



5 Abwasserreinigung

- 5.1 Ziele und Anforderungen
- 5.2 Aufbau einer Kläranlage
- 5.3 Mechanische Reinigung
- 5.4 Biologische Verfahren
- 5.5 Nachklärung
- 5.6 Schlammbehandlung

5.1 Ziele und Anforderungen

Abwasserreinigung in Deutschland

Ende 2000 sind mehr als 10.000 kommunale Kläranlagen in Betrieb

Größenklasse	Anzahl	Ausbaugröße in mio EW
> 100.000	272	83,1
10.000 – 100.000	1.817	56,1
2.000 – 10.000	2.617	12,3
50 – 2.000	5.677	3,2

Gesetzgebung

Europa

Richtlinie des Rates vom 21. Mai 1991 über die Behandlung von kommunalem Abwasser (91/271/EWG)

EU Wasserrahmenrichtlinie

Deutschland

Wasserhaushaltsgesetz

Abwasserverordnung

Abwasserabgabengesetz

Sachsen

Sächsisches Wassergesetz

Sächsisches Abwasserabgabengesetz

Sächsische Kommunalabwasserverordnung

Erlasse des SMUL

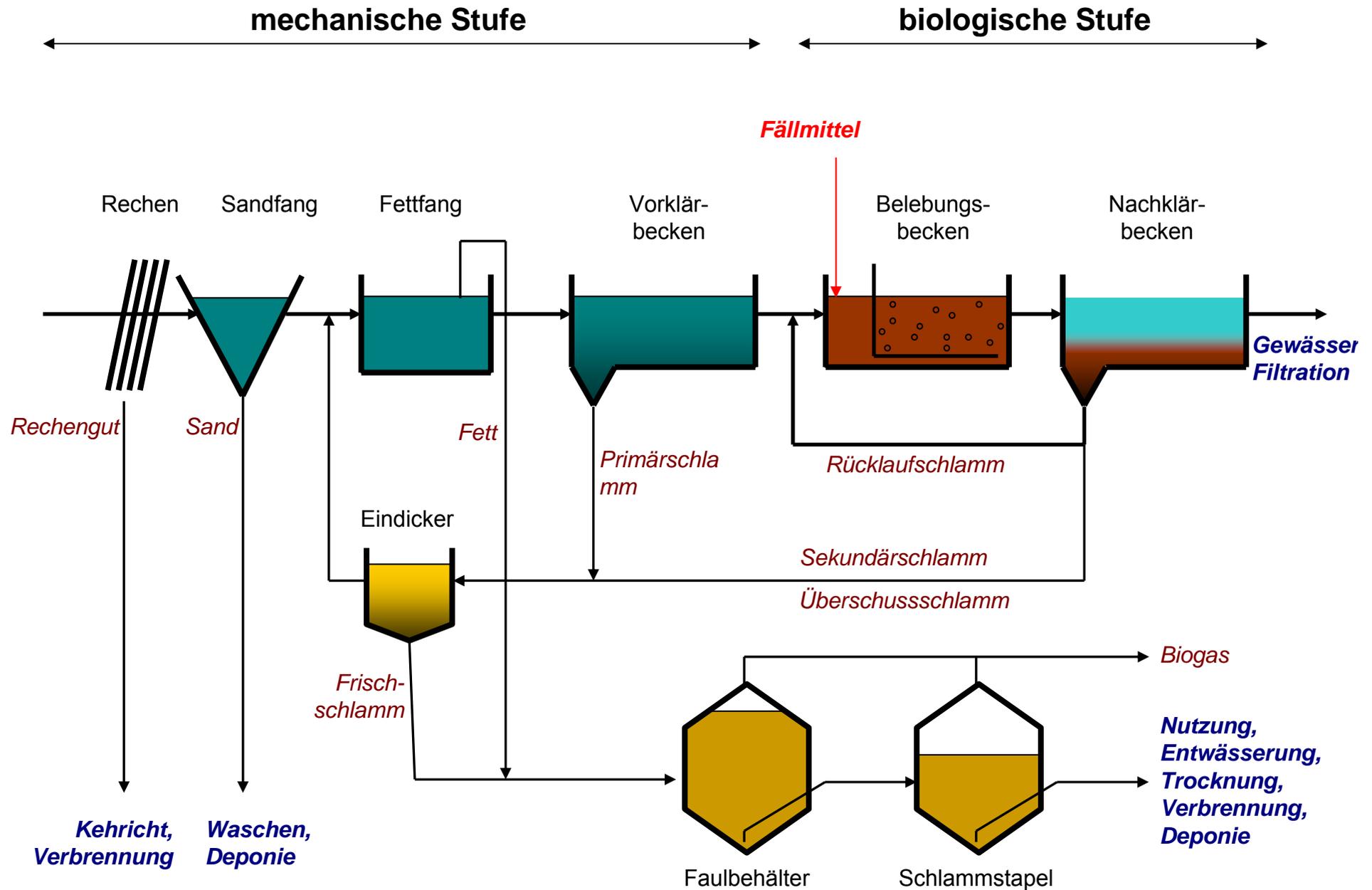
Mindestanforderungen an Kläranlagenablauf

Größenklasse	CSB (mg/l)	BSB ₅ (mg/l)	NH ₄ -N (mg/l)	N* (mg/l)	P _{ges} (mg/l)
1 < 1000 EW 60 kg BSB ₅ / d	150	40	-	-	-
2 < 5000 EW 300 kg BSB ₅ / d	110	25	-	-	-
3 < 10000 EW 600 kg BSB ₅ / d	90	20	10	-	-
4 < 100000 EW 6000 kg BSB ₅ / d	90	20	10	18	2
5 > 100000 EW 6000 kg BSB ₅ / d	75	15	10	13	1

* N = Summe von NH₄⁺, NO₃⁻, und NO₂⁻

5.2 Aufbau einer Kläranlage

Aufbau einer Kläranlage



Bsp. KA Bottrop



Typische Aufenthaltszeiten in den Reaktoren

	Abwasser θ_w (h)	Schlamm θ_s (d)
Mechanische Vorreinigung	0,2	0,01
Vorklärung	1,5	1
Belebungsbecken	10	10
Nachklärbecken	5	2
Schlammeindicker		2
Faulbehälter		20
Nachfaulraum, „Stapel“		100
	< 1 d	> 100 d

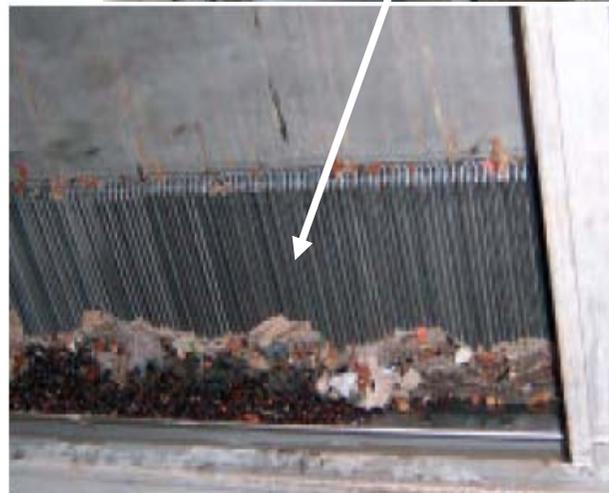
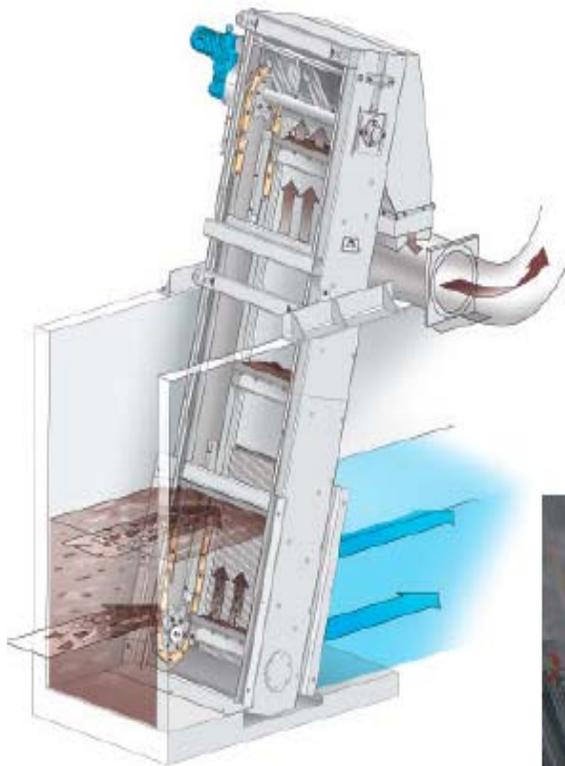
5.3 Mechanische Reinigung

Rechengutanfall in kommunalen Kläranlagen

Rechenart	Durchlassweite (mm)	Spezifischer Anfall ($\text{m}^3/(\text{E}\cdot\text{a})$)	
		ungepresst (8% TS)	gepresst (25% TS)
Grobrechen	50	0,003	0,001
Feinrechen	15	0,012	0,004
Sieb	3	0,022	0,007

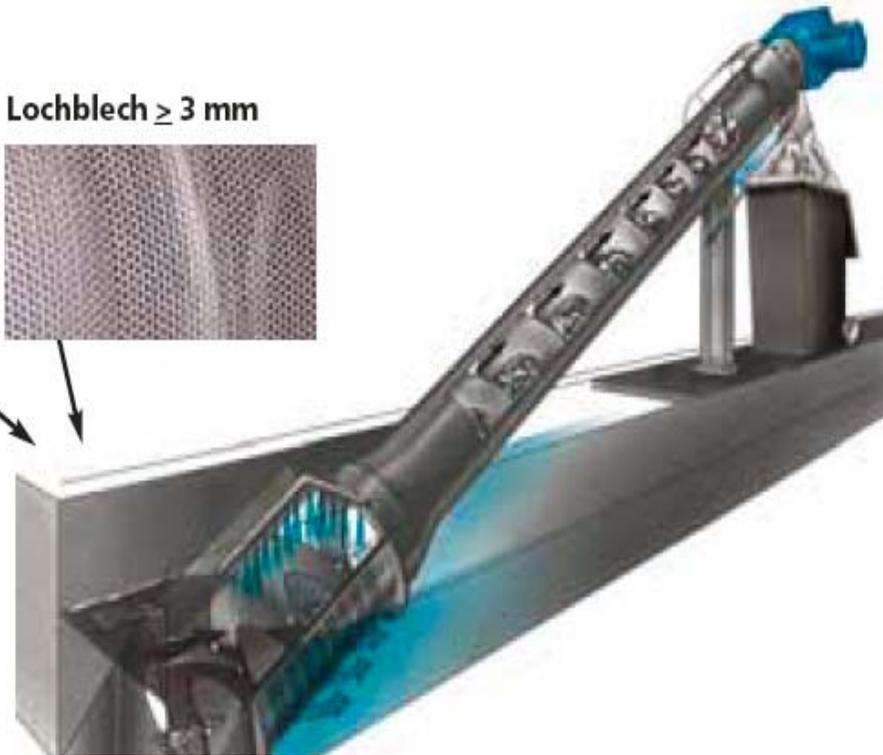
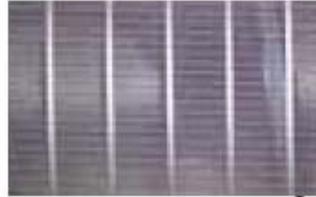
Schwankungsbereich: -50% bis +100%

Harken-Umlaufrechen



Siebschnecke

Siebkorb aus
Spaltsieb $\geq 0,5 \text{ mm}$ oder Lochblech $\geq 3 \text{ mm}$



Hans Huber AG, Typ Ro9

Grundregeln zur Gestaltung von Rechenbauwerken

- Fließgeschwindigkeit: $0,6 \leq v \leq 2,5$ m/s
- Gerinne um Fläche der Rechenstäbe erweitern
- Stauverlust beachten

– Hydraulisch:
$$\Delta h = \beta \cdot \left(\frac{d}{e} \right)^{4/3} \cdot \frac{v^2}{2g} \cdot \sin \alpha$$

d: Stabstärke, e: lichter Stababstand, β : Formfaktor

Rund: $\beta = 2,4$, rechteckig: $\beta = 1,8$

– + Aufstau durch Versetzung mit Grobstoffen

→ Gerinne mind. um hydraulischen Aufstau absenken

- Betriebs- und Havariesicherheit (Doppelauslegung)
- Einhausung zu empfehlen (Frost, Geruch)
aber teuer (Entlüftung, Kranbahn)
 - alternativ: Kapselung der Anlagentechnik

Sandfang

- erforderlich bei Mischkanalisation
- Wirkung von mineralischen Inhaltsstoffen:
 - Starker Abrieb an mechanischen, beweglichen Teilen (z.B. Pumpenlaufräder und Gehäuse)
 - Verstopfungen (Schlammtrichter, Rohrleitungen, Pumpen)
 - Ablagerungen (Faulräume, Belebungsbecken)
 - nur mit hohen Betriebsaufwendungen entfernbar

Schlamm im Sand ist lästig,
aber Sand im Schlamm ist schädlich !

Empirisch ermittelte Absetzgeschwindigkeiten

Kalbskopf, 1966

Korn- durchmesser	Absetzgeschwindigkeit		
	$\eta = 100\%$ [cm/s]	$\eta = 90\%$ [cm/s]	$\eta = 85\%$ [cm/s]
0,125	0,17	0,26	0,31
0,160	0,29	0,44	0,56
0,200	0,46	0,78	0,99
0,250	0,74	1,25	1,60
0,315	1,23	2,00	2,35

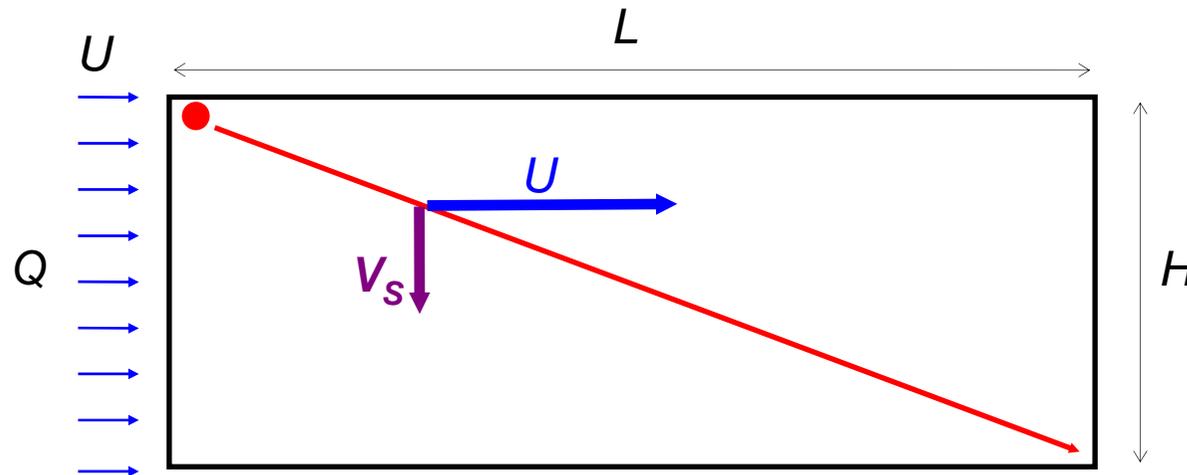
Bemessung

- Fließgeschwindigkeit: $\approx 0,3 \text{ m/s}$
- Breite nach oben asymptotisch zunehmend $b \approx \frac{5 \cdot Q}{h}$

- Sandfanglänge: $\frac{h}{v_s} = \frac{l}{u}$
- Sandstapelraum: rd. $0,2 \times 0,3 \text{ m}$ (nicht zu groß)
- Erweiterungswinkel (Gerinne \rightarrow Sandfang) $< 8^\circ$
- Venturigerinne nachschalten !

Flächenbeschickung: $q_A = Q / A$

(Hazen, 1904)



Grenzfall

$$U = \frac{L}{\theta} \quad V_S = \frac{H}{\theta}$$

Absetzbedingung

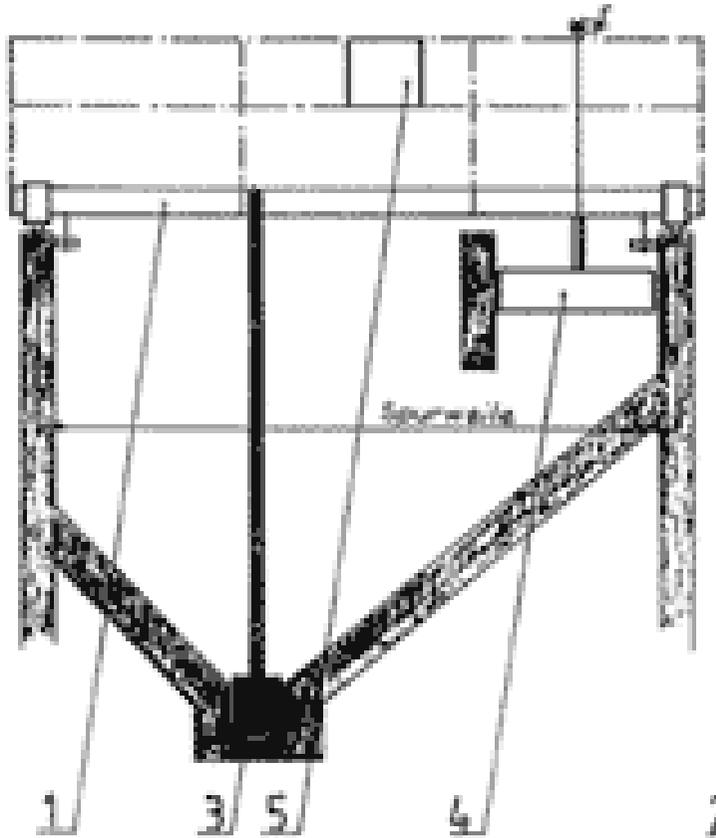
$$\frac{L}{U} \geq \frac{H}{V_S}$$

$$V_S \geq \frac{UBH}{LB} = \frac{Q}{A_{NB}}$$

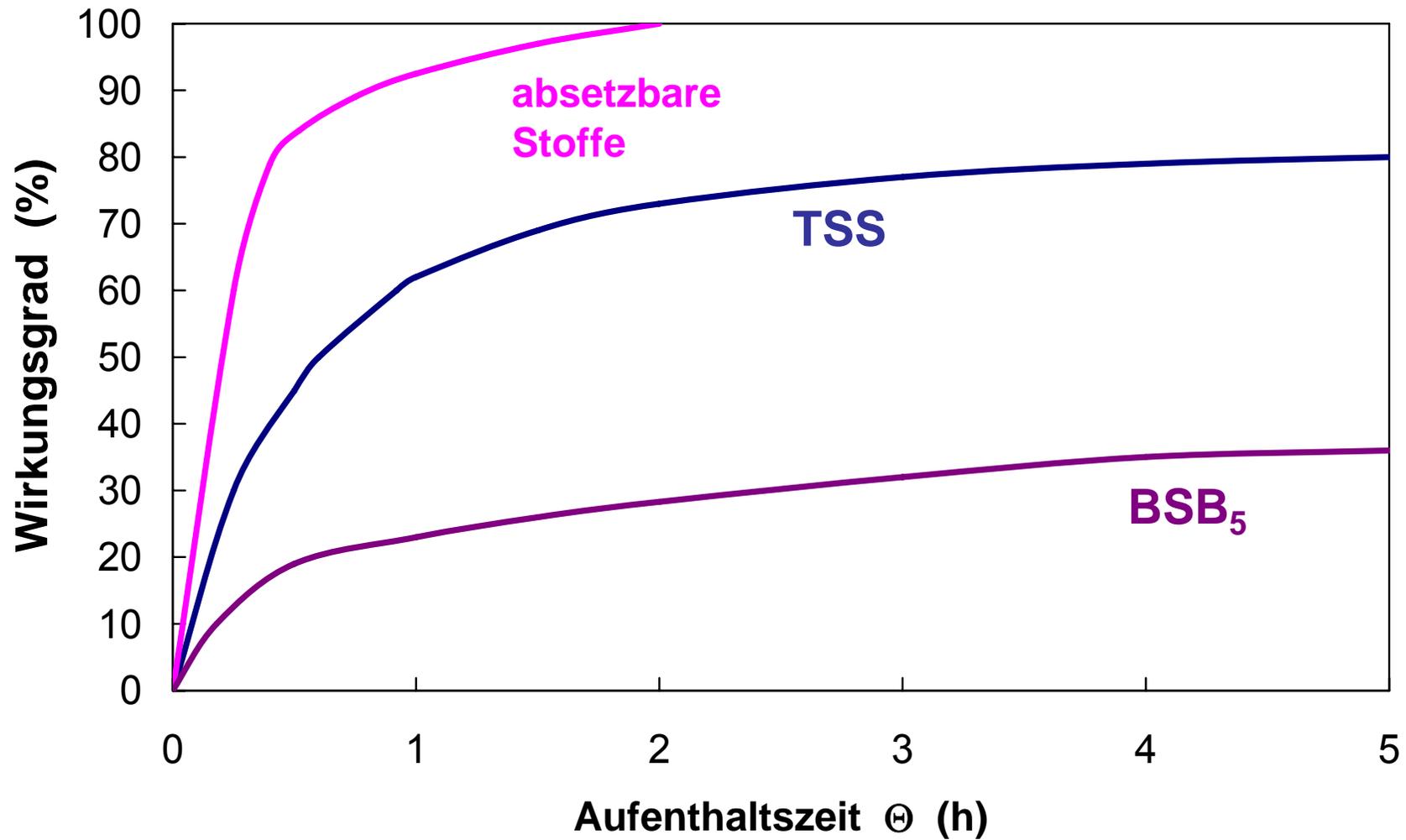
$$\rightarrow V_S \geq q_A$$

\rightarrow unabhängig von H !

Belüfteter Langsandfang



Wirkungsgrad im Vorklärbecken

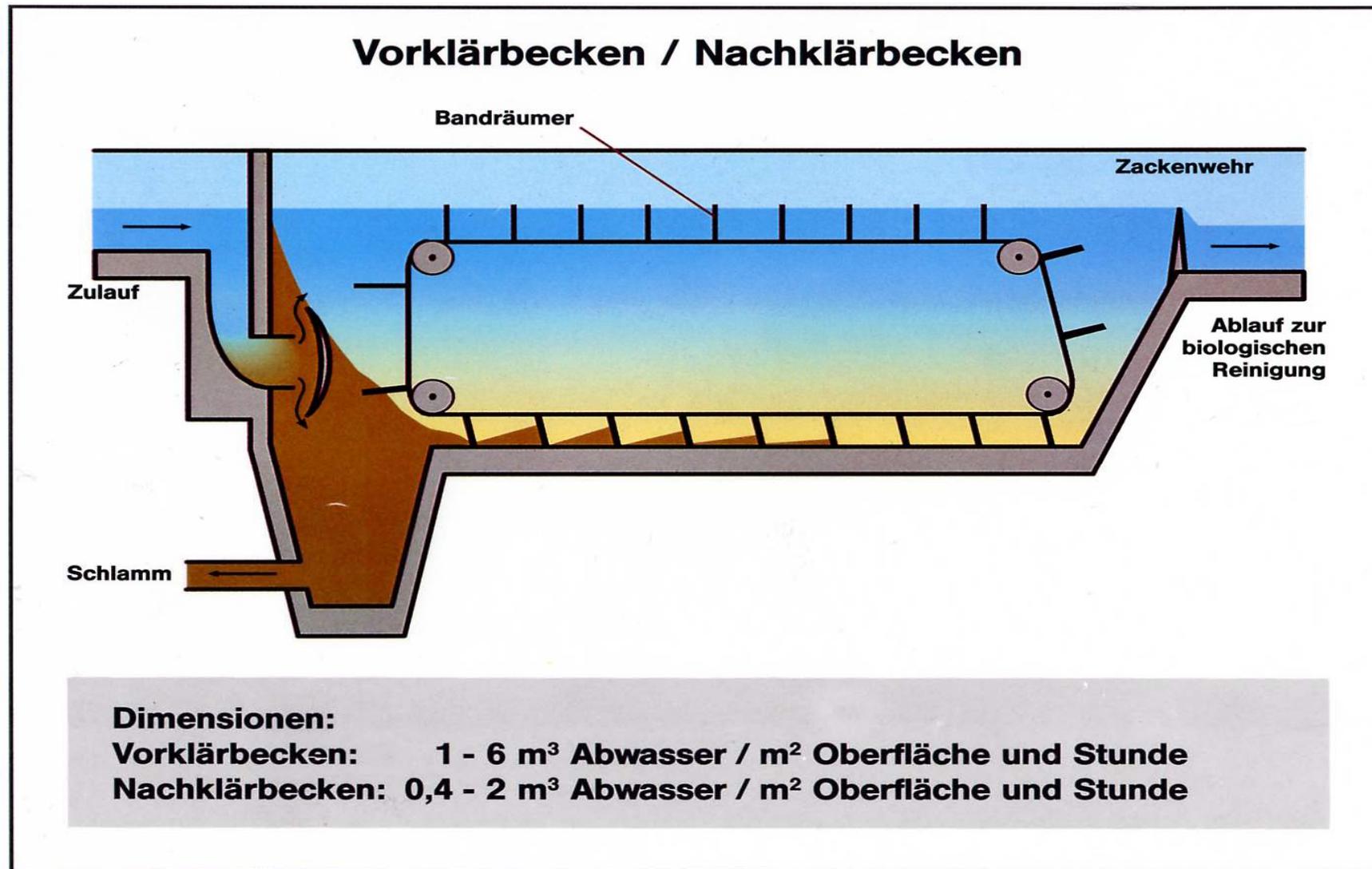


Veränderung des Abwassers im VKB

Stoff	Einheit	Zulauf	Ablauf*	$\eta = \frac{C_{zu} - C_{ab}}{C_{zu}}$
TSS	g TSS / m ³	360	180	0,5
BSB ₅	g O ₂ / m ³	300	230	0,23
CSB	g O ₂ / m ³	600	450	0,25
TKN	g N / m ³	60	56	0,067
NH ₄ -N	g N / m ³	40	40	0
NO ₂ -N	g N / m ³	0	0	0
NO ₃ -N	g N / m ³	1	1	0
P _{tot}	g P / m ³	10	9	0,1
Alkalinität mol HCO ₃ ⁻ / m ³ = f (Trinkwasser + NH ₄ -N)				

* bei kurzer Aufenthaltszeit

Bsp. rechteckiges Absetzbecken



5.4 Biologische Verfahren

Biologische Verfahren

Suspendierte Biomasse → **Belebtschlammverfahren**

- Durch Turbulenz in Schwebelage gehalten
- Schlammflocken 0,1 – 1 mm Durchmesser
- Abbau spezifisch bezogen auf Biomasse

→ **suspendierte Biomasse aufkonzentrieren**

Sessile Biomasse → **Biofilmverfahren**

- Als Biofilm auf einer Aufwuchsfläche
- Bakterien werden nur vereinzelt erodiert
- Abbau spezifisch bezogen auf Bewuchsfläche

→ **Spezifische Oberfläche erhöhen**

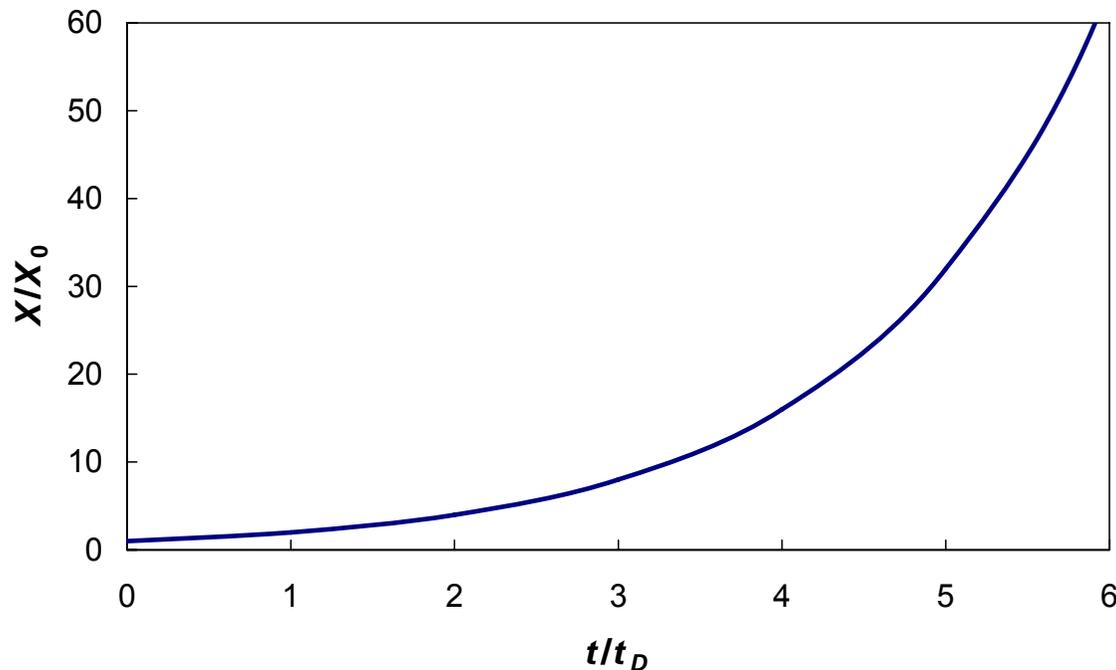
Wesentliche mikrobiologische Prozesse

Wachstum	von Biomasse
Zerfall	wenn zu wenig externe Nährstoffe
Hydrolyse	schwer → leicht abbaubare Stoffe, durch Enzyme
Aerober Abbau	organischer Stoffe $\text{CH}_2\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
Nitrifikation	$\text{NH}_4^+ + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{H}^+$
Denitrifikation	$5 \text{CH}_2\text{O} + 4 \text{NO}_3^- + 4 \text{H}^+ \rightarrow 2 \text{N}_2 + 5 \text{CO}_2 + 7 \text{H}_2\text{O}$
Einbau	Von C, N, P in die Biomasse

Bakterienwachstum (I)

Verdoppelungszeit t_D

$0 \cdot t_D$	$1 \cdot t_D$	$2 \cdot t_D$	$3 \cdot t_D$	$i \cdot t_D$...	$n \cdot t_D$
2^0	2^1	2^2	2^3	2^i	...	2^n

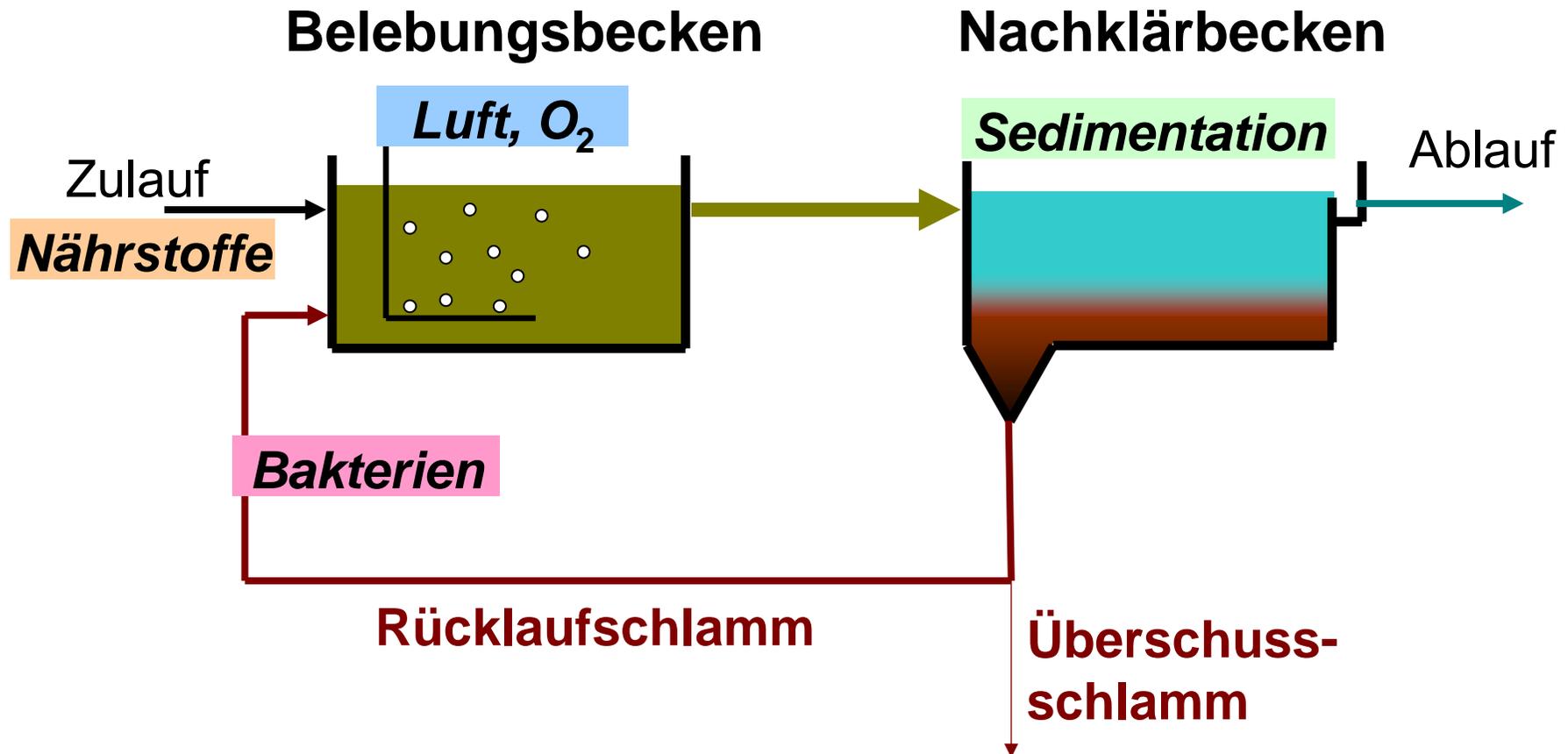


Belebter Schlamm:

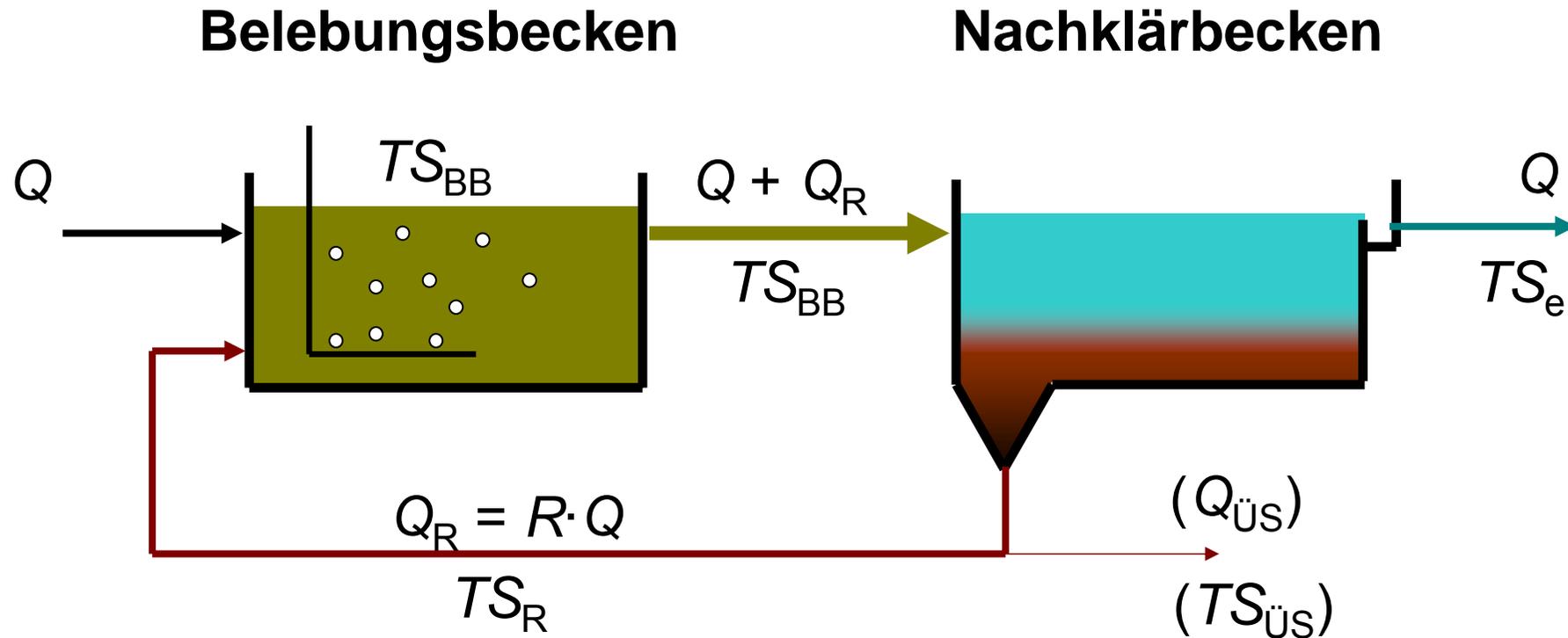
$$t_D = 6 \text{ h}$$

Schlammalter = 10 d

Belebungsverfahren



Schlammhaushalt im Belebungsverfahren



Stoffflussbilanz im Gleichgewichtszustand

$$TS_R = TS_{BB} \frac{1+R}{R} \quad \text{mit} \quad R = \frac{Q_R}{Q}$$

Fließschema Belebungsverfahren

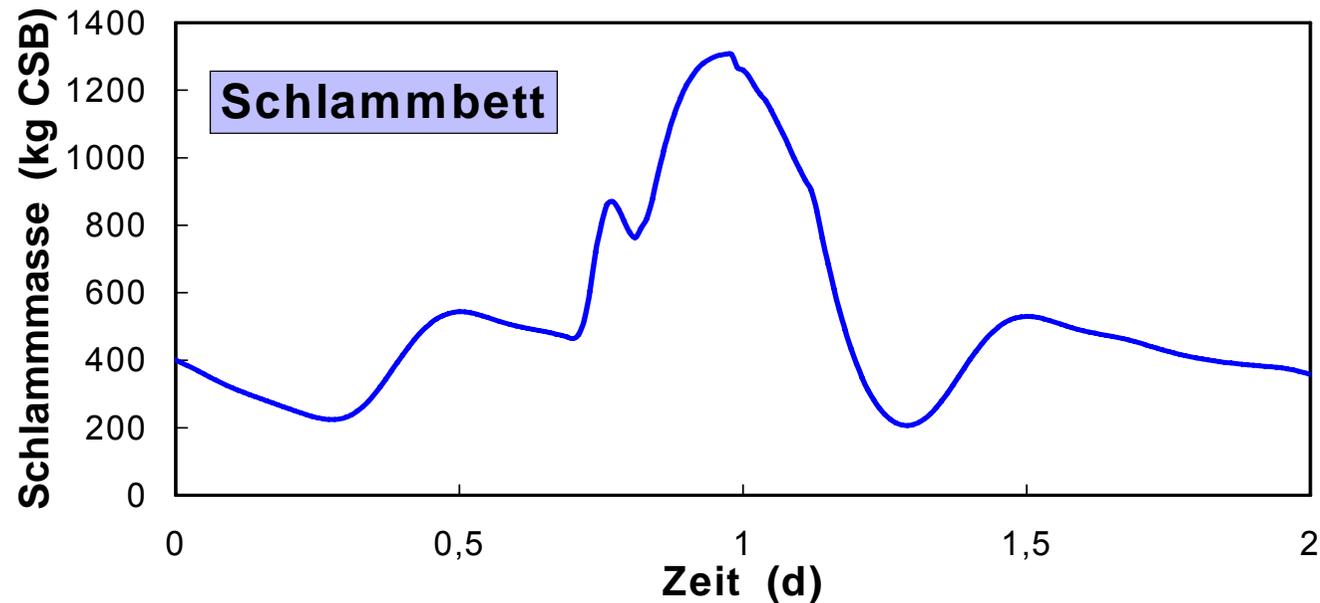
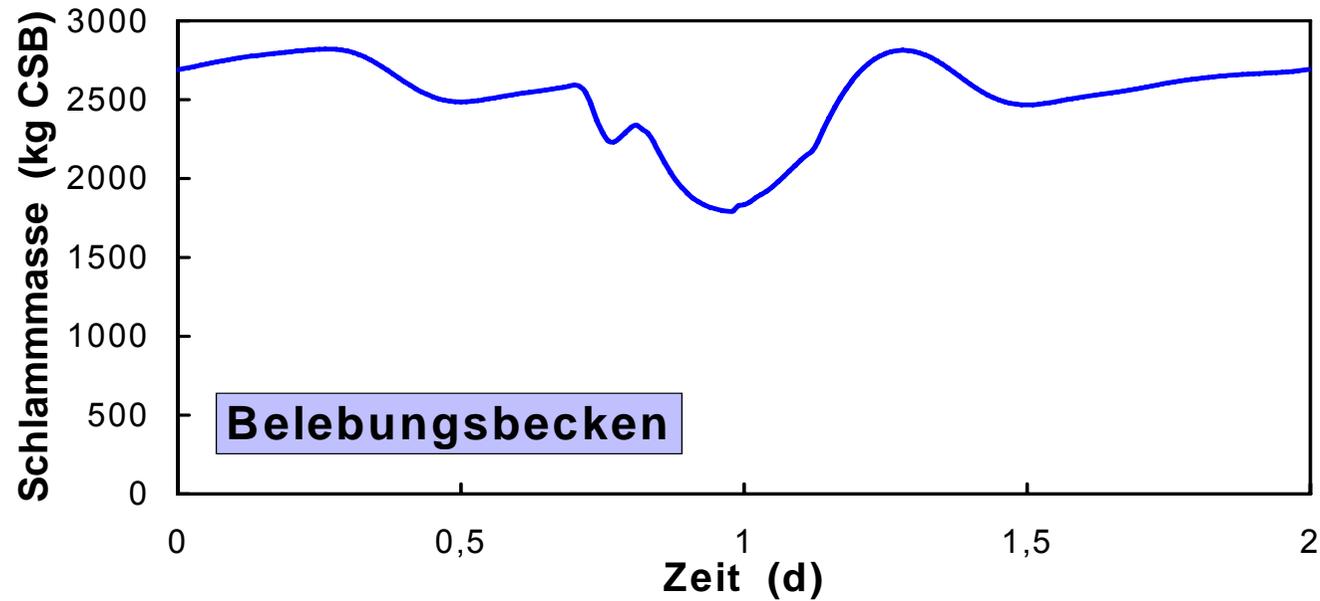
Hydraulische Verdrängung des Schlamm-Abwasser-Gemisches in das Nachklärbecken → der Schlamm muss ins Belebungsbecken zurückgeführt werden

Der belebte Schlamm wird 20 – 50 mal im Kreis geführt
→ Biomassekonzentration im Belebungsbecken wird erhöht

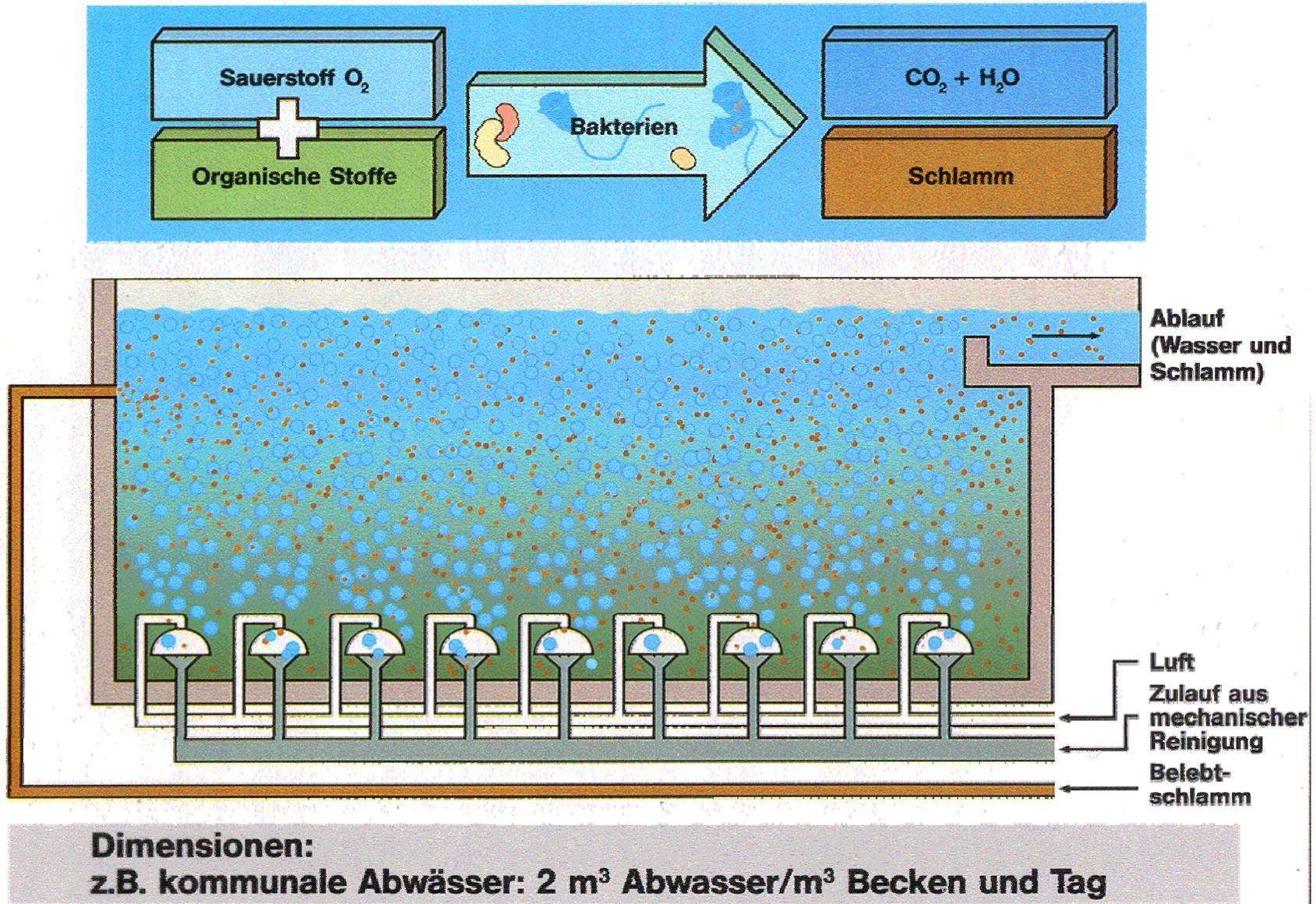
Der Überschussschlamm wird aus dem System abgezogen
→ entspricht der Schlammproduktion

Bei erhöhter hydraulischer Belastung (bei Regenwetter) wird Schlamm ins Nachklärbecken verlagert

Dynamische Schlammverlagerung



Belüftung im Belebungsbecken



Dimensionierung mittels Schlammbelastung

Schlammbelastung

$$B_{TS} = \frac{Q \cdot BSB_{5,zu}}{V_{BB} \cdot TS_{BB}} \quad \text{in} \quad \left(\frac{\text{kg BSB}_5}{\text{kg TSS} \cdot \text{d}} \right)$$

→ die BSB_5 -Zufuhr wird zur Schlammmasse im BB in Beziehung gesetzt

B_{TS} Schlammbelastung bezogen auf die Trockensubstanz

Q Zufluss zum Belebungsbecken (m^3/d)

$BSB_{5,zu}$ Konzentration an BSB_5 im Zufluss ($\text{kg BSB}_5 / \text{m}^3$)

V_{BB} Volumen des Belebungsbeckens (m^3)

TS_{BB} Schlammkonzentration im Belebungsbecken, gemessen als TSS ($\text{kg TSS} / \text{m}^3$)

Dimensionierung mittels Schlammalter

Schlammalter

$$\theta_x = \frac{V_{BB} \cdot TS_{BB}}{SP} = \frac{V_{BB} \cdot TS_{BB}}{\ddot{U}S_B \cdot Q \cdot BSB_{5,ZU}} = \frac{1}{B_{TS} \cdot \ddot{U}S_B}$$

→ die Schlammproduktion wird zur Schlammmasse im BB in Beziehung gesetzt

θ_x Schlammalter in (d), 3 – 15 d

$\ddot{U}S_B$ spezifische Schlammproduktion pro umgesetzttem BSB_5
(kg TS / (kg $BSB_5 \cdot d$))

SP Schlammproduktion (kg TS / d)

$$SP = \ddot{U}S_B \cdot Q \cdot BSB_{5,ZU}$$

Nährstoffbedarf von Mikroorganismen

Stickstoff $i_N = 0.04 - 0.05$ (g N / g BSB₅)

Phosphor $i_P = 0.01 - 0.02$ (g P / g BSB₅)

→ Elimination von Nährstoffen

Abwasserzusammensetzung im Zulauf

300	(g BSB ₅ /m ³)
60	(g TKN/m ³)
12	(g TP/m ³)

Ablaufwerte bei 100%-igem Abbau von BSB₅

$$\text{TKN}_{\text{Ab}} = \text{TKN}_{\text{ZU}} - i_N \cdot \text{BSB}_{5,\text{Zu}} = 60 - 0.045 \cdot 300 = 46,5 \text{ (g N / m}^3\text{)}$$

$$\text{TP}_{\text{Ab}} = \text{TP}_{\text{ZU}} - i_P \cdot \text{BSB}_{5,\text{Zu}} = 12 - 0.015 \cdot 300 = 7,5 \text{ (g P / m}^3\text{)}$$

→ Weitergehende Verfahren für Nährstoffelimination !

Nitrifikation $\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_3^-$

Die Nitrifikanten („autotrophe Biomasse“ TS_A) haben eine geringe Wachstumsgeschwindigkeit μ_A

mit der Produktion autotropher Biomasse

$$SP_A = r_A \cdot V_{BB} = \mu_A \cdot TS_{A,BB} \cdot V_{BB}$$

und dem Sicherheitsfaktor SF ergibt sich das nötige **Schlammalter** mit

$$\theta_X = SF \frac{V_{BB} \cdot TS_{A,BB}}{SP_A} = SF \frac{V_{BB} \cdot TS_{A,BB}}{\mu_A \cdot TS_{A,BB} \cdot V_{BB}} = SF \frac{1}{\mu_A}$$

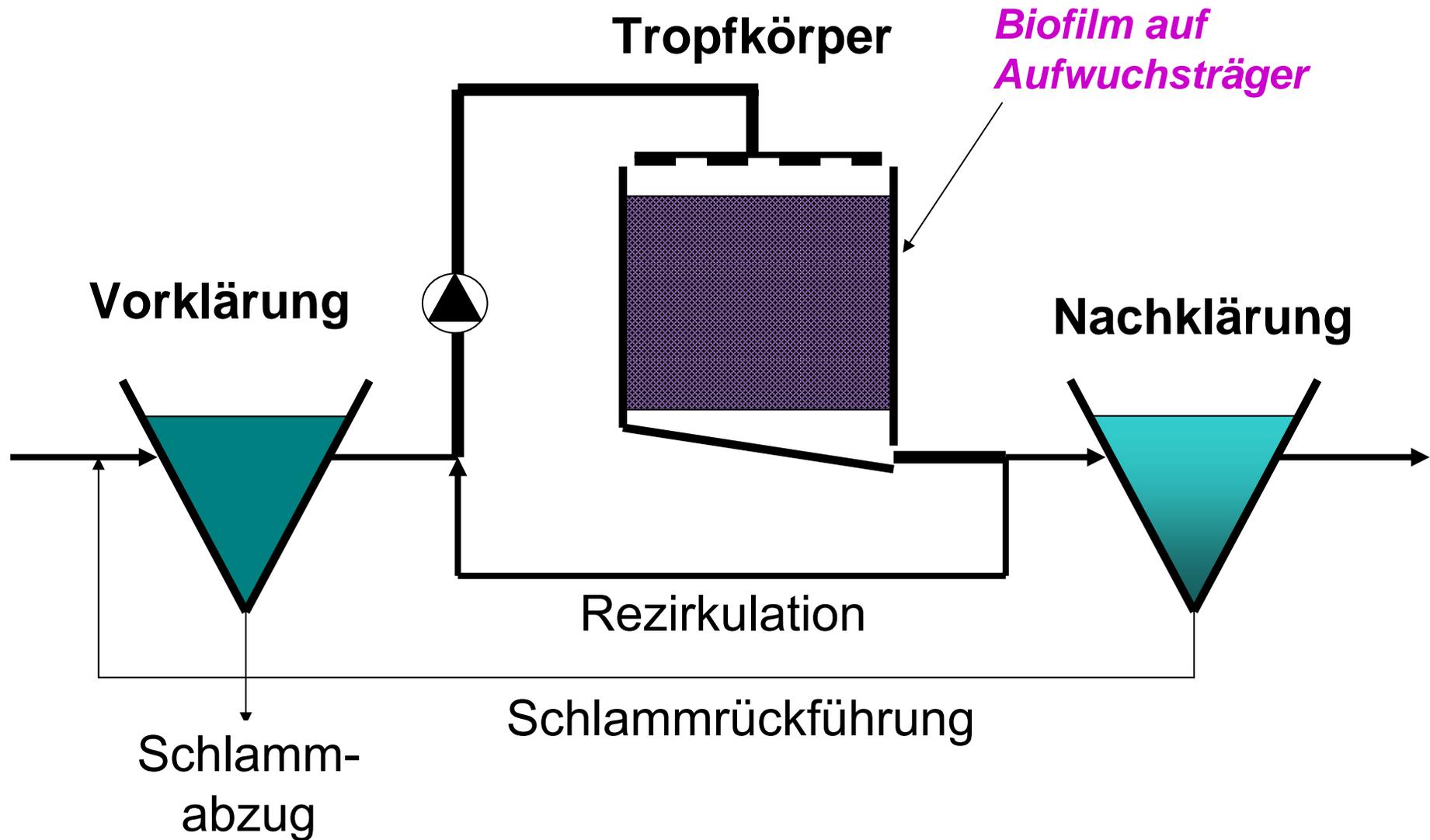
→ **hohes Schlammalter, damit Nitrifikanten nicht aus dem System ausgewaschen werden**

→ **Becken volumen V_{BB} muss groß sein**

Dimensionierungswerte

Anlagentyp		Keine Nitrifikation	Nitrifikation >10°C	Denitrifikation	aerobe Schlammstabilisierung
θ_X	< 20'000 EW	5	10	12 – 18	25
	> 100'000 EW	4	8	10 – 16	–
B_{TS}	(kg BSB ₅ / (kg TS · d))	0,30	0,15	0,12	0,05
$\ddot{U}S_B$	(kg TS / kg BSB ₅)	0,9 – 1,2	0,8 – 1,1	0,7 – 1,0	1,0

Tropfkörperverfahren



Dimensionierung des Tropfkörpers

Flächenbelastung

$$B_A = \frac{Q \cdot BSB_{5,zu}}{a \cdot V_{TK}}$$

B_A Flächenbelastung der Kunststofffolien (g BSB₅ / (m²·d))
ohne Nitrifikation 4 (g BSB₅ / (m²·d)), mit Nitri. 2 (g BSB₅ / (m²·d))

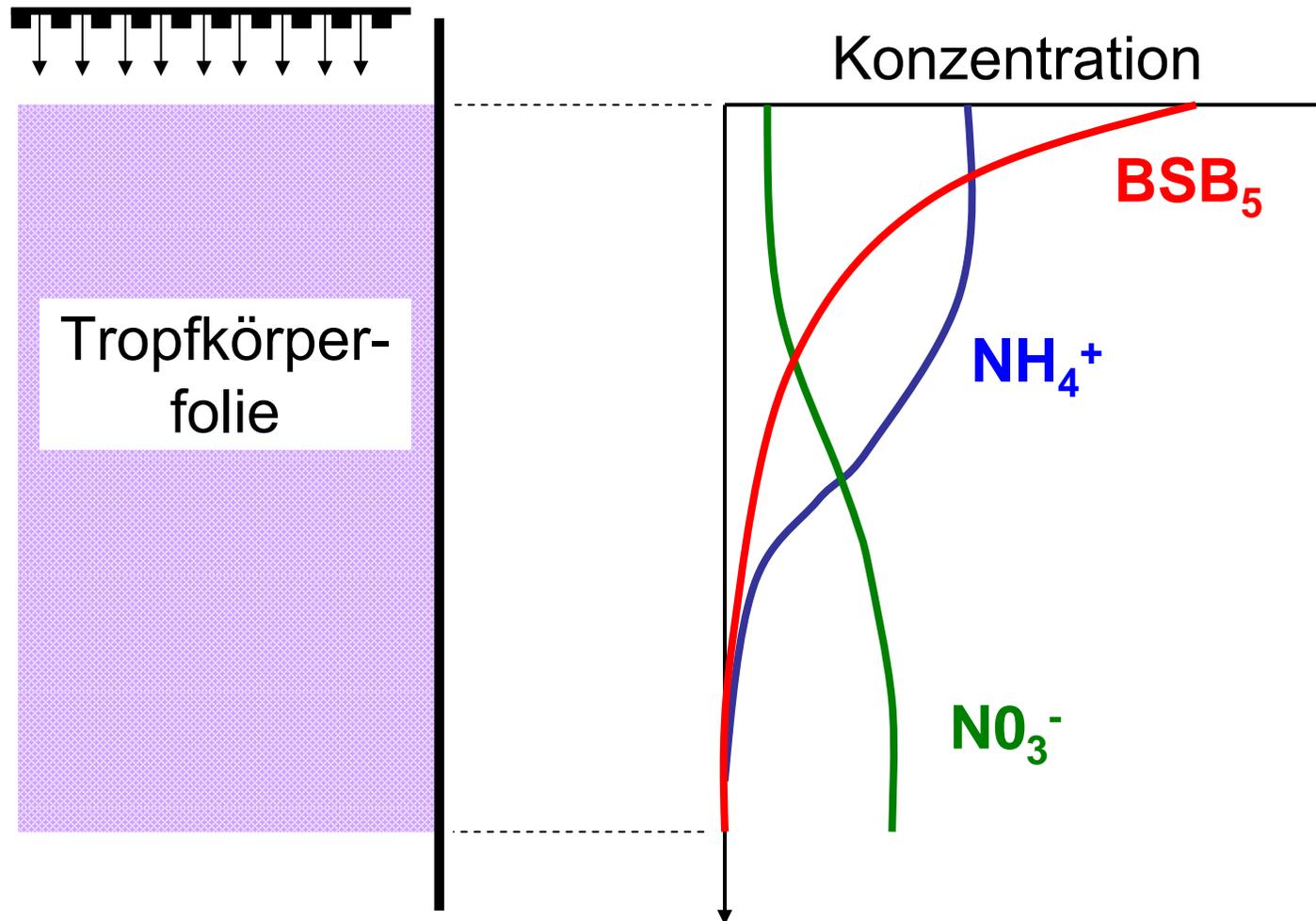
Q Zufluss zum Tropfkörper (m³/d)

$BSB_{5,zu}$ Konzentration an BSB₅ im Zufluss (kg BSB₅ / m³)

V_{TK} Volumen des Tropfkörpers, mit Folien (m³)

a spezifische Oberfläche der Folien (m² Folien / m³ TK)
100 – 140 – 180 (m² Folien / m³ TK)

Stoffabbau im Tropfkörper



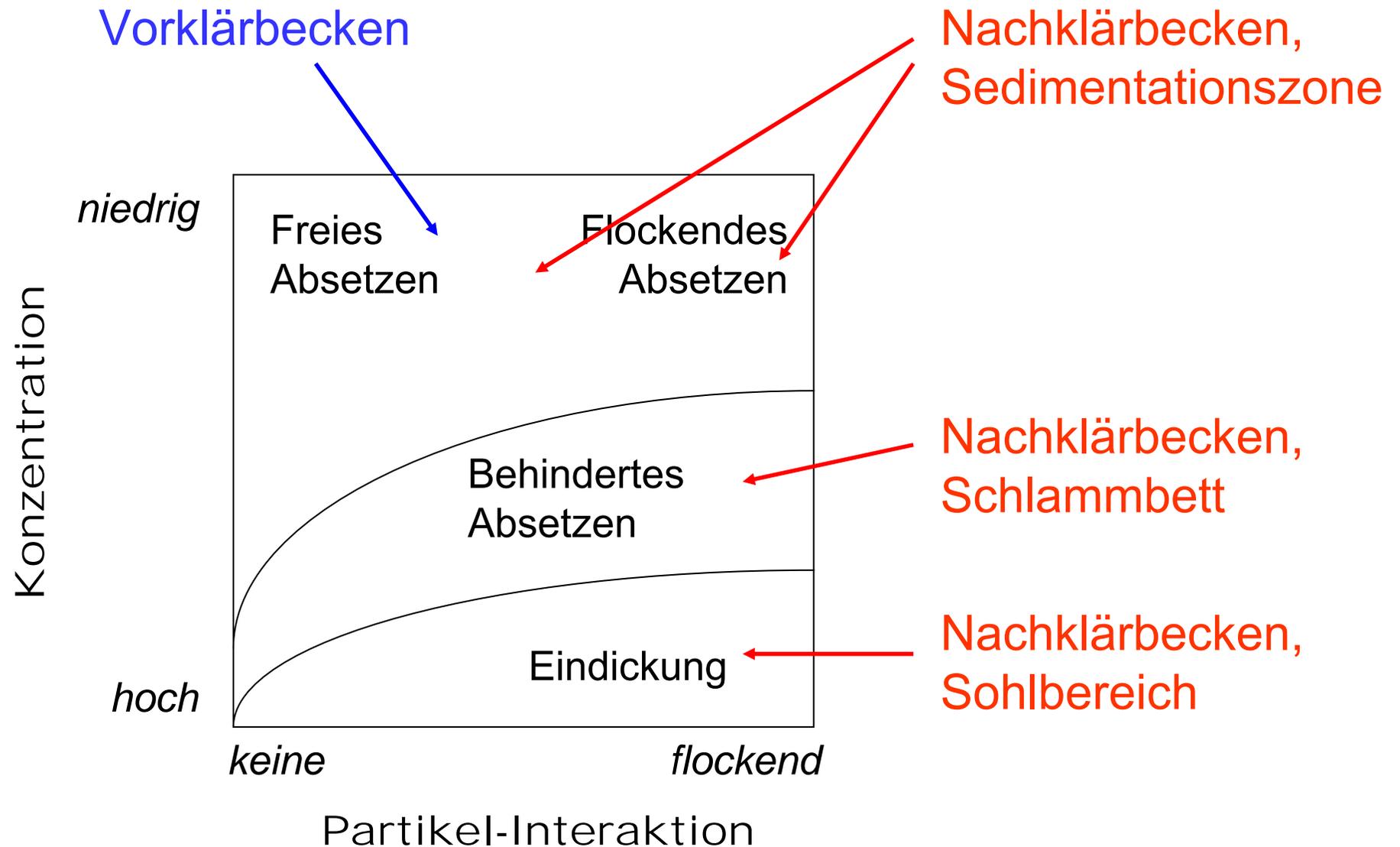
→ C-Abbau und Nitrifikation laufen räumlich getrennt ab

5.5 Nachklärung

Aufgaben des Nachklärbeckens

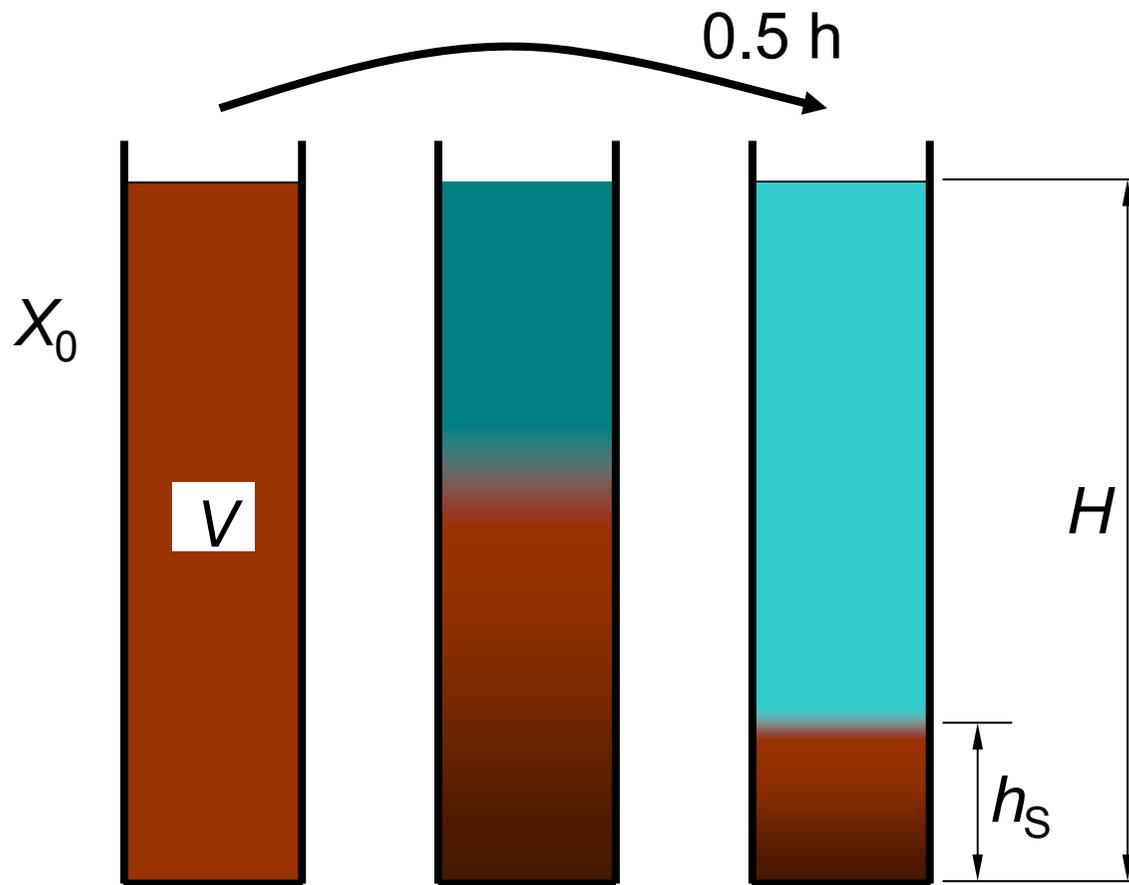
- Trennen** von Schlamm und gereinigtem Abwasser durch **Sedimentation**
- Klären** → möglichst niedrige Ablaufkonzentration
- Speichern** des aus dem Belebungsbecken verlagerten Schlamms, insbesondere bei Regenwetter
- Eindicken** → möglichst hohe Rücklaufkonzentration
- Bauformen**
- Rund, von innen nach außen durchströmt
 - Rechteckig, längs durchströmt
 - Rechteckig, quer durchströmt
 - Vertikal, von unten nach oben durchströmt

Sedimentation



Schlammindex

Schlammindex ISV ist ein Maß für die Voluminosität und die Absetzeigenschaften

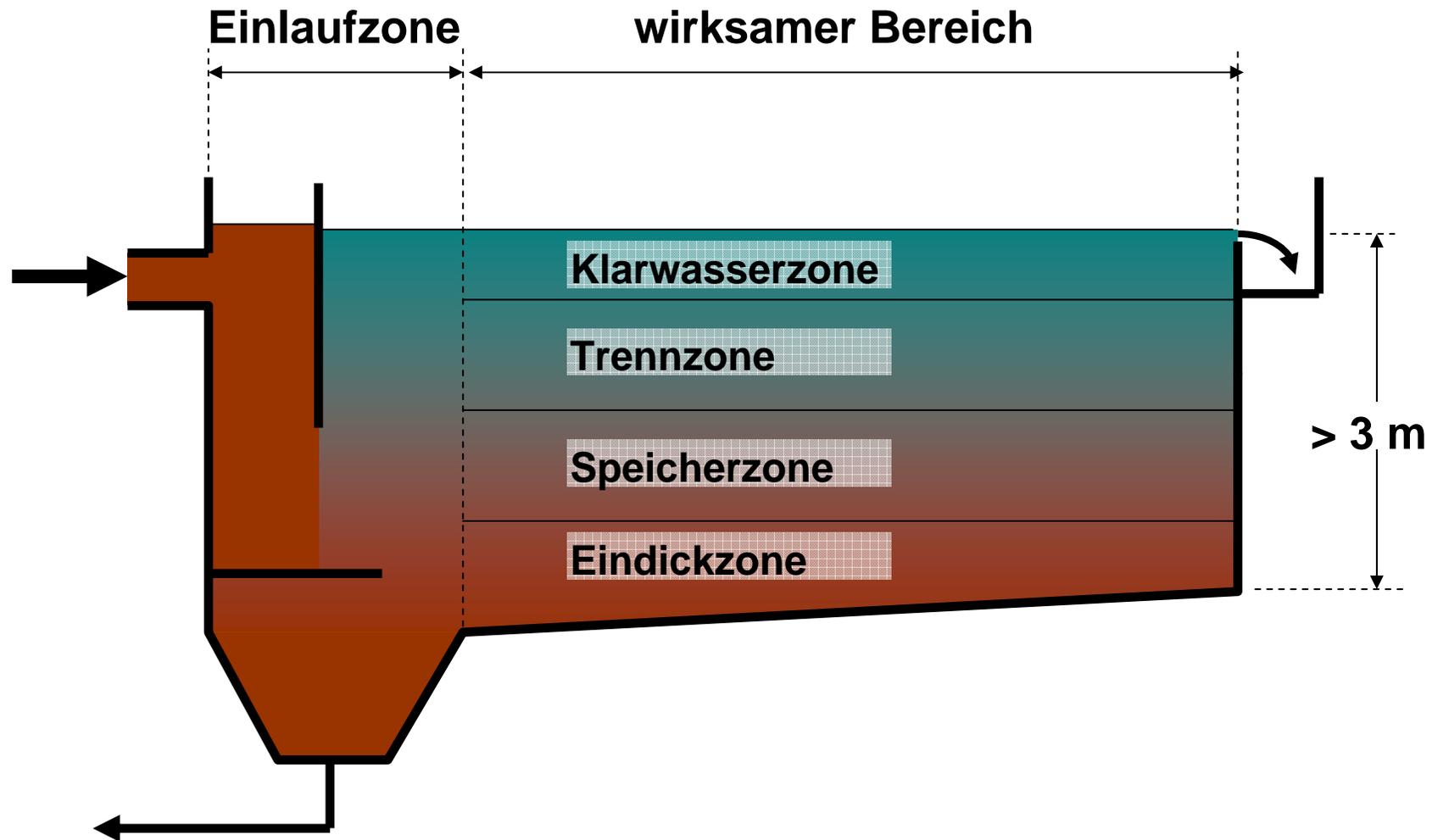


Vergleichsschlammvolumen

$$VSV = V \frac{h_s}{H} \quad (\text{ml/l})$$

$$ISV = \frac{VSV}{X_0} \quad (\text{ml / g TS})$$

Nachklärbecken, idealisierte Funktionen



ATV A131 (2000)

Dimensionierung der Oberfläche von NKB

Flächenbeschickung

$$q_A = \frac{q_{SV}}{V_{SV}} = \frac{q_{SV}}{TS_{BB} \cdot ISV}$$

Schlammvolumenbeschickung

$$q_{SV} = q_A \cdot TS_{BB} \cdot ISV$$

Grenzwerte

	q_A	q_{sv}
	(m/h)	(l/(m ² ·h))
Horizontal durchströmte NKB	1,6	500
Vertikal durchströmte NKB	2,0	650

ATV A131 (2000)

Dimensionierung der Wassertiefe von NKB

Klarwasserzone $h_1 = 0,5 \text{ m}$

Trennzone $h_2 = \frac{0,5 \cdot q_A \cdot (1 + RV)}{1 - VSV/1000}$

Speicherzone $h_3 = \frac{1,5 \cdot 0,3 \cdot q_{SV} \cdot (1 + RV)}{500}$

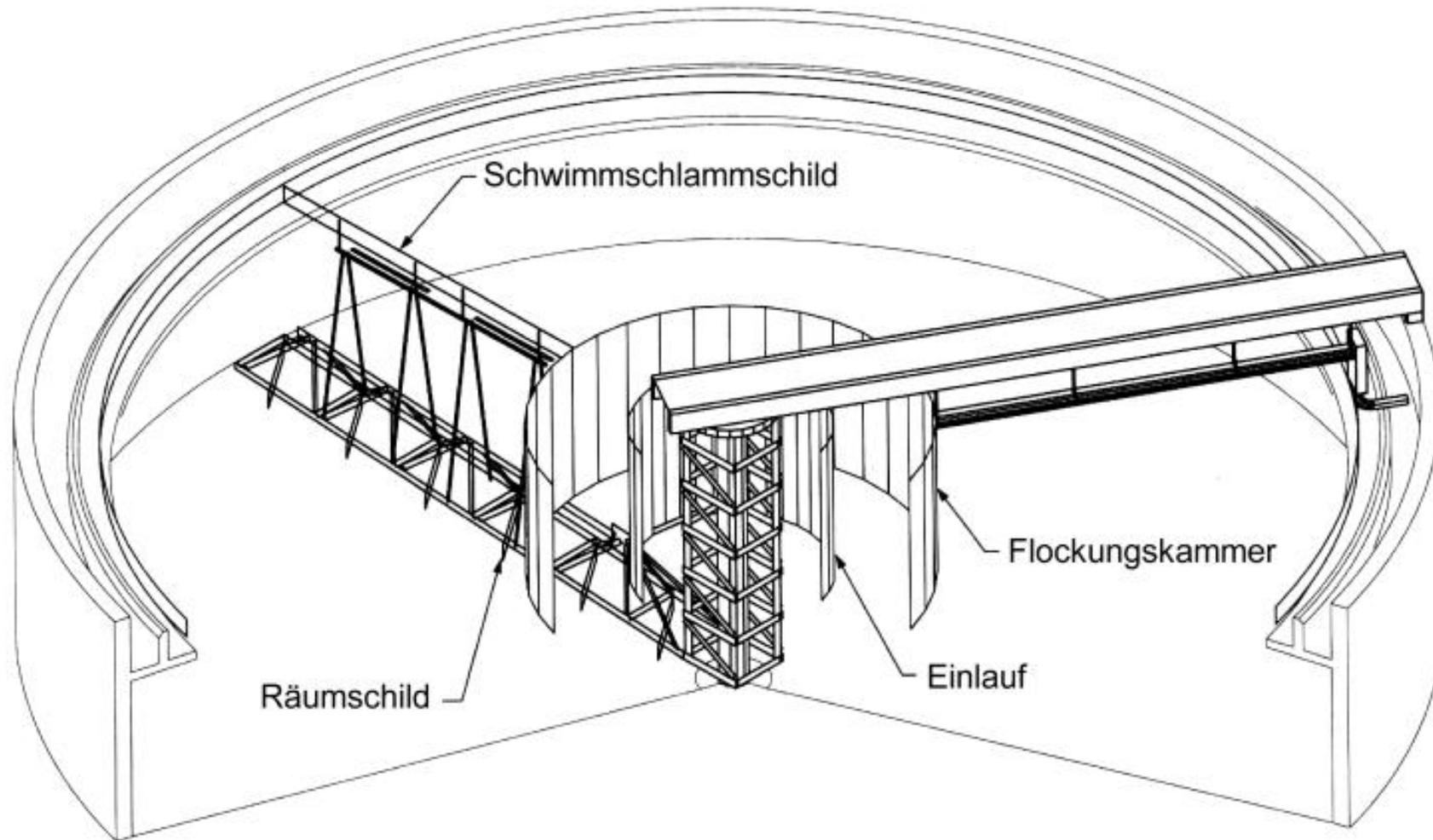
Eindickzone $h_4 = \frac{TS_{BB} \cdot q_A \cdot (1 + RV) \cdot t_E}{TS_{BS}}$ $TS_{BS} = \frac{1000}{ISV} t_E^{1/3}$

TS_{BS} Konzentration im Bodenschlamm

t_E	Eindickzeit	1,5 – 2,0	ohne Nitrifikation
		1,0 – 1,5	mit Nitrifikation
		2,0 – (2,5)	mit Denitrifikation

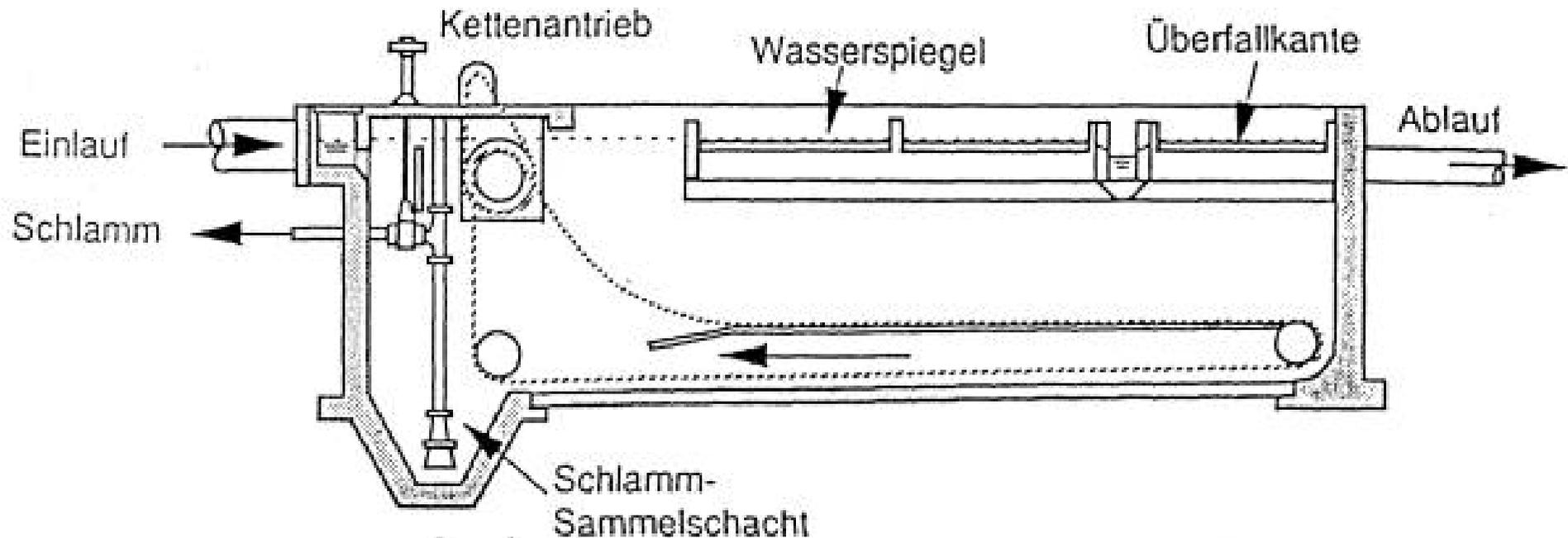
ATV A131 (2000)

Rundbecken

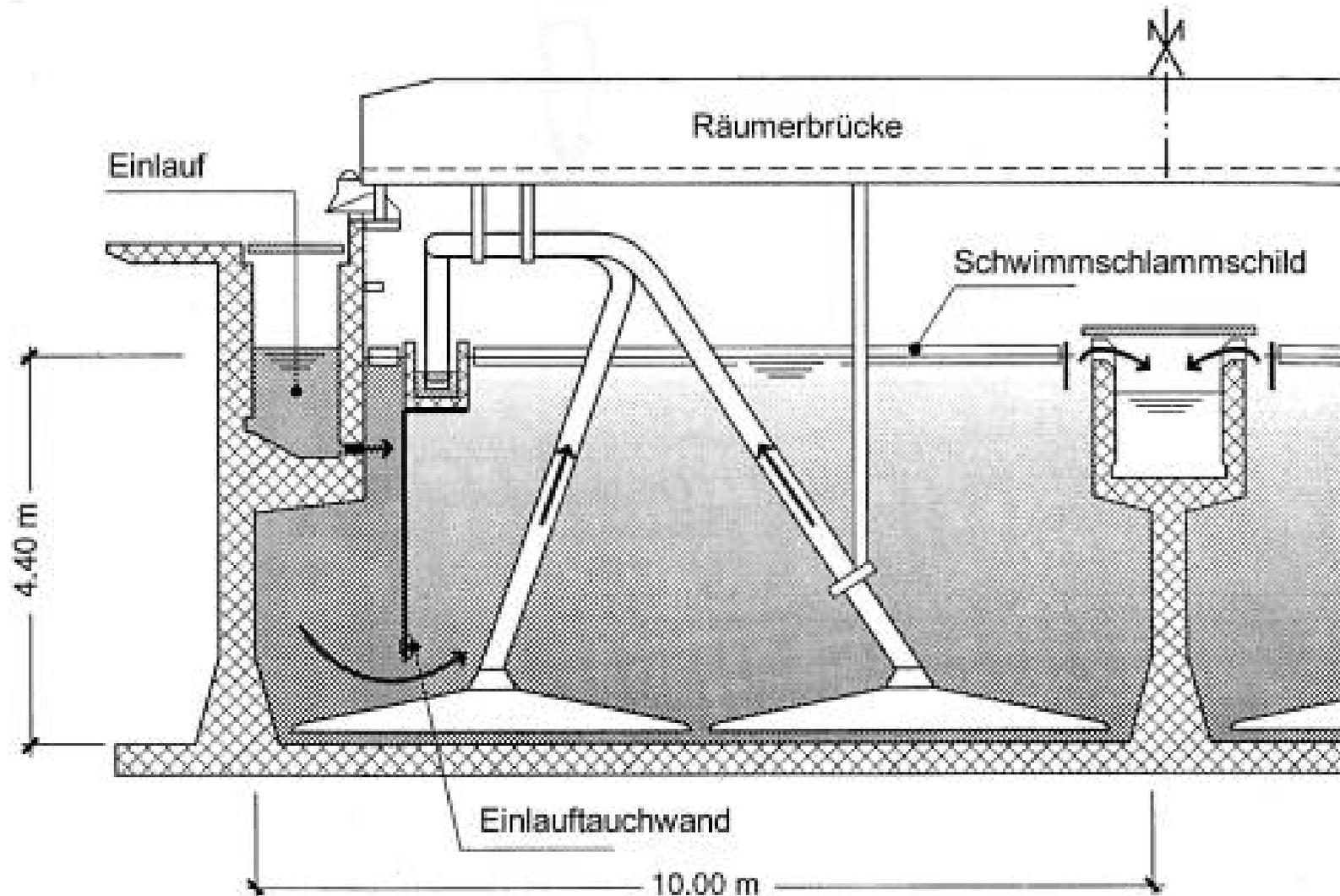


mit Schild- oder Saugräumer

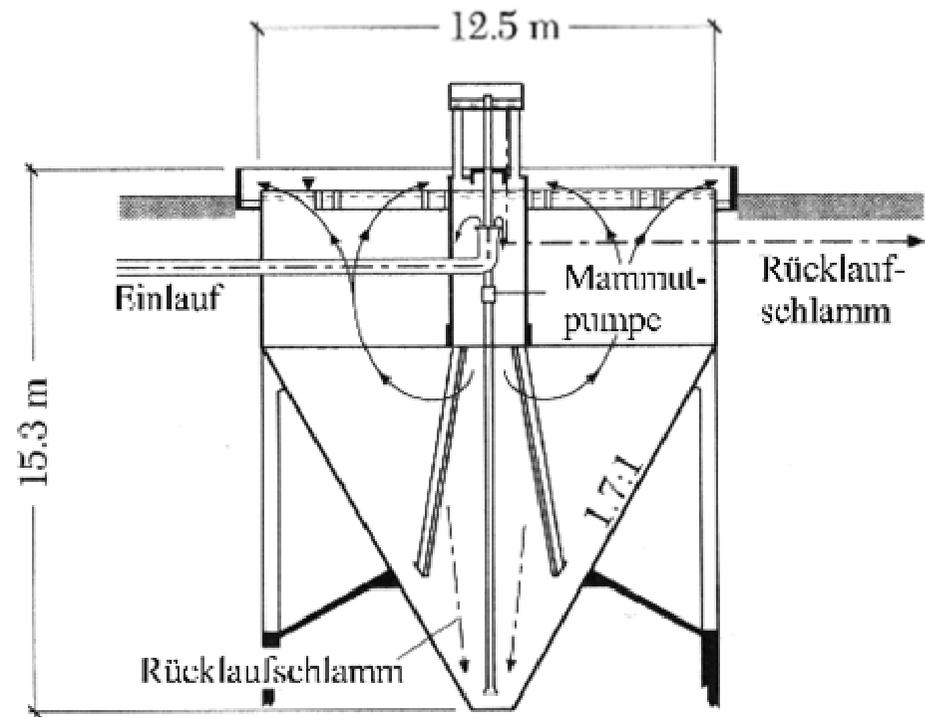
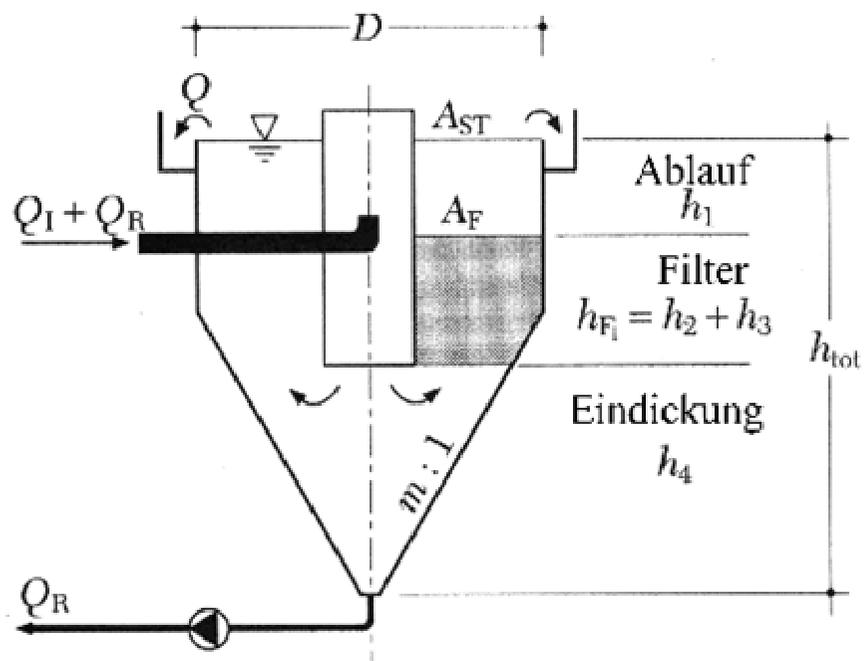
Längs durchströmtes Rechteckbecken mit Kettenräumer



Quer durchströmtes Rechteckbecken mit Saugräumer



Vertikal durchströmtes Becken



5.6 Schlammbehandlung

Zusammensetzung des Klärschlamm

→ Die aus dem Abwasser entnommenen Stoffe, die nicht abgebaut werden, finden sich im Klärschlamm wieder

- Vorwiegend Wasser
- Mikroorganismen
- Viren, Krankheitserreger, allg. Keime
- Organische Feststoffe, die sich biologisch verändern lassen
- Organische Verbindungen, die sich im Schlamm einlagern
- Schwermetalle
- Mikroverunreinigungen, Arzneimittelrückstände, endokrin wirksame Substanzen

Ziele der Schlammbehandlung

Volumenreduktion

- Eindickung
- Entwässerung

Abtöten pathogener Keime

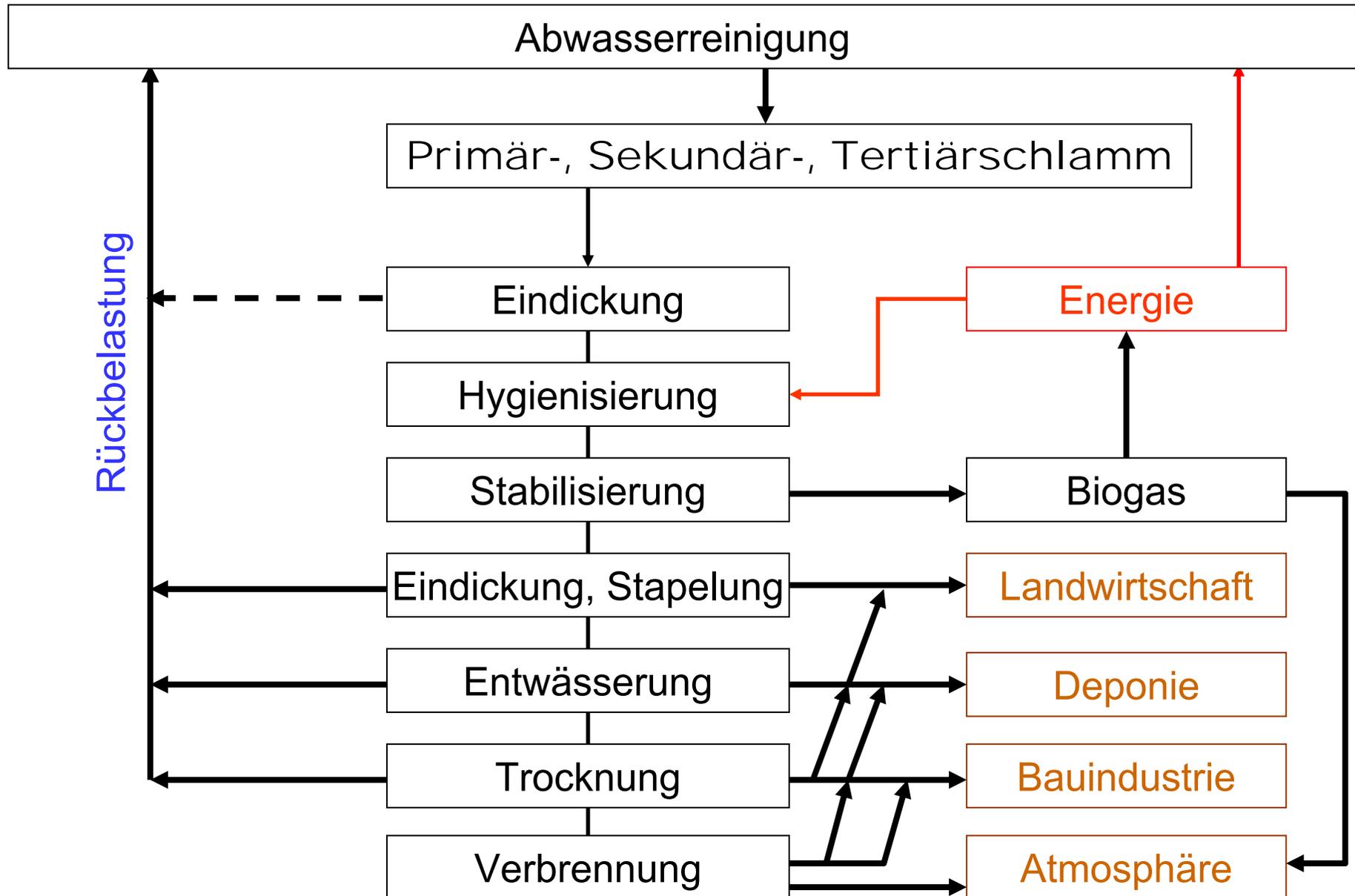
- Bei Verwendung in der Landwirtschaft oder als Kompost

Stabilisierung organischer Substanzen

- Gasproduktion
- Verringerung der Trockensubstanz
- Verbesserung der Entwässerung
- Reduktion der Geruchsentwicklung

Rückgewinnung von Wertstoffen

- Nährstoffe, Dünger
- Humus
- Biogas



Schwerkraft-Eindickung

gravitative Trennung ähnlich einem Absetzbecken

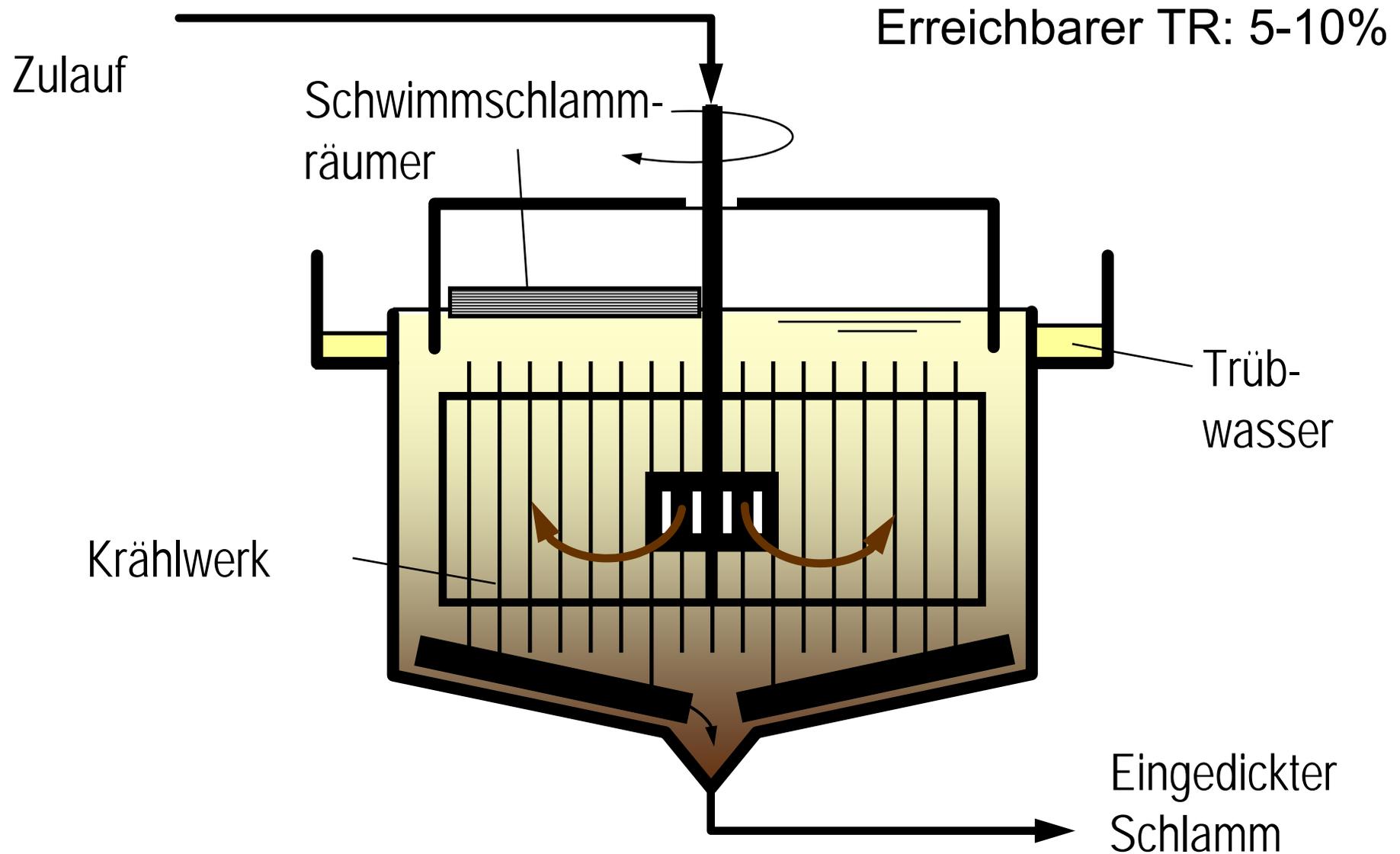
zusätzlich Krälwerk zur Förderung der Flockung und zur Abführung von Schlammwasser und Gasblasen nach oben

Trübstoffarmes Schlammwasser wird vor dem Vorklärbecken - oder bei hohem Schwimmstoff- oder Fettanteil vor dem Sandfang - in die Abwasserreinigung zurückgeführt

eingedickter Schlamm wird aus dem Trichter in die Schlammbehandlung geleitet

zur effizienten Eindickung sollte Gasblasenbildung vermieden werden

Schwerkraft-Eindicker



Maschinelle Schlammmeindickung

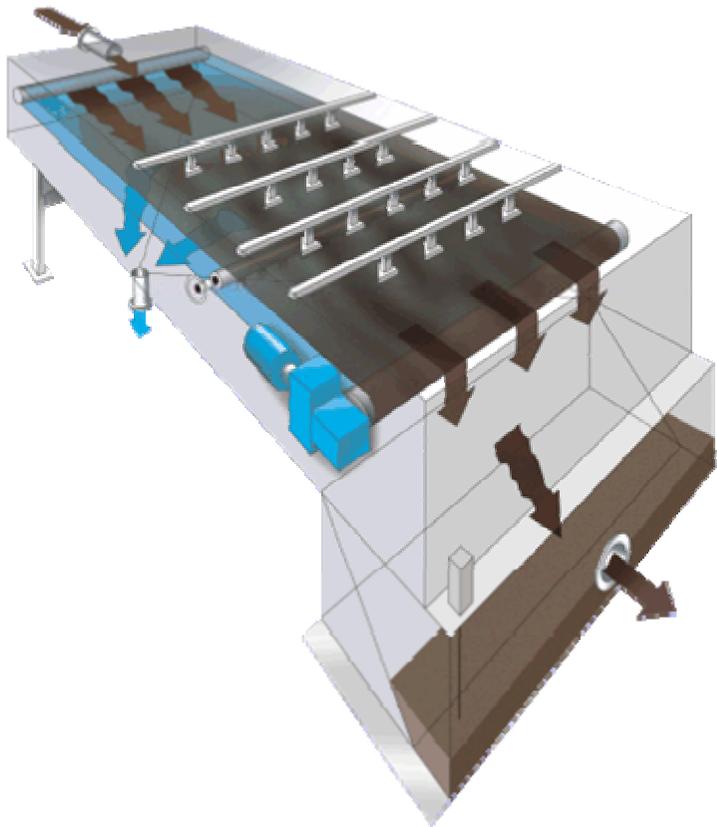
Scheibeneindicker

Erreichbarer TR: 6-8%

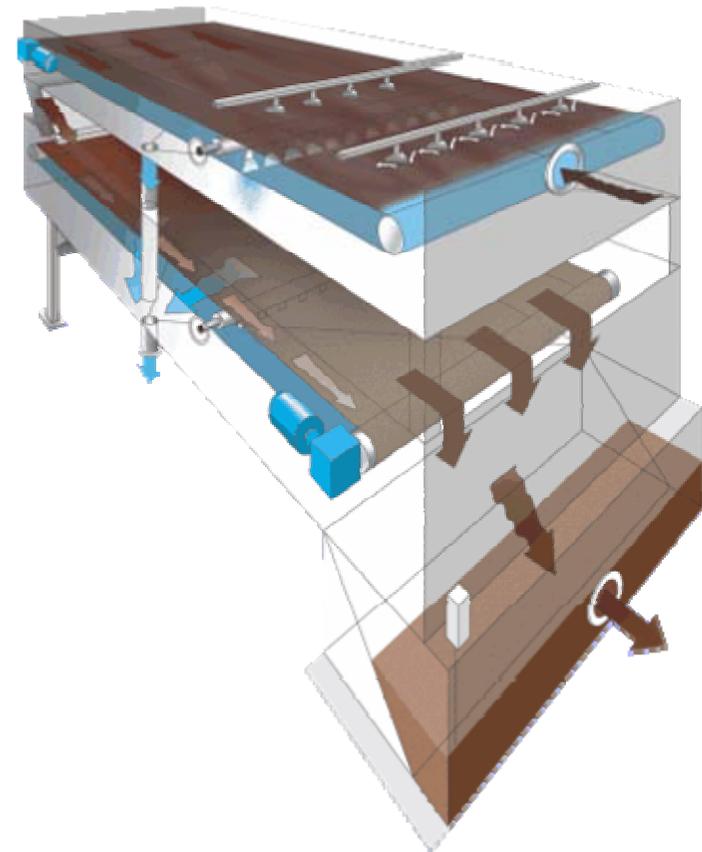


Maschinelle Schlammverdickung

„Drainbelt“ Fa. Huber
erreichbarer TR: 6-8%

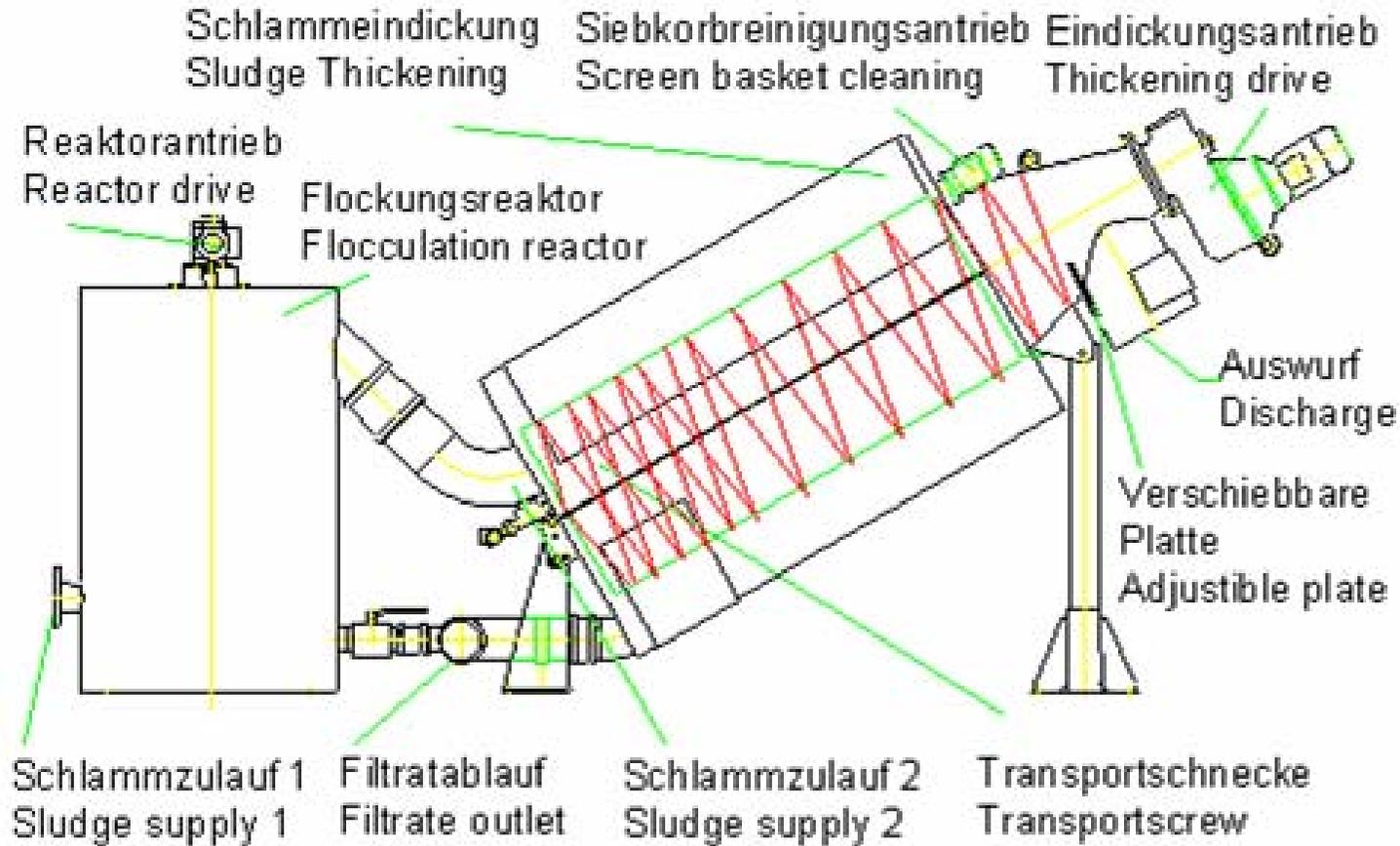


„Twinbelt“ Fa. Huber
erreichbarer TR: 6-8%



Maschinelle Schlammindickung

Schneckeneindicker



Anaerobe mesophile Schlammstabilisierung

Faulreaktor

Erwärmung auf 33 – 37°C → Prozesse laufen schneller ab
Inhalt des Faulreaktors wird umgewälzt → Schlamm und Wasser haben eine ähnliche Aufenthaltszeit

Stapelbehälter

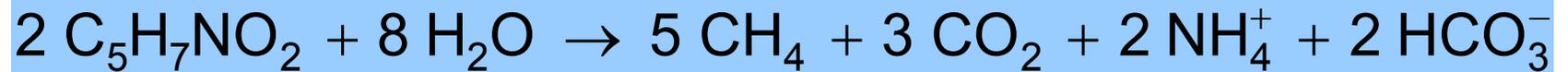
nicht geheizt → wenig biologische Prozesse
nicht umgewälzt → Trennung von Schlamm und Faulwasser, das in die Abwasserreinigung geleitet wird

→ **Rückbelastung durch Trübwasser beachten, Größenordnung 10% der N-Belastung**

Eindickung

Prozesse im Faulbehälter

Anaerober Abbauprozess



Abbau organischer Substanz um ca. 50%

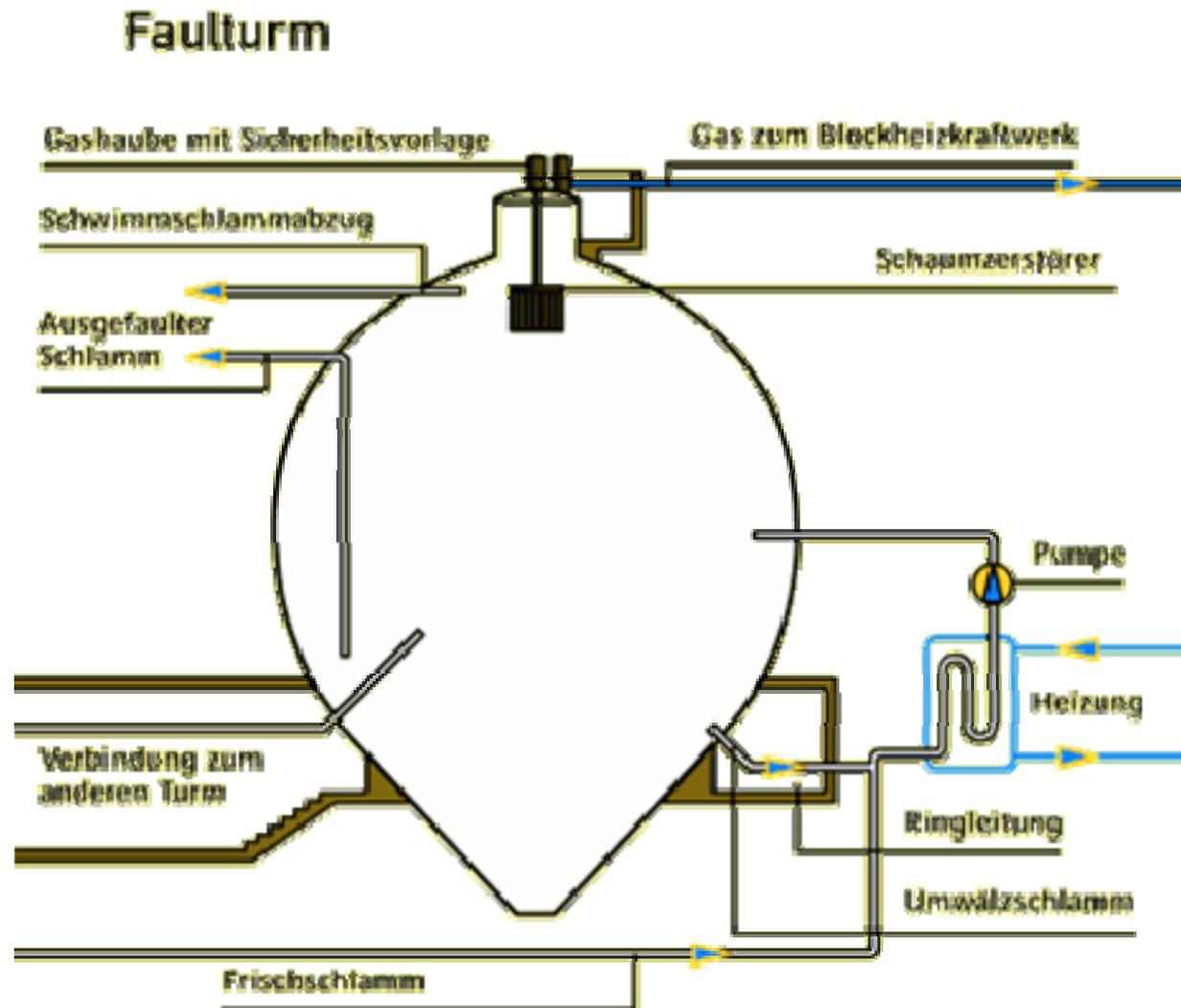
Biogasproduktion: 63% CH₄ (Methan)
35% CO₂
2% andere Gase (N₂, H₂, H₂S)

→ **Blockheizkraftwerk (Elektr. Energie + Wärme)**

Organisch gebundener Stickstoff wird in NH₄⁺ umgewandelt

→ **N-Rückbelastung der Abwassereinigungsanlage**

Schema eines Faulturms (Ei-Form)



Faulturm Bauausführung



Kennwerte des Faulbehälters

Mittlere Verweilzeit des Schlammes

Kleine Anlagen, schlecht durchmischt < 30 d

Mittlere Anlagen mit Umwälzung 20 d

Große Anlagen mit Umwälzung 12 – 16 d

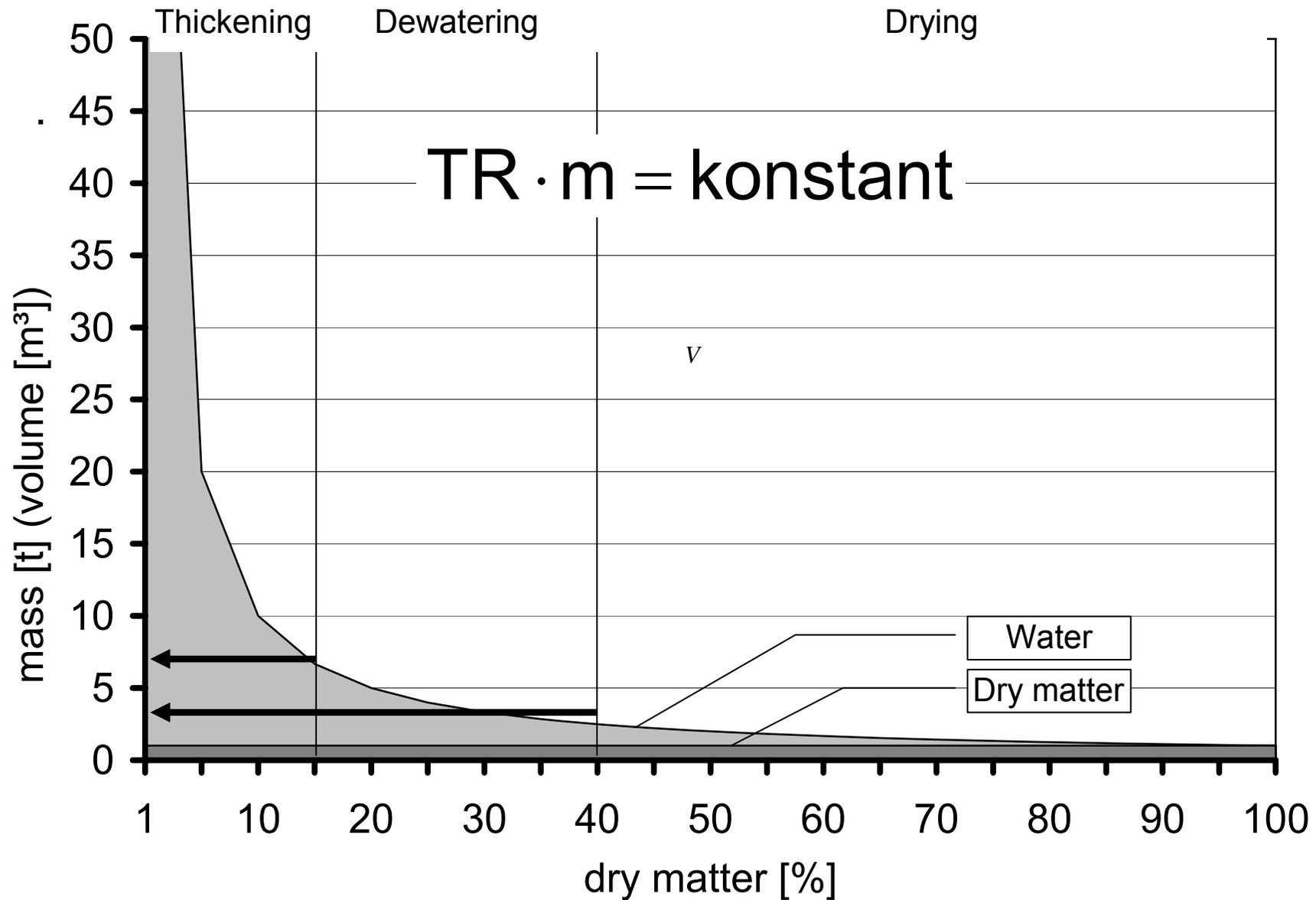
Biogasprod. bez. Abbau org. Substanz $0,9 \text{ m}^3 / \text{kg GV}_{\text{abgeb}}$

Abbau org. Substanz 40 – 55%

Aerobe simultane Schlammstabilisierung

- Keine Vorklärung → kein Primärschlamm
- Hohes Schlammalter θ_x ca. 25 d ($B_{TS} \leq 0,05$ kg BSB₅/(kg TS d))
- Das Belebungsbecken wird wesentlich größer als bei einer Anlage mit anaerober Schlammstabilisierung
- Keine Biogasproduktion, erhöhter Energieeinsatz für Belüftung
- Zusätzlich ev. Stapelbehälter oder Trockenbeete, die zur Eindickung genutzt werden können
- Stabiler, einfacher Betrieb

Volumenreduzierung



Volumenreduktion

Wassergehalt im ausgefaulten Schlamm > 95% !

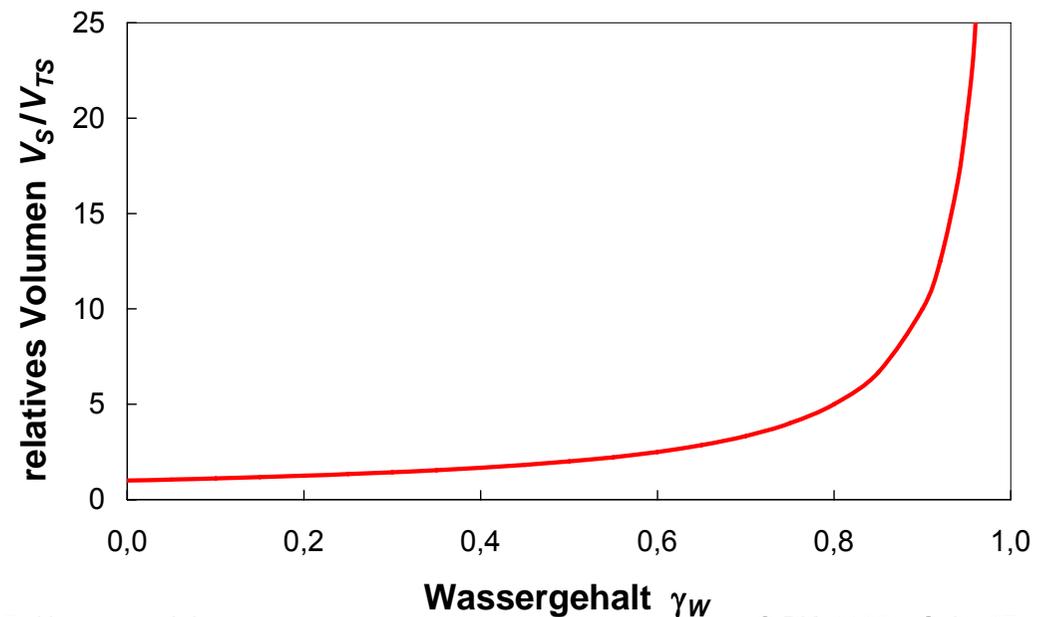
→ Verminderung des Wassergehaltes und des Volumens

Schlammvolumen

$$V_S = V_{TS} + V_W = V_{TS} + \gamma_W V_S \quad \text{mit Wassergehalt} \quad \gamma_W = \frac{V_W}{V_S}$$

$$\rightarrow V_S = \frac{1}{1 - \gamma_W} V_{TS}$$

→ Kein linearer Zusammenhang !



Entwässerung

Konditionierung mit Flockungshilfsmitteln (Polyelektrolyte) zur effizienteren Entwässerung

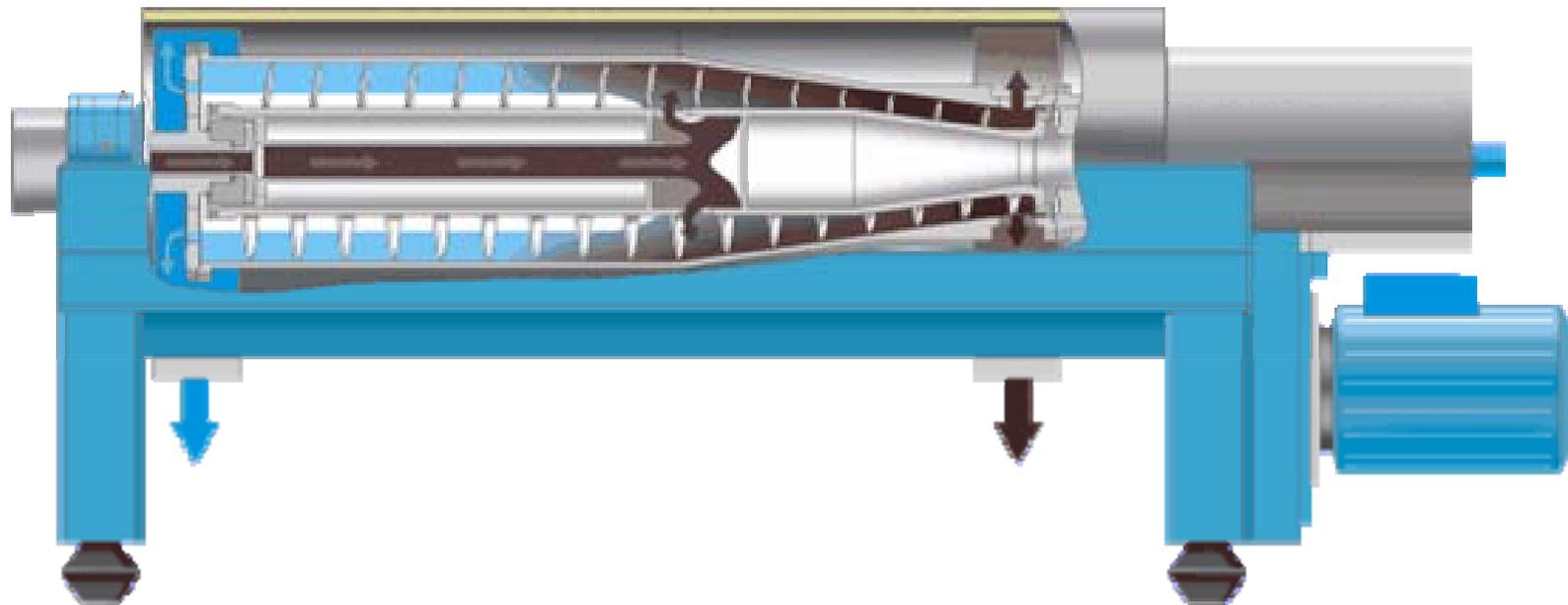
Verfahren	Betrieb	Methode	γ_w	γ_{TS}
Dekanter	Kontinuierlich	Zentrifuge	$> 0,7$	$< 0,3$
Kammerfilter- presse (<i>große Anlagen</i>)	Batch-weise	Hydraulische Pressen bringen Druck auf	bis 0,6	bis 0,4
Bandfilterpresse (<i>kleine Anlagen</i>)	Kontinuierlich	Zuerst Unterdruck, dann „kneten“ über Umlenkrollen	bis 0,7	bis 0,3

Maschinelle Schlammwässerung

Dekanterzentrifuge

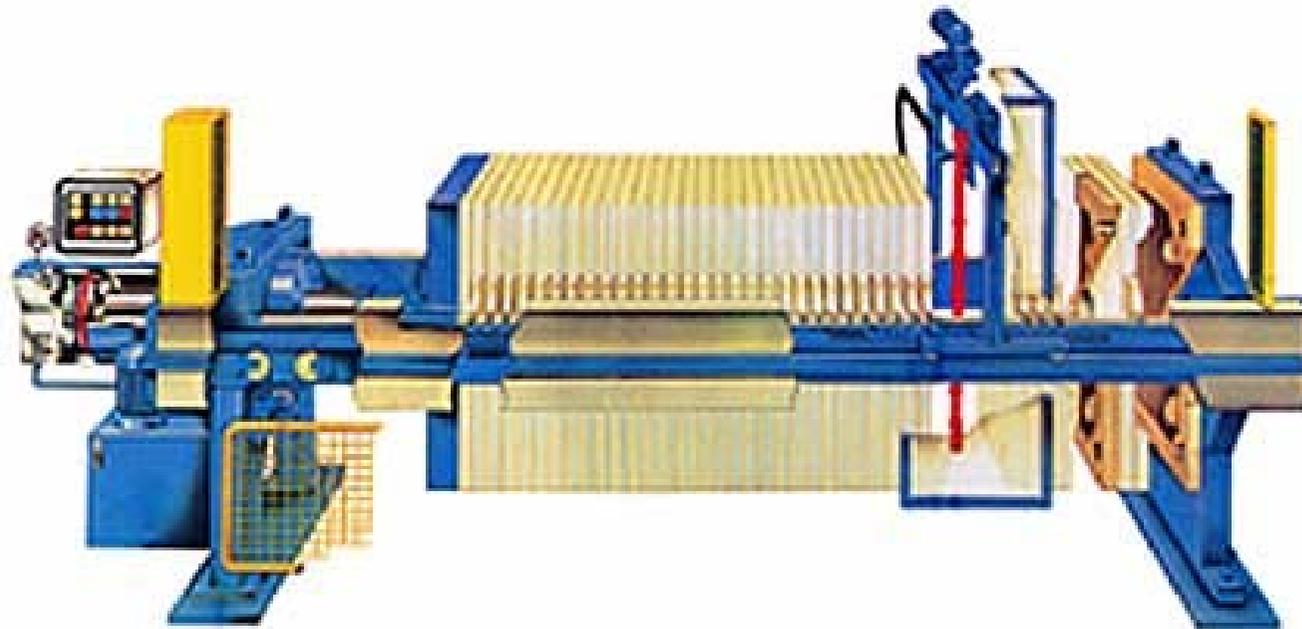
Erreichbarer TR: 25 – 35 %

kontinuierliche Beschickung möglich



Maschinelle Schlammwässerung

Kammerfilterpresse: Erreichbarer TR: 25 – 40 %
diskontinuierliche Beschickung



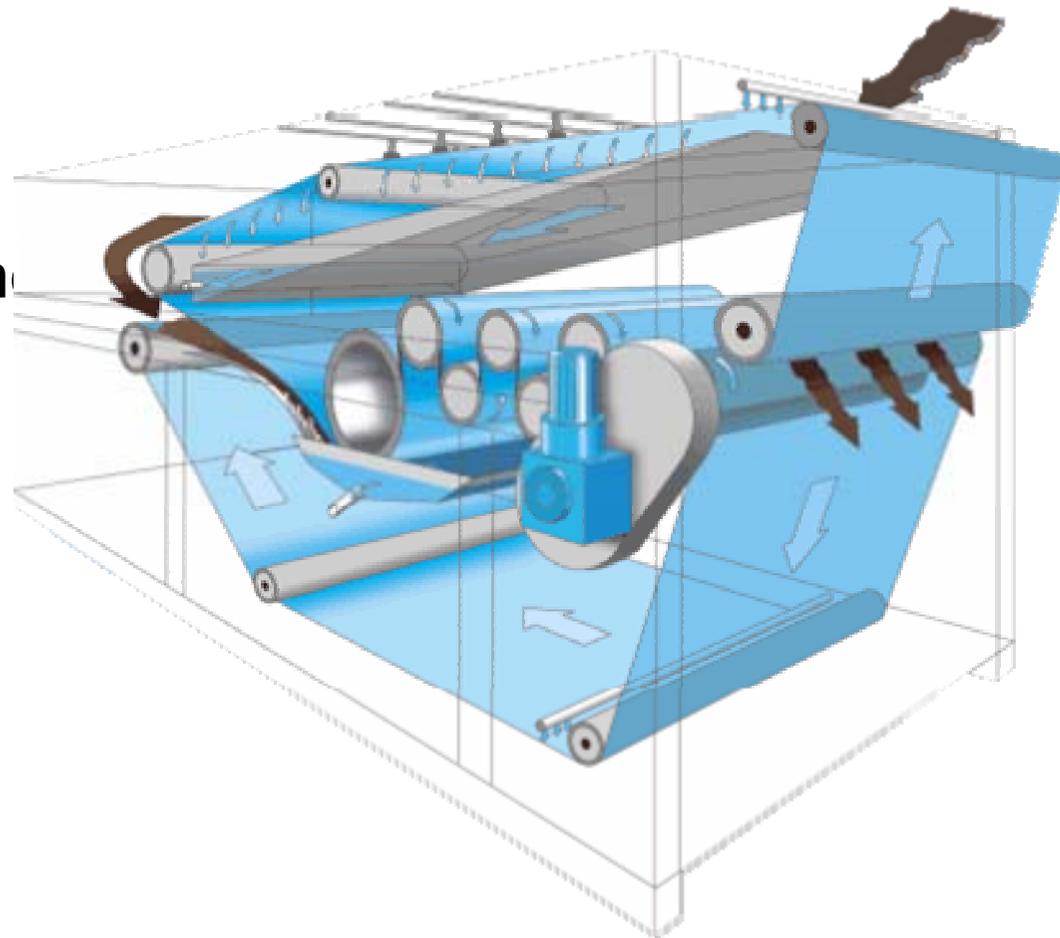
Maschinelle Schlammwässerung

Siebbandpresse

Erreichbarer TR: bis 30%

Kontinuierliche
Beschickung möglich

Relativ wartungsarm und
robust



Trocknung

→ Verdampfung des Wassergehaltes

Teiltrocknung → γ_W 0,3 bis 0,4 (60 – 70% TS)

Volltrocknung → γ_W bis < 0,1 (> 90% TS)

Kontaktrocknung durch beheizte Flächen

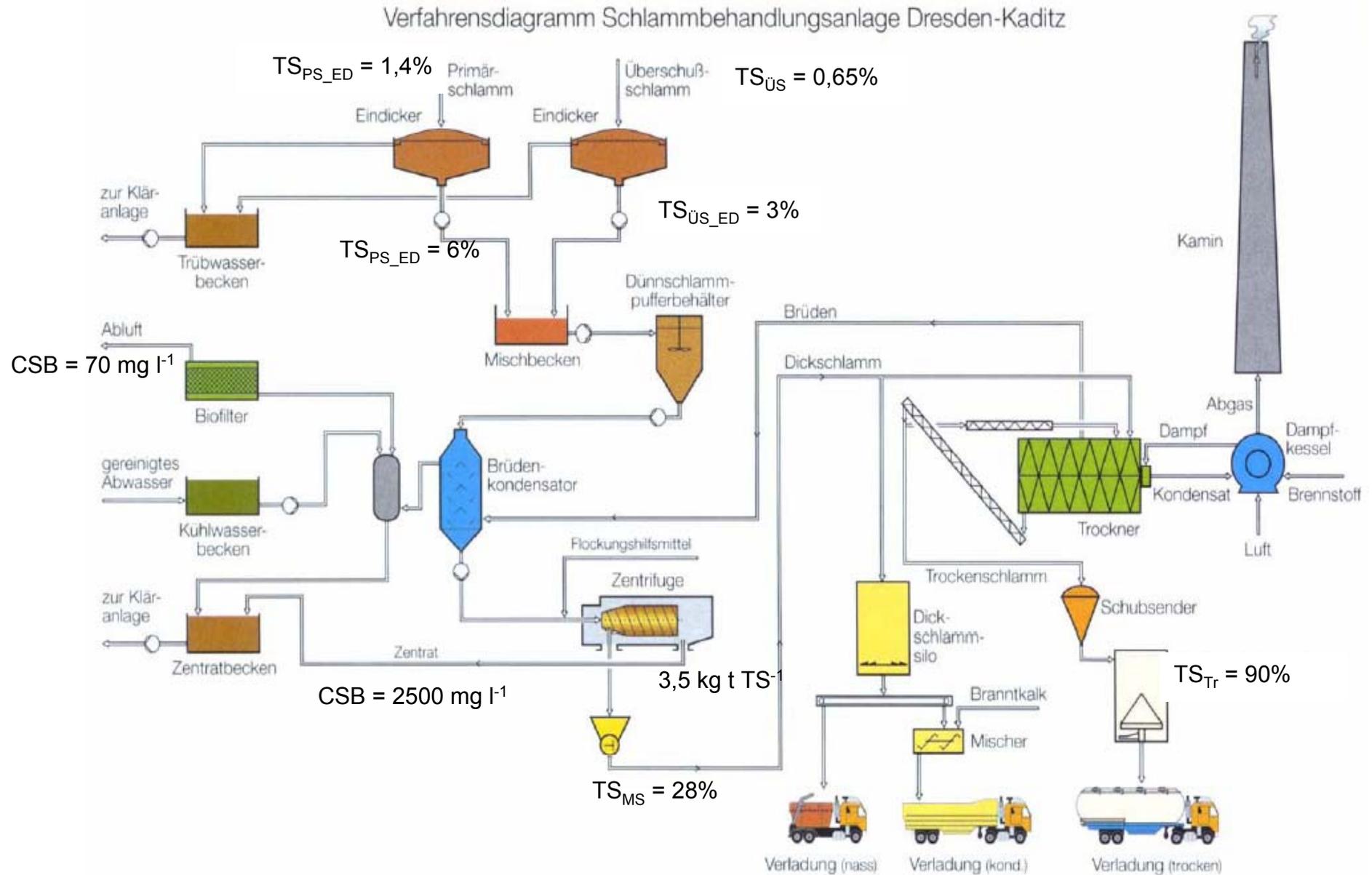
Konvektionstrocknung durch heiße Luft im Gegenstrom
Zuluft ca. 600°C, Abluft ca. 300°C (Imhoff, 1999)

Einsatz nur für große Kläranlagen wirtschaftlich

Lagerung ist kritisch: Brand, Staubexplosion

In Granulatform als Dünger einsetzbar

Schema Schlammbehandlung DD-Kaditz



Verwertung in der Landwirtschaft

→ Recycling der Nährstoffe, aus ausgefaultem Schlamm

Schlammbehandlung	Düngerart*
Flüssiger Klärschlamm	P- und N-Dünger
Entwässerter Klärschlamm	P-Dünger, N als Depot
Getrockneter Klärschlamm	P-Dünger

* Beschränkung der Überdüngung durch Vorgabe $\leq 5 (t_{mT}/3a)$

Probleme

- Generell Akzeptanz
- Schwermetalle
- Mikroschadstoffe: Arzneimittelrückstände, endokrin wirksame Substanzen

Kompostierung

→ Aerober biologischer Abbau organischer Inhaltsstoffe

Voraussetzungen Stabilisierung
 Entwässerung
 Hygienisierung

Verfahren

- Strukturmittel: gehäckselter(s) Strauchschnitt, Stroh, Holz
Sägemehl, -späne
- Mischung ca. 1:1
- Wassergehalt des Rottegemisches ca. 0,65

→ Anforderungen sind höher als an Klärschlammausbringung !

Verbrennung

Nutzung des Energieinhalts, aber nicht der Nährstoffe

Monoverbrennungsanlagen (d.h. ohne Zuschlagsstoffe)

- bei ausreichend hohem Heizwert des Schlammes → höherer Heizwert, wenn dem Schlamm kein Biogas entzogen wurde
- bei ausreichendem Wassergehalt (keine Volltrocknung)
- Wirbelschichtofen Verbrennung bei 800 – 950°C im in Schwebelag gehaltenen Sandbett
- Teuer!

Mitverbrennung

- in Kohlekraftwerken
- in Müllverbrennungsanlagen
- in Zementwerken, Asche wird in den Werkstoff eingebunden