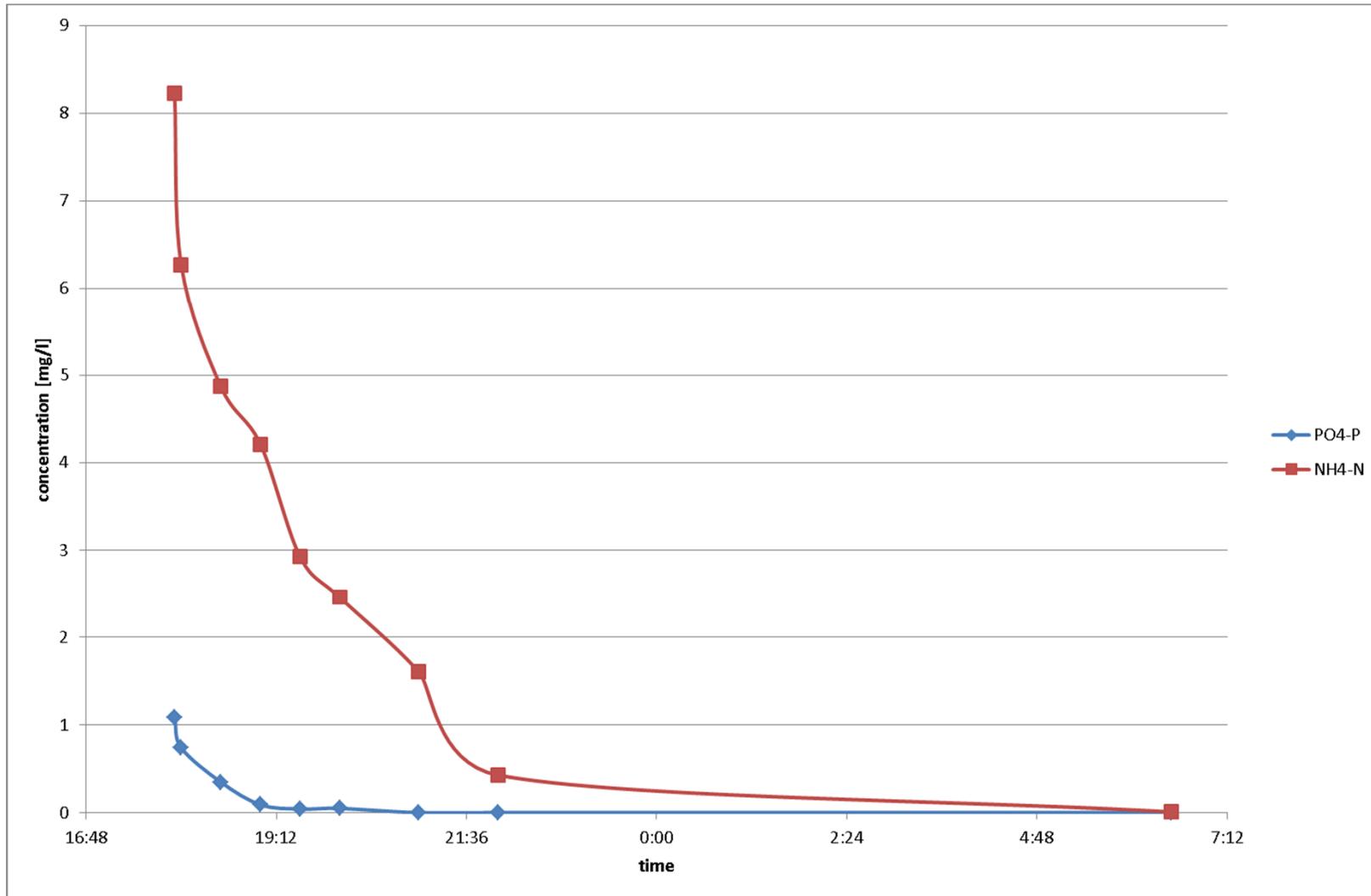


11 Stunden Sonnenschein



O2-sat 100 %	
Temp. °C	O2 mg/l
20	9,0
21	8,9
22	8,7
23	8,5
24	8,4
25	8,2
26	8,1
27	8,0
28	7,8
29	7,7
30	7,6

Nährstoffaufnahmen während der Nacht



Anzahl *E. coli* im Zulauf und Ablauf der PBR Kulturen und Eliminationsraten

Zulauf MPN/ml	Ablauf MPN/ml	Eliminationsrate %
4.6	0.02	99.6
0.43	0.23	47
4.3×10^2	43	90
9.3×10^3	4.3	99.95
0.15	0.004	97.93
4.6×10^4	9	99.98

Zulauf = Grauwasser; Ablauf = Überstand PBR

Elimination von Spurenschadstoffen nach 24 Stunden

Substanz Gruppe	Spezifische Substanz	KA Zulauf Wasser [µg/l]	Leer-Probe (ohne Algen) [µg/l]	Algenprobe [µg/l]
Pharmazeutische Substanzen	Lidocaine	0.117	0.112	0.102
	Ibuprofen	0.062	0.052	0.012
	Diclofenac	1.688	1.366	1.288
	Metoprolol	2.17	2.11	1.75
Pestizide	Mecoprop	0.011	0.008	0.008
	DEET	0.034	0.020	0.022
Synthetische Substanzen	Galaxolide-Lacton	0.797	0.867	0.264
Andere	caffeine	0.119	0.104	0.094

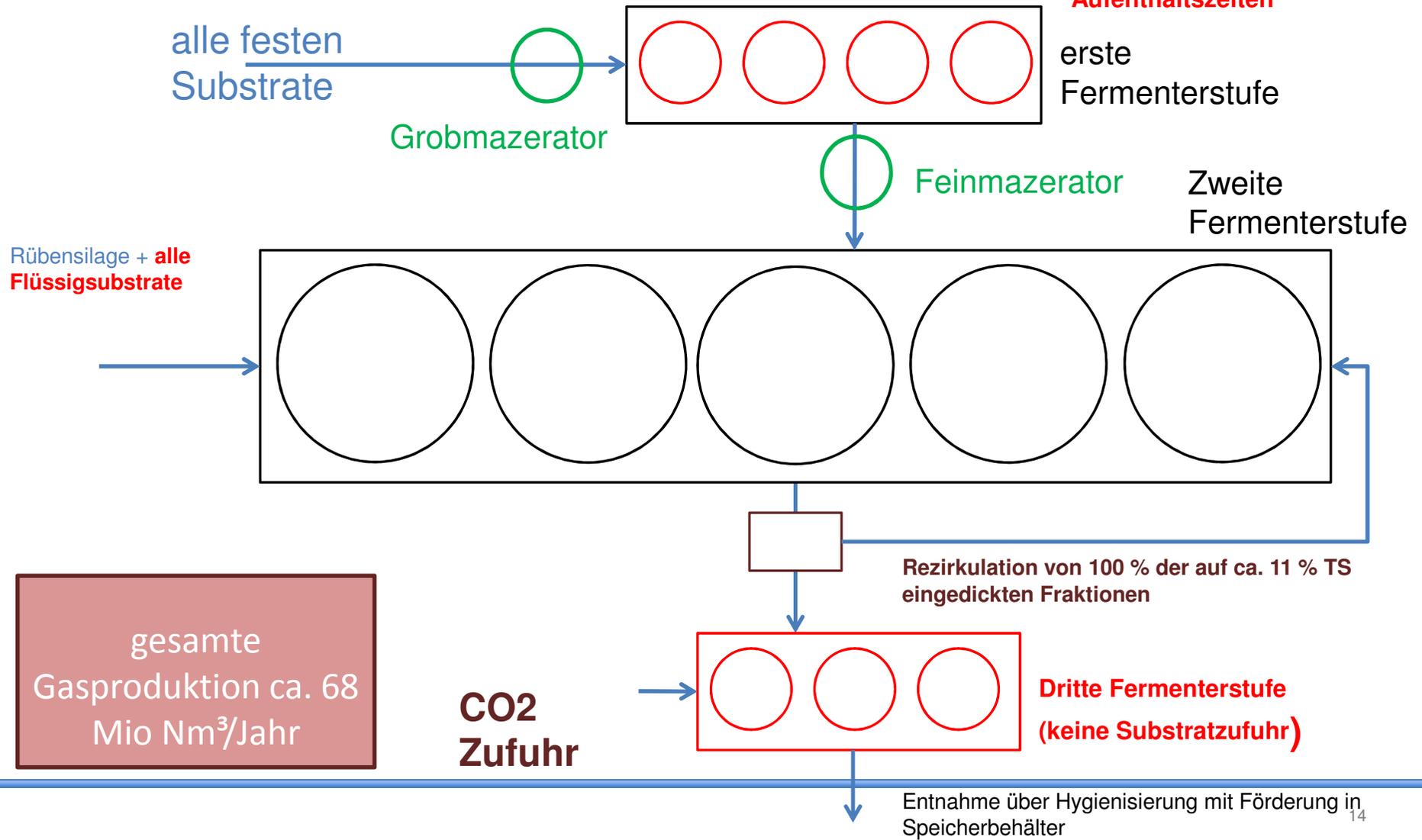
Lageplan Biogasanlage Tonder DK



Prozessoptimierung



2,5 x höhere
hydraulische
Aufenthaltszeiten

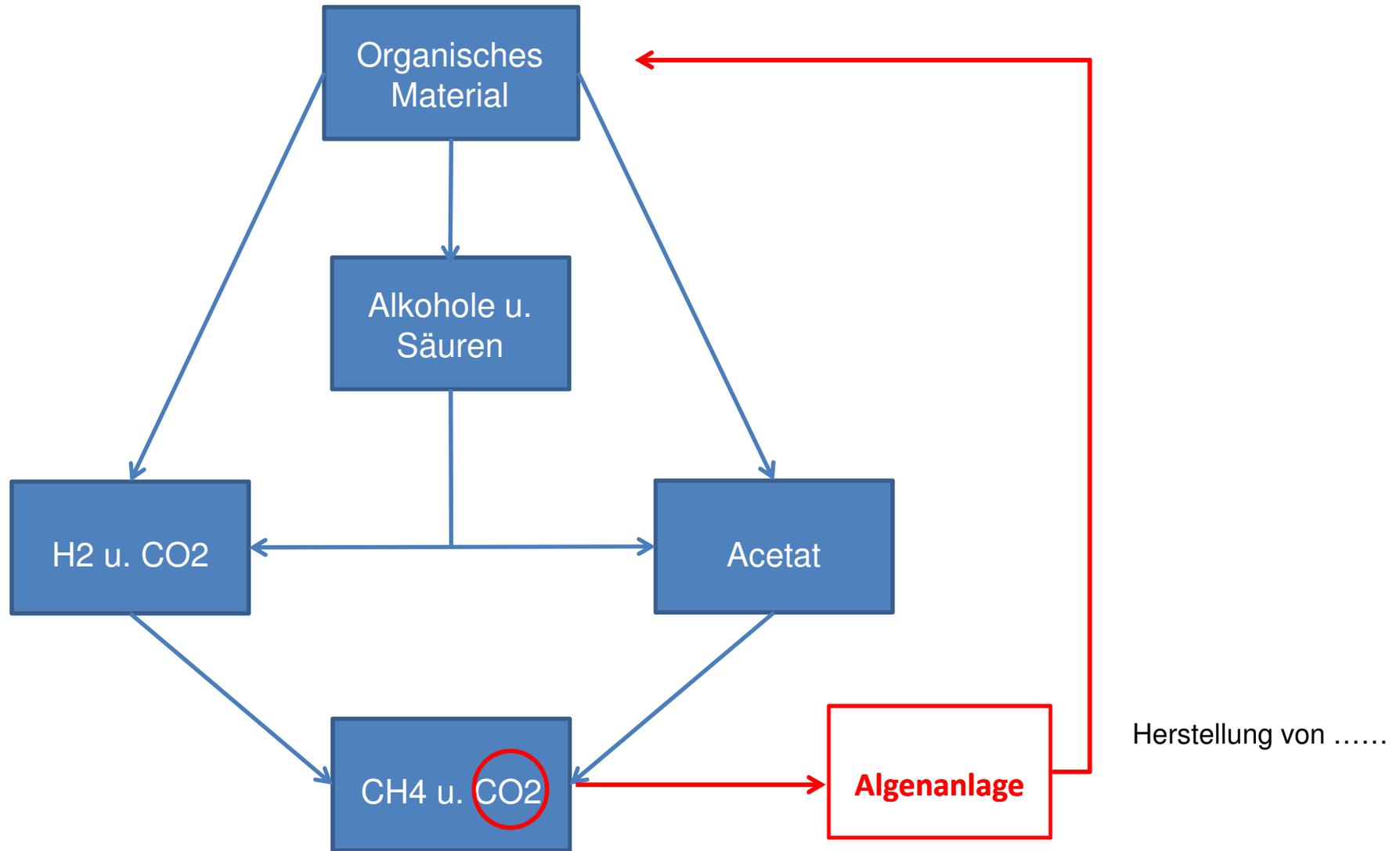


Ausbeuten unterschiedlicher Pflanzen

Pflanze	Produkt	Ausbeute pro Hektar x Jahr in t	% der benötigten Gesamtfläche Dänemarks für Totalersatz
Zuckerrübe	Sucrose	9	38,9%
Stroh	Zellulose und	1,6	220%
Raps	Öl	3,6	45,8%
Algen	Öl	145,2	1,14%

Tabelle 2: Übersicht über die Ausbeuten unterschiedlicher Pflanzen. Die Tabelle beruht auf Daten der Statistikbank 2007 – 2009. Die Ausbeute an Algenöl ist die am höchsten praktisch erreichbare.

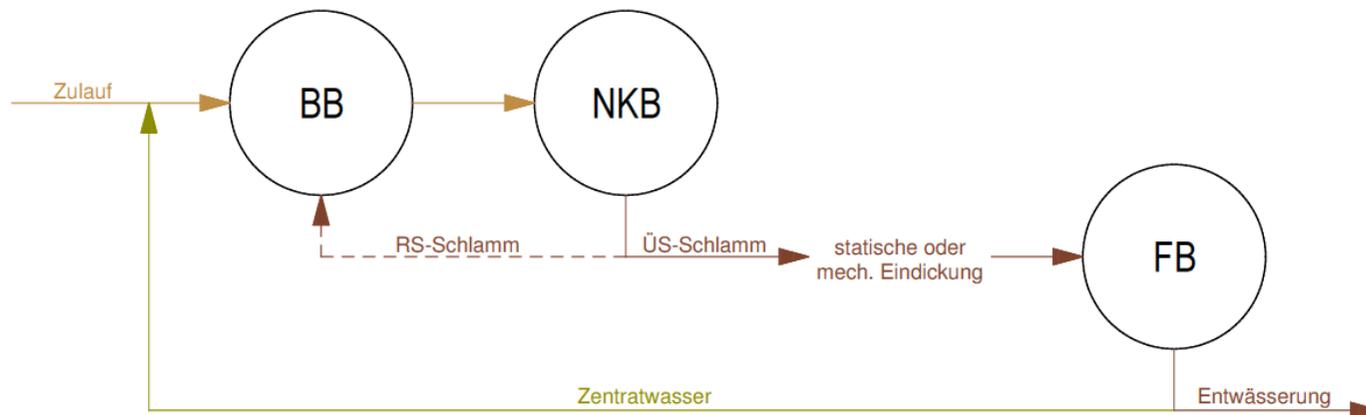
Schaubild



Varianten Zentratwasser

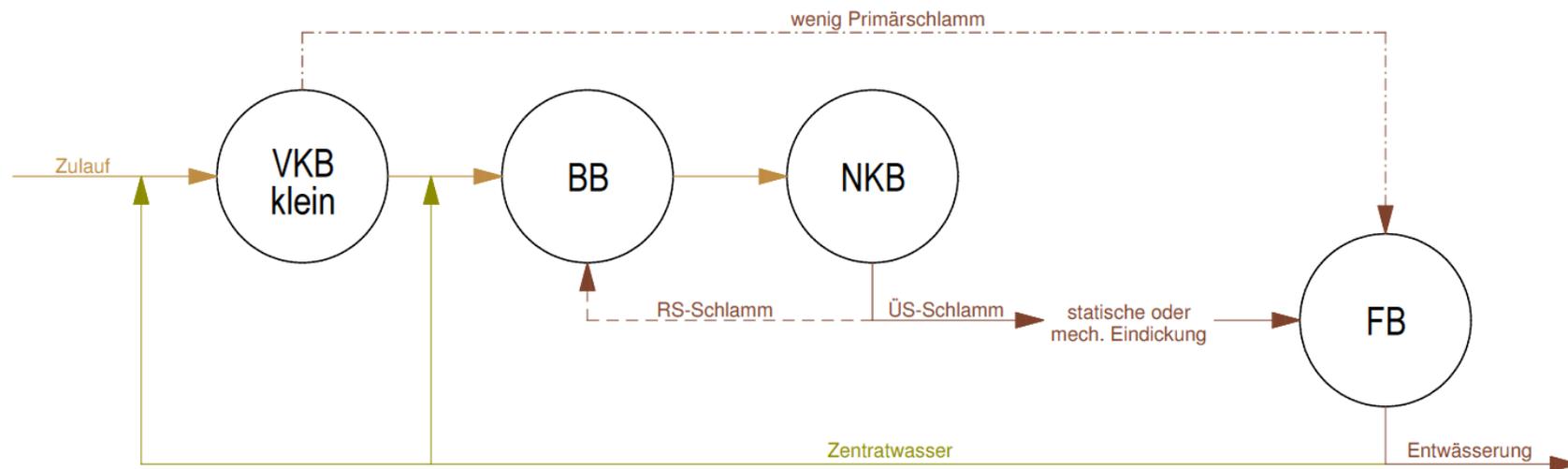
Varianten des Umgangs mit hochbelasteten Zentratwässern aus der Faulung

A: Keine Vorklärung (VKB), oft bei kleinen Kläranlagen:
Geringe Biogasproduktion und geringe Belüftungseinsparung



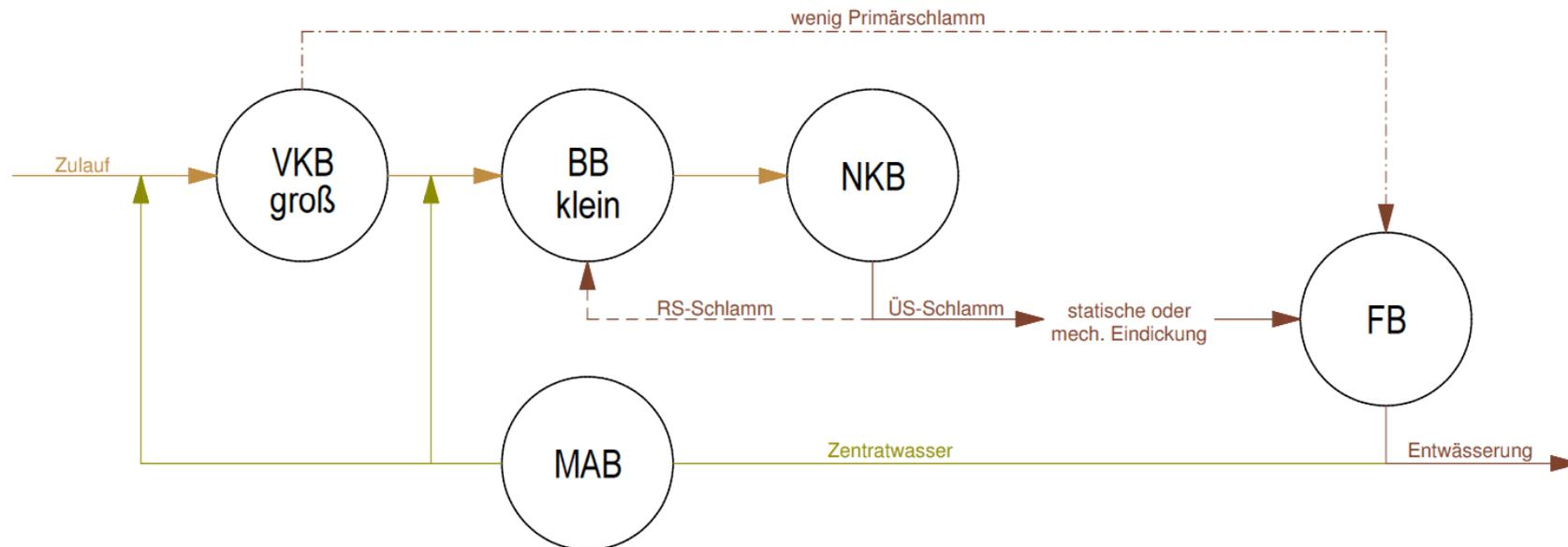
Varianten Zentratwasser

B: Kleine Vorklärung / Grobentschlammung:
Mäßige Biogasproduktion und mäßige Belüftungseinsparung



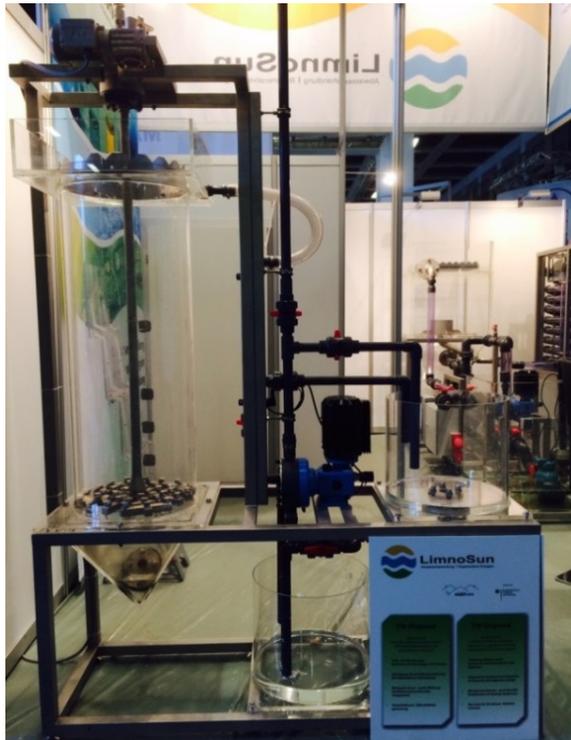
Varianten Zentratwasser

C: Normale Vorklärung:
Hohe Biogasproduktion und Einsparungen an Belüftungskosten



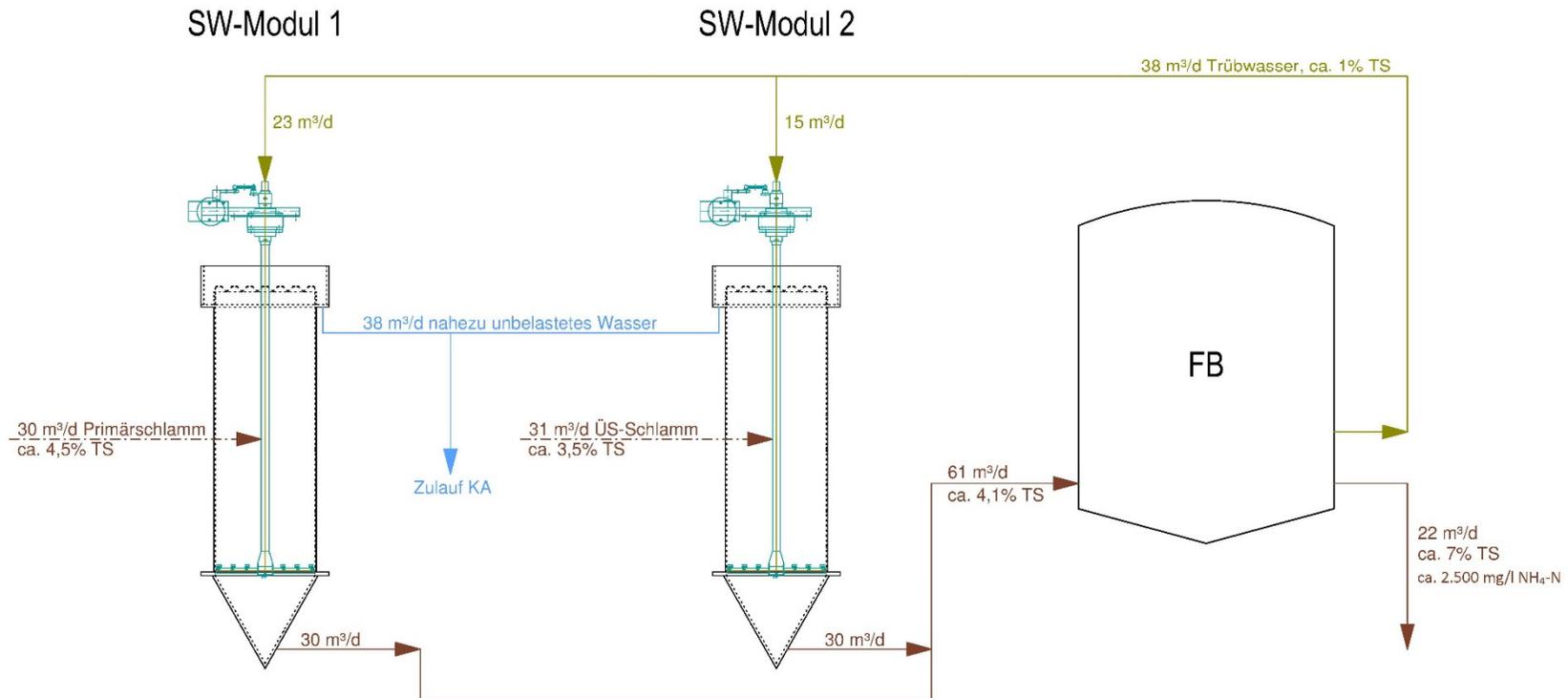
Bei dieser Variante C ist das N/CSB-Verhältnis im Zulauf zur Belebung oft grenzwertig hoch und eine weitgehende Denitrifikation nur noch schwer möglich. Dieser Anlagentyp hat daher manchmal eine Nebenstrombehandlung des Zentratwassers und/oder Zugabe externer Kohlenstoffquellen

Schlammwaschanlage



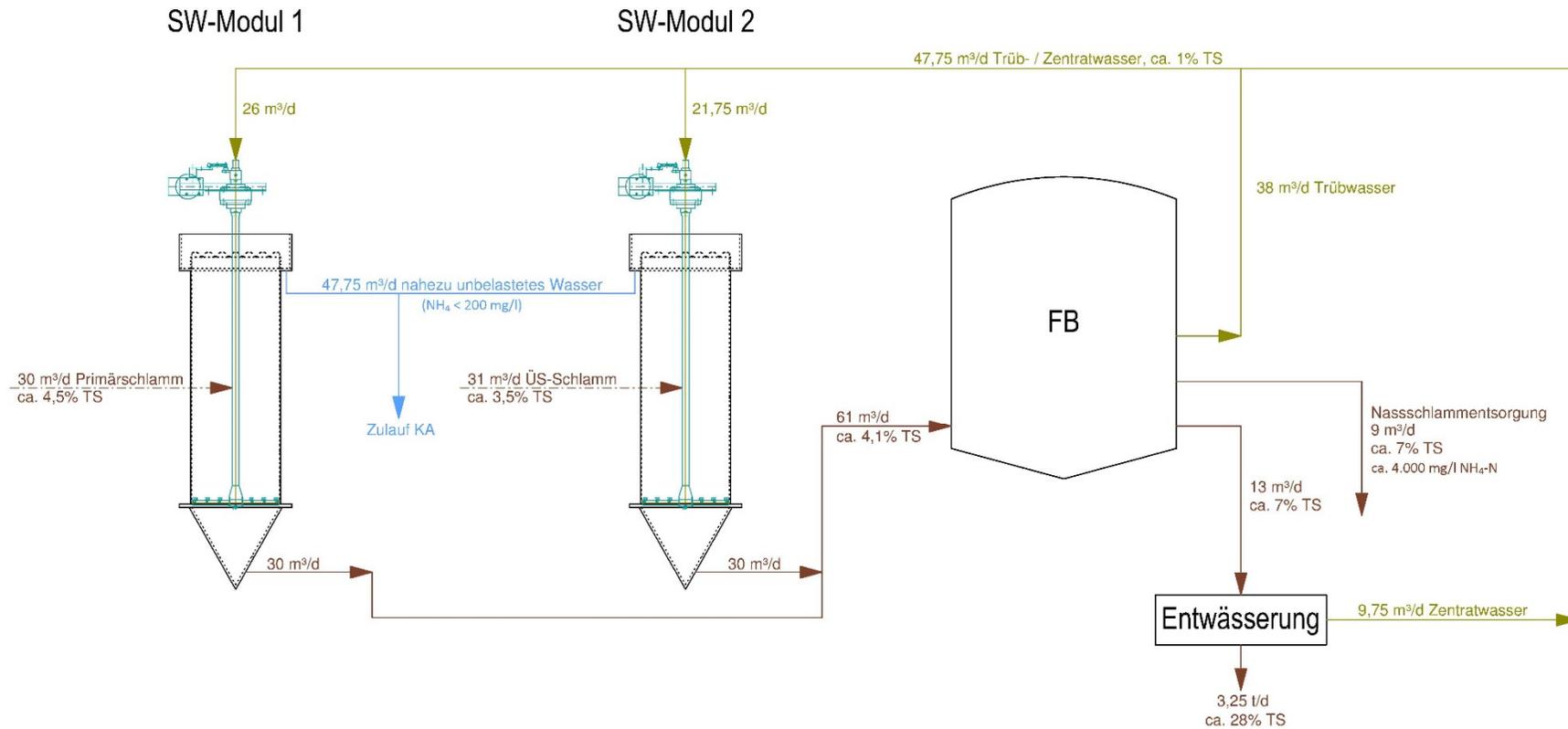
Schlammwasch bei direkter Nassschlammentsorgung

Schlammwasch (SW) bei direkter Nassschlammentsorgung des Faulschlamm oder indirekt mittels Vererdung oder Trockenbeete
Beispiel: 60 m³/d Faulschlammanfall



Schlammwasch bei mindestens 40 % Nassschlammmentsorgung

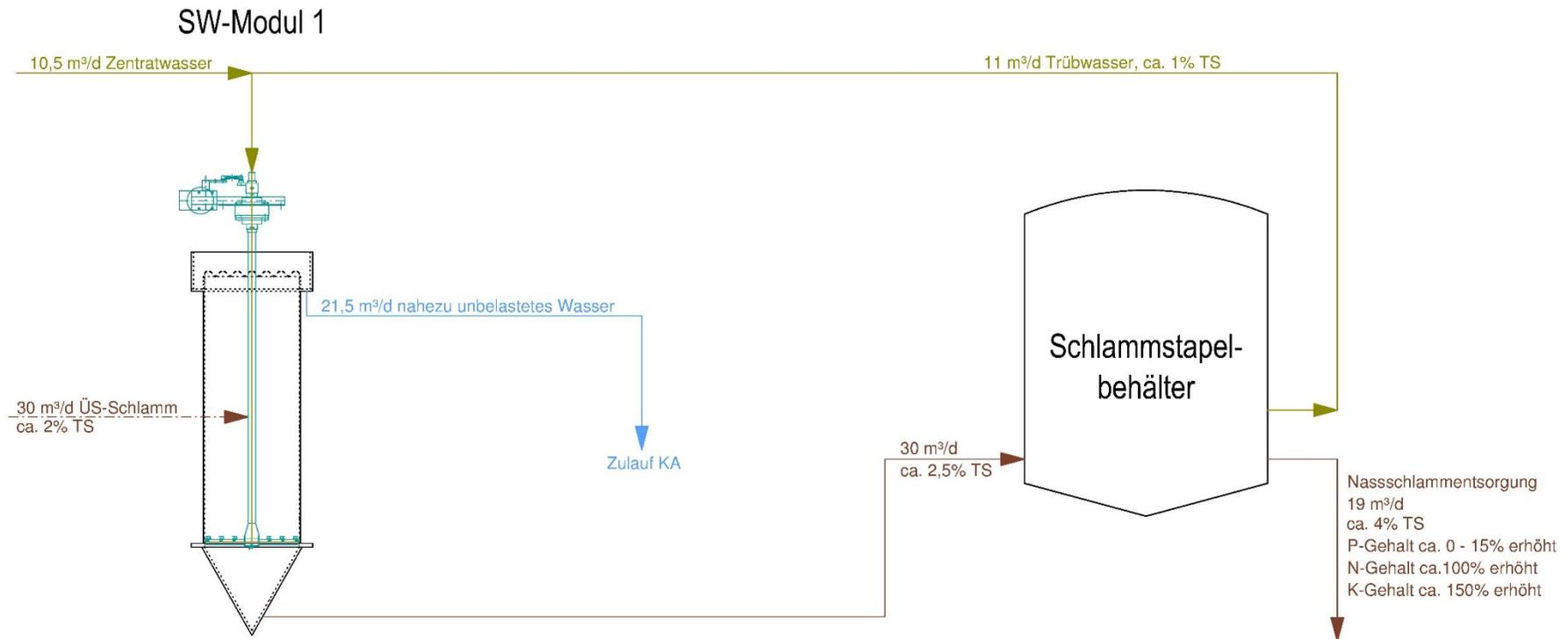
Schlammwasch (SW) bei mindestens 40% Nassschlammmentsorgung des Faulschlamm
 Beispiel: 60 m³/d Faulschlammanfall



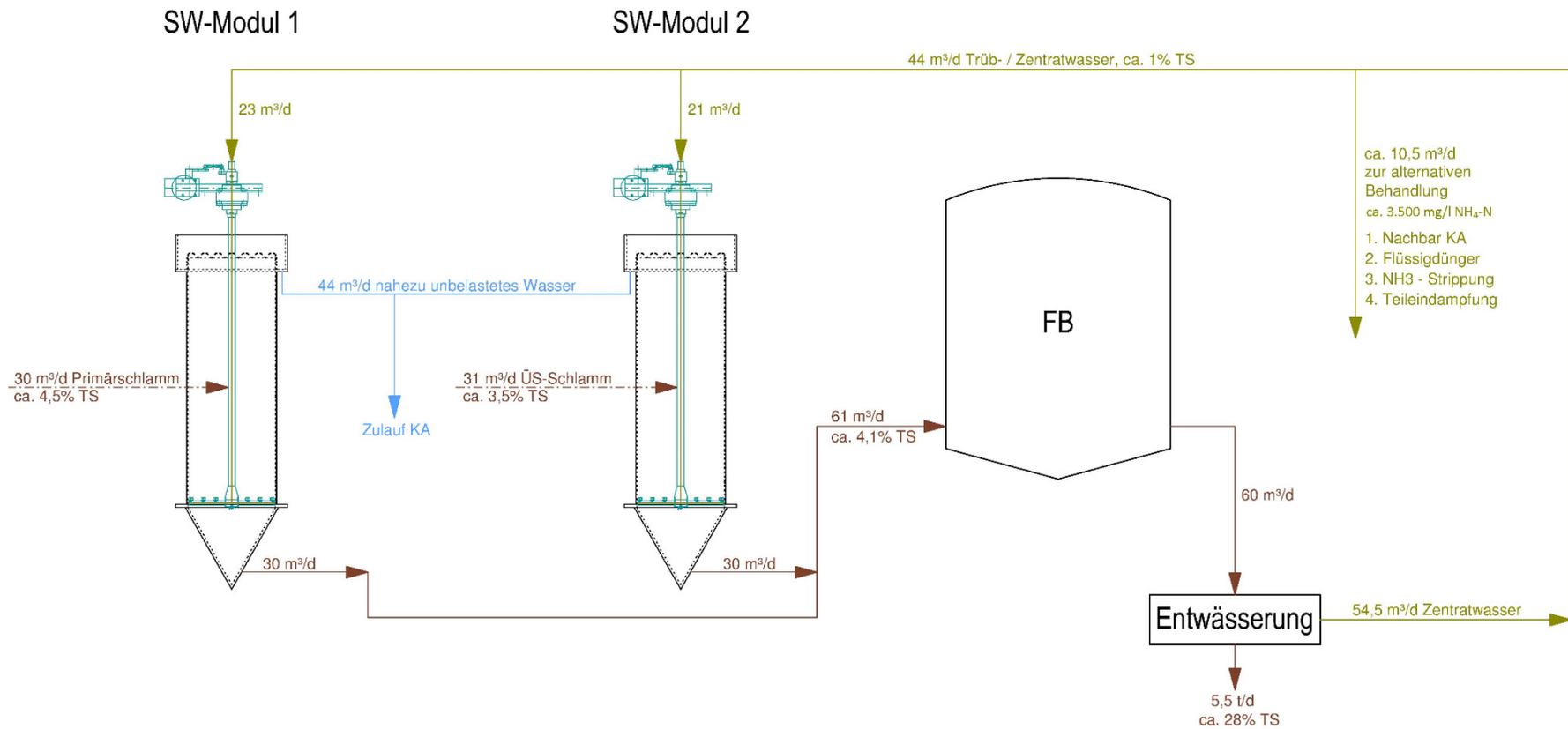
Schlammwasch bei Verwertung von Resten

Schlammwasch (SW) bei Verwertung von Resten von aufkonzentrierten Zentratwasser auf Nachbar KA

Beispiel: 10,5 m³/d Zentratwasser



Schlammwasch bei Entsorgung von entwässertem Faulschlamm



Übersicht Vorteile Schlamm-Wasch



1. Bessere Denitrifikation
2. 15 % geringere N_{gesanorg} Ablaufwerte (etwas weniger CSB)
3. Günstigere Bedingungen für Bio-P, weniger Fällmittelverbrauch
4. Deutlich geringere Aufsalzung (Ca, Mg, K, Cl, SO_4) der Vorflut, schon jetzt und in Zukunft noch viel mehr ein Riesenthema
5. Reduktion der Belüftungskosten Biologie um bis zu 20 %
6. eventueller Bedarf an externen Kohlenstoffquellen nicht mehr erforderlich
7. Mehr Produktion von Primärschlamm (bis zu 50 %) auf Kosten der Überschussschlamm-Produktion -> bis zu 30 % mehr Faulgasproduktion.
8. Geringerer Bedarf an FHM für die maschinelle Überschuss-Schlammeindickung, Einsparung bis zu 30 %
9. Faulschlammanfall nicht reduziert (geringerer Fällmittelbedarf) mit nahezu den gleichen P-Konzentrationen, allerdings mit fast der 2-3-fachen Kalium- und Ammonium-Menge -> vorteilhaft für die landwirtschaftliche Verwertung. Bei kalter Faulung keine Rückbelastung mehr sowie für die Landwirtschaft wertvollerer Naßschlamm.
10. Falls Verbrennung erforderlich: Zukünftige P-Rückgewinnung viel einfacher und kostengünstiger weil der Schlamm deutlich geringer mit Fe und/oder Al belastet.