

Umbau, Nachrüstung und Optimierung von Abwasserteichanlagen

– Was ist zu beachten und was ist machbar?

Prof. Dr.-Ing. Matthias Barjenbruch

*TU Berlin, Department of Urban Water Management
Gustav-Meyer-Allee 25, D - 13355 Berlin*

*Phone: +49 / (0) 30 / 314 72246; Fax: +49 / (0) 30 / 314 72248
e-mail: matthias.barjenbruch@tu-berlin.de*

Abwasserteiche

Großer Flächenbedarf
aber im Vergleich zu anderen Technologien:

“kleiner **ökologischer** footprint”

“Strom wird nicht mehr gebraucht,
und das Land ist eine **Investition** in die Zukunft”

Spannungsfelder

Geruch

⇐ Gestank

Geräusch

⇐ Lärm

Reinigungsleistung

⇐ Gewässerqualität



Überblick zur Anwendung von Abwasserteichen

Weltweit

- Abwasserteiche sind das weltweit am meisten eingesetzte Verfahren zur biologischen Abwasserbehandlung!
- Anwendungen (Auswahl):
 - ➔ USA: mehr als 9.000 Teiche in verschiedensten Stufen; Neuseeland: 200 Anlagen, meist in 2. Stufe
 - ➔ Frankreich ca. 3.000 Teiche, 20% der Kläranlagen
 - ➔ Süd- und Mittelamerika >> 10.000 Anlagen (geschätzt)
 - Verminderung von Keimen als Reinigungsziel
 - Nutzung zur Bewässerung und als Dünger
 - ➔ **Deutschland ca. 2.000 Stück**
 - in etwa zur Hälfte **belüftete** und **unbelüftete** Anlagen
 - entspricht ca. 20% aller Kläranlagen in Deutschland
 - ➔ **Jordanien 5 Abwasserteiche (2006)**
 - ➔ Iran 18% aller Kläranlagen; Syria 1 pond (Allepo)
 - ➔ Agro-Industrie: 10.000

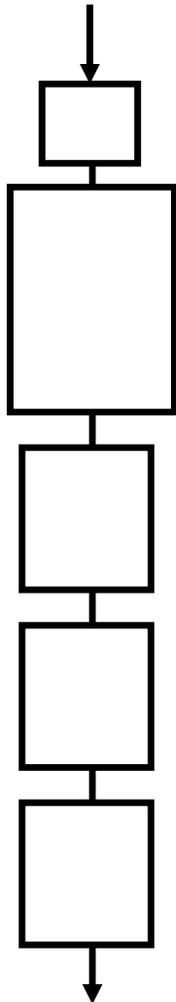
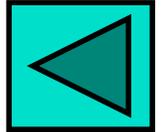
Übersicht zu den Verfahren der Abwasserteiche

Definition: „Becken einfacher Bauweise, meist Erdbecken, zur Behandlung von Abwasser.“ [EN 1085]

- **Absetzteiche**
- **Anaerobe Teiche** (in warmen Klimaten)
- **Unbelüftete/natürlich belüftete Teiche**
- **Belüftete Abwasserteiche**
- **Nachklär- und Schönungsteiche**
- **Sonderformen**
 - ➔ Stapelteiche (belüftet/unbelüftet)
 - ➔ Abwasserfischeiche
 - ➔ Teiche mit Schlammrückführung (Belebungsteiche)
 - ➔ SBR-Teiche
 - ➔ Drainageteiche



Abscheidung der absetzbaren Stoffe/Grobstoffe
(Teil-)Ausfäulung des abgesetzten Schlammes
Einsatz als Vorstufe einer weiteren Behandlung
Hohe organische Belastung → vorwiegend anaerob,
Geruchsemission möglich
Regelmäßige Schlamm- und Schwimmstoffräumung



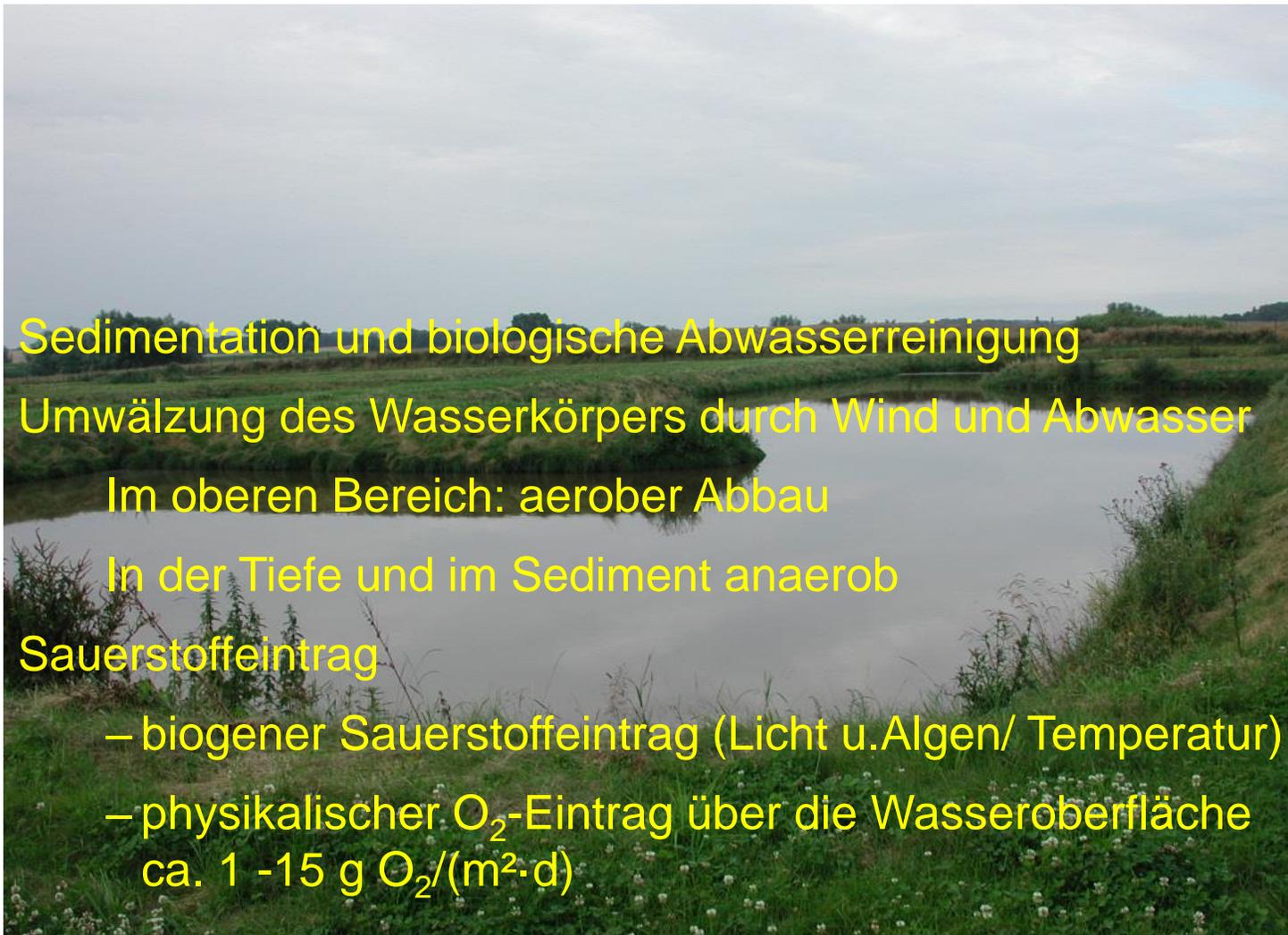
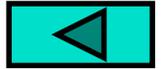
anaerober Teich

Fakultativer Teich

Schönungsteiche:
N = 1, 2, 3,

- Tiefe: 2-5m
- Keine Algen
- Relativ schmal
- Hohe org. Belastung $>100\text{g BSB}_5/(\text{m}^3\cdot\text{d})$
- 40-70% **BSB₅ Elimination**





Sedimentation und biologische Abwasserreinigung

Umwälzung des Wasserkörpers durch Wind und Abwasser

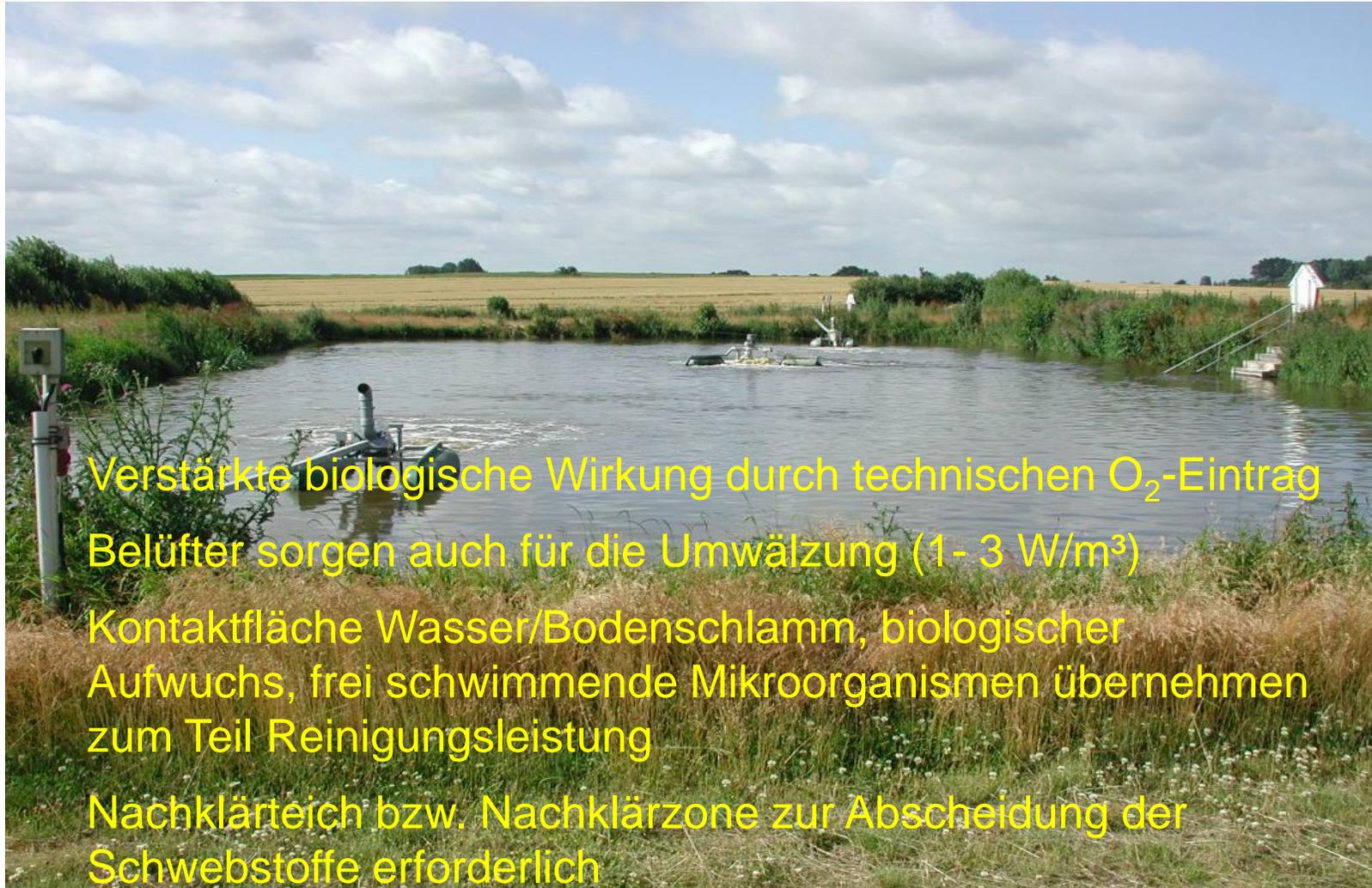
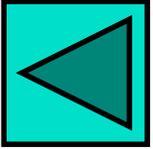
Im oberen Bereich: aerober Abbau

In der Tiefe und im Sediment anaerob

Sauerstoffeintrag

– biogener Sauerstoffeintrag (Licht u. Algen/ Temperatur)

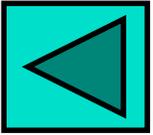
– physikalischer O_2 -Eintrag über die Wasseroberfläche
ca. 1 -15 g O_2 /(m²·d)



Verstärkte biologische Wirkung durch technischen O_2 -Eintrag
Belüfter sorgen auch für die Umwälzung ($1-3 \text{ W/m}^3$)

Kontaktfläche Wasser/Bodenschlamm, biologischer
Aufwuchs, frei schwimmende Mikroorganismen übernehmen
zum Teil Reinigungsleistung

Nachklärteich bzw. Nachklärzone zur Abscheidung der
Schwebstoffe erforderlich



- ➔ Übergang zwischen „technischer“ Biozönose und natürlicher Biozönose
- ➔ Teichtiefe 1- 2m
- ➔ keine undurchströmten Zonen:
 - Aufteilung auf gesamte Fläche,
 - Einlaufgestaltung und Verteilung des Zuflusses auf gesamte Teichbreite
- ➔ Flachwasserzonen ermöglichen Teildesinfektion (Sonnenlicht)
- ➔ **Gefahr der Ablaufverschlechterung**



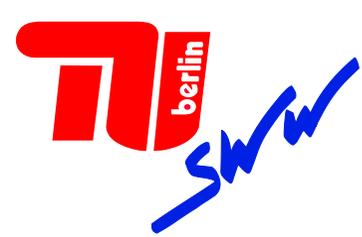




Auslegungsdaten

1. Messwerte auswerten
 2. Standardwerte
-

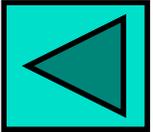
- Abwasseranfall (stark schwankend)
 - ➔ nach ATV-A 118 150 (115) l/(E·d) besser kleiner
 - ➔ nach eigener Umfrage ca. 115 l/(E·d); Bereich 25 - 245 l/(E·d)
 - ➔ Teiche mit Trennsystem 80 - 90 l/(E·d);
Teiche mit Mischsystem 120 -130 l/(E·d)
- stündl. Spitze $Q_{h,max.}$:
 - ➔ $1/8$ bis $1/12 \cdot Q_d$ oder $0,004$ l/(s·E)
- Fremdwasser:
 - ➔ 25 - 100% je nach Zustand u. Länge des Schmutzwassernetzes
- Spezifische Belastung, aber Zulaufkonzentrationen beachten
 - ➔ 60 g BSB₅/(E·d)
 - ➔ 120 g CSB/(E·d)



Anforderungen an die Reinigungsleistung

Größenklasse (GK)	CSB mg/l	BSB ₅ mg/l
GK 1: < 60 kg BSB ₅ (roh) < 1.000 E	150 (135)	40 (35)
GK 2: 60 bis 300 kg BSB ₅ (roh) ≤ 5.000 E	110 (95)	25 (20)

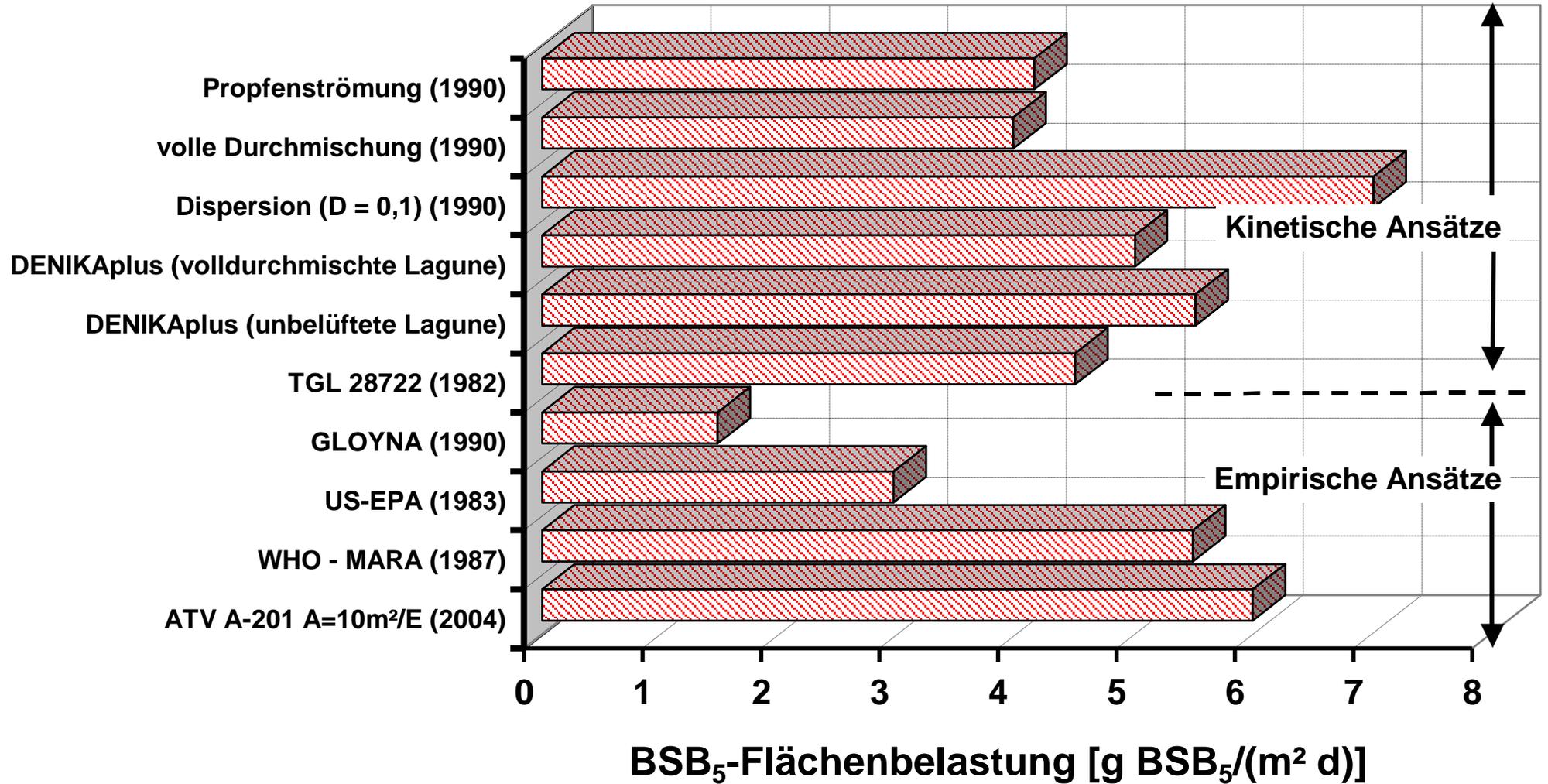
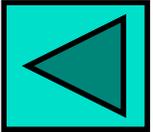
Werte in den Klammern gelten für algenfreie Proben

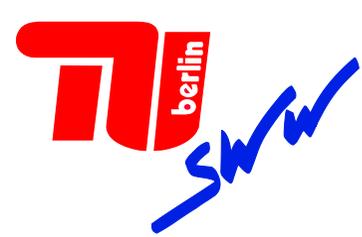


Kenngröße	Bemessungsparameter	Wassertiefe	Teichanzahl
Absetzteich	Einwohnerspezifisches Volumen: $V_E \geq 0,5 \text{ m}^3/\text{E}$	$\geq 1,5 \text{ m}$	i.d.R. 1
unbelüfteter Teich	Flächenbelastung: CSB-Abbau: $8 - 10^{1)} \text{ m}^2/\text{E}$ teil. Nitrifikation: $\geq 15 \text{ m}^2/\text{E}$ MW-Mitbehandlung + $5 \text{ m}^2/\text{E}$	$\approx 1,0 \text{ m}$	Mind. 3 ¹⁾ bzw. 2
belüfteter Teich	BSB ₅ -Raumbelastung: $B_R \leq 25 \text{ g BSB}_5/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ Sauerstofflast: $1,5 \text{ kg O}_2/\text{kg BSB}_5$ Leistungsdichte: $1 - 3 \text{ W/m}^3$	$1,5 - 2,5 \text{ m}$	Mind. 3 ¹⁾ bzw. 2
Nachklär- u. Schönungsteich	Durchflußzeit bei Trockenwetter: 1 - 5 d	1 - 2 m	

1) Ohne vorgeschalteten Absetzteich

Zulaufghalte und Temperatur
werden nicht berücksichtigt!



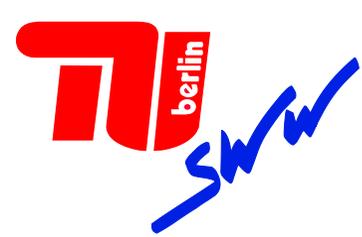


Mittlere Ablaufwerte von Abwasserteichen

Vergleich mit anderen Untersuchungen

Bundesland		Unbelüftete AT		Belüftete AT		Bemerkungen
		BSB ₅ [mg/l]	CSB [mg/l]	BSB ₅ [mg/l]	CSB [mg/l]	
Schleswig-Holstein <i>Jürgensen (1980)</i>		9 (n = 201)	52 (n = 163)	-	-	Werte aus abgesetzten, unfiltrierten Proben bestimmt
Niedersachsen <i>Brauch u. Neumann (1980) (1981)</i>		13 (n = 350)	67 (n = 350)	16 (n = 243)	94 (n = 243)	Werte aus abgesetzten und ggf. zentrifugierten Proben bestimmt
Bayern LFU 2005 <i>Ducksteeg (1999)</i>	GK1	9	47	8 (n = 234)	54 (n = 234)	
	GK2	14 (n = 58)	63 (n = 58)	8 (n = 499)	50 (n = 499)	
Mecklenburg-Vorpommern <i>(Stand 2003)</i> Eigene Erhebung	GK1	32 (n = 116)	133 (n = 116)	19 (n = 23)	114 (n = 24)	Werte aus filtrierten und unfiltrierten Proben
	GK2	11 (n = 6)	76 (n = 6)	18 (n = 13)	122 (n = 13)	
Sachsen-Anhalt <i>(Stand 2003)</i> Eigene Erhebung	GK1	29 (n = 39)	106 (n = 37)	25 (n = 9)	97 (n = 9)	Werte aus filtrierten und unfiltrierten Proben
	GK2	36 (n = 1)	111 (n = 1)	17 (n = 10)	105 (n = 10)	

Erläuterungen: AT - Abwasserteich; n - Anzahl der Ablaufuntersuchungen; GK - Größenklasse entsprechend der Abwasserverordnung



Ursachen für erhöhte Ablaufwerte

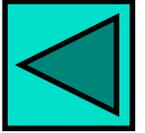
- Unzureichende Wartung (u.a. Entschlammung, Böschungspflege, Kontrolle der Ein- und Ausläufe)
- **Erhöhte CSB- und BSB₅-Zulaufgehalte**; werden i.d.R. bei der Bemessung nicht berücksichtigt.
- **Mischwassereinfluss**; bei hohem Regenwasseranteil → Verdünnung
- **Art der Vorreinigung**; Rechen/Sieb oder Vorklärteiche
- **Jahreszeitlicher Einfluß**; bei Vereisung im Winter können sich in der anschließenden Tauperiode erhöhte CSB-Ablaufwerte einstellen
- **Analytik**; der Herstellung einer algenfreien Probe ist nicht einheitlich geregelt und unterliegt subjektiver Einschätzung
- **Bemessung und Gestaltung der Teiche** (Teichgeometrie, Durchströmungsverhalten; Beschattung, **Abdichtung** etc.)
- **Niederschlag (Klima)** und Vergleich zu **technischen Kläranlagen**
- Unvollständiger Abbau; CSB/BSB₅-Verhältnis im Ablauf > 6, evtl. Bildung einer **schwerabbaubaren CSB-Fraktion**

- **Kontrolle und Wartung:** ein- bis zweimal pro Woche
 - ➔ Wöchentliche Abwasseranalysen (z.B. pH-Wert, O₂, Sichttiefe)
 - ➔ Abschöpfen schwimmender Substanzen und Reinigung der Schächte und Zuläufe
 - wenn notwendig Entfernung von „Duckweed“, Unkraut und Müll
 - ➔ Messung des Schlammspiegels, Pflege der Böschungen
- Entschlammung der Abwasserteiche
 - ➔ **unbelüftete:** ab Schlammhöhe von $\frac{1}{4} h_{ges}$; **belüftete:** Intervall von 4 bis 10 a
- Optimierung des Durchströmungsverhaltens
 - ➔ z.B. Einbau von Leitdämmen oder kurzen Leitwänden
- Verbesserung der Vorreinigung (z.B. durch Vorfällung)
- Rückpass aus dem Ablauf (Verdünnung)
- Einbau technischer Belüfter/Umwälzeinrichtungen
- Rückhalt von suspendierten Stoffen
 - ➔ Nachgeschaltete Sand- bzw. Tuchfilter; Kiesfilter, Teichfilter mit Rohrkolbenbewuchs
- Erhöhung der Biomasse
 - ➔ Umbau zum SBR z.B. CW-SBR, Lag-Nite, System Rotaria
 - ➔ Kombination Teich/technisches Verfahren
 - ➔ Kombination mit vertikalen Pflanzenbeet
 - ➔ Gezielte Bepflanzung (Schwimmende Inseln, „Aufwuchsmatten“ etc.)
- Neue Technologien, Einsatz regenerativer Energie (Wind; Sonne)



Problem Schlammwässerung

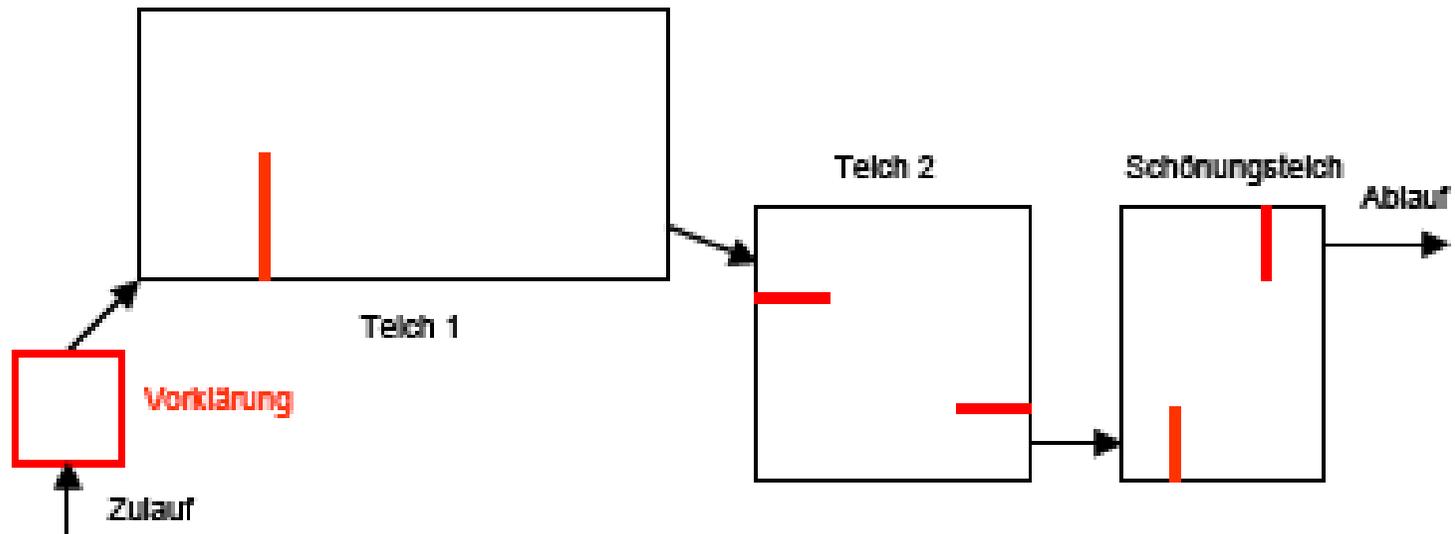
Erhöhte Rückbelastung der Kläranlage

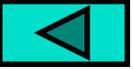


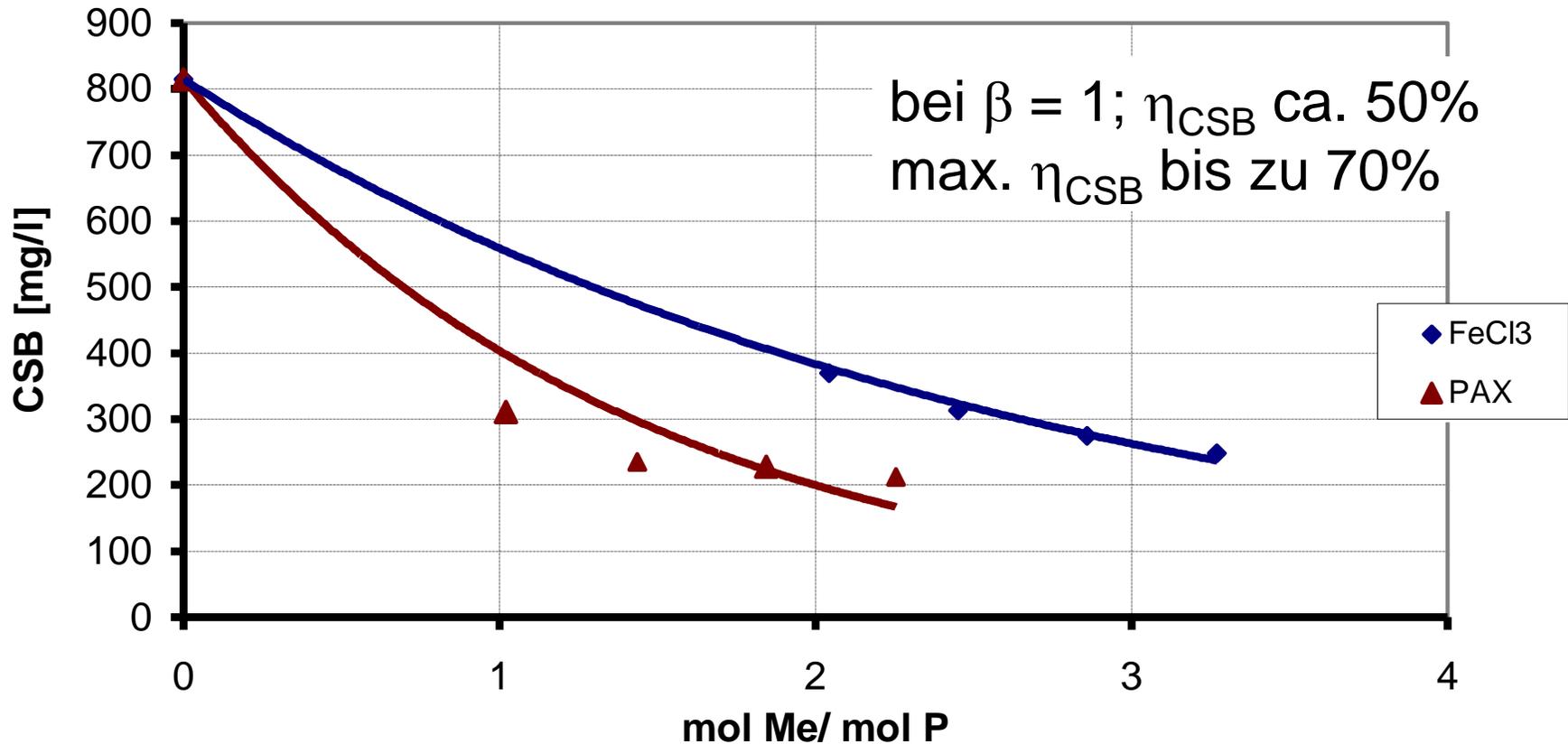
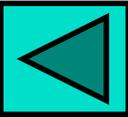


Problem Schlammmentwässerung

Erhöhte Rückbelastung der Kläranlage

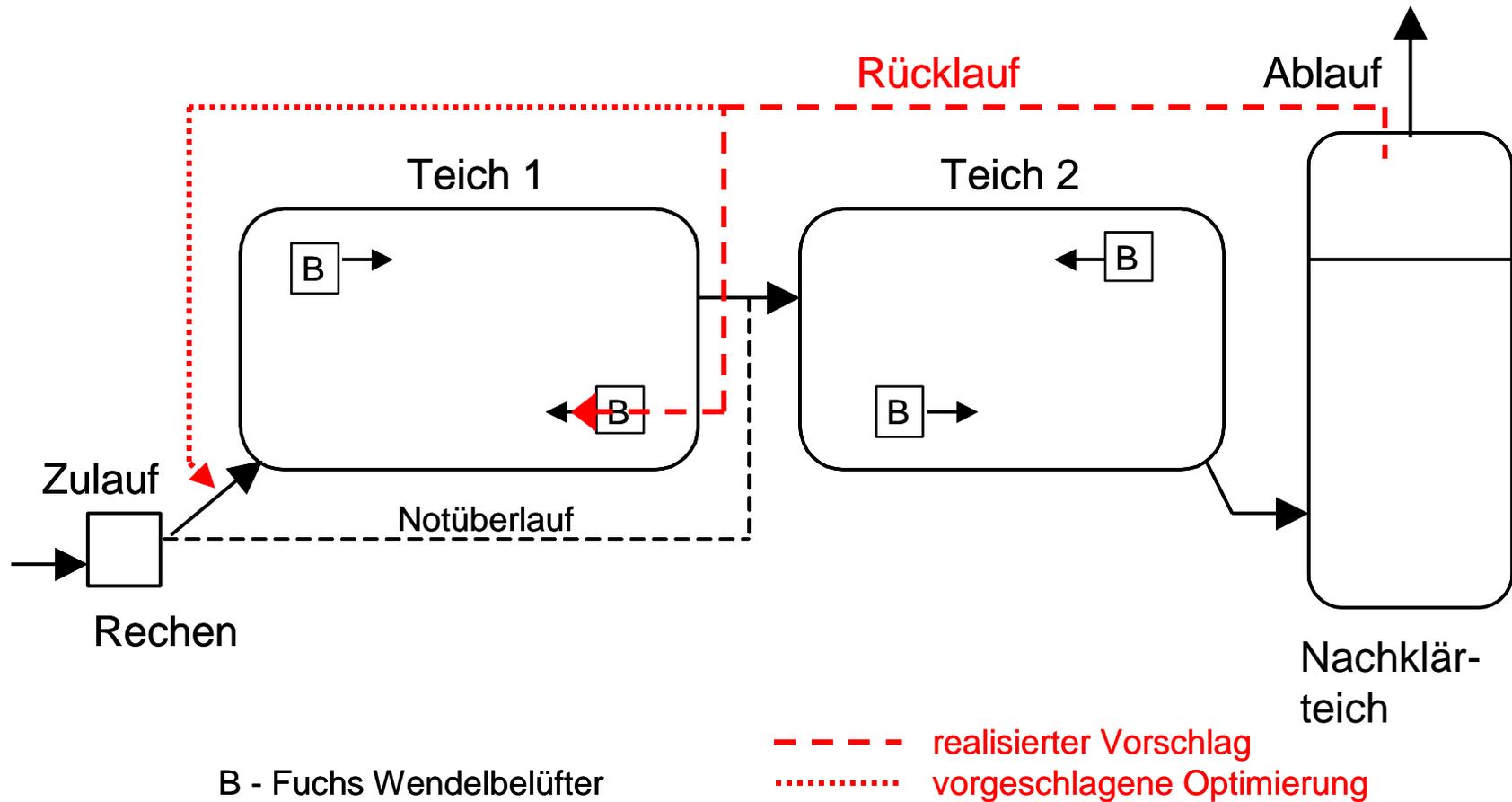
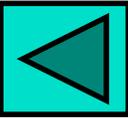


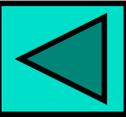




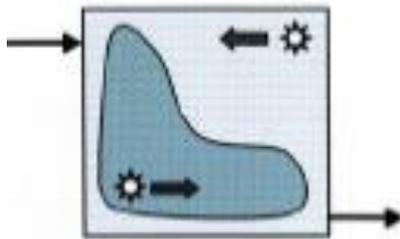
Rück-Pass Betrieb

Beispiel Abwasserteich mit ca. 1.400 E

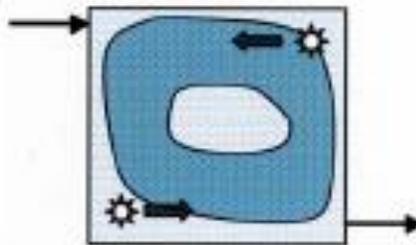




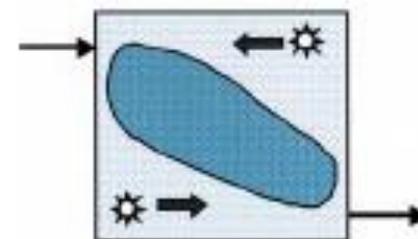
- Sauerstoffeintrag
 - ➔ Tiefe beachten
- Umwälzung
 - ➔ Sohlbefestigung
 - ➔ Anordnung
 - ➔ Möglichst entgegen der Strömung



Verschleppung



„Teetasse“



zu geringe Umwälzung

⚙ - Belüfter
➔ - Strömungsrichtung

- Sauerstoffbedarf 1,5 kg O₂/kg BSB₅
 - ➔ Druck-bzw Pendelbelüftung (Linienbelüfter)
 - ➔ Oberflächenbelüftung
 - ➔ Getauchte Belüfter (Jet-Belüftung bzw. Belüfter)

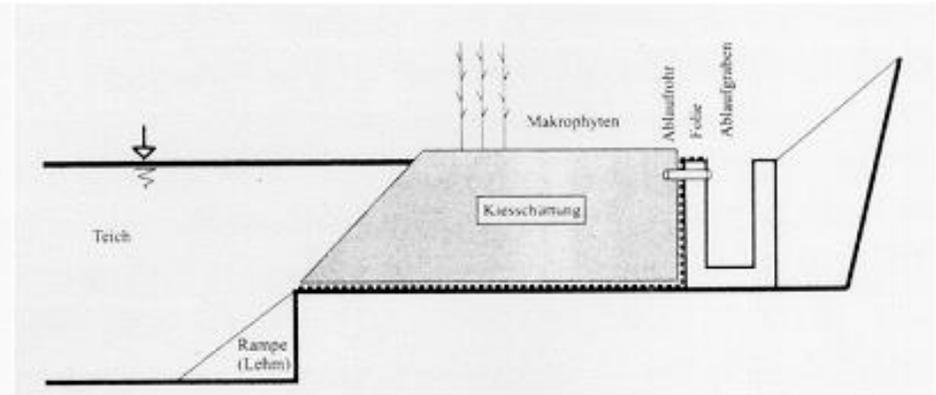
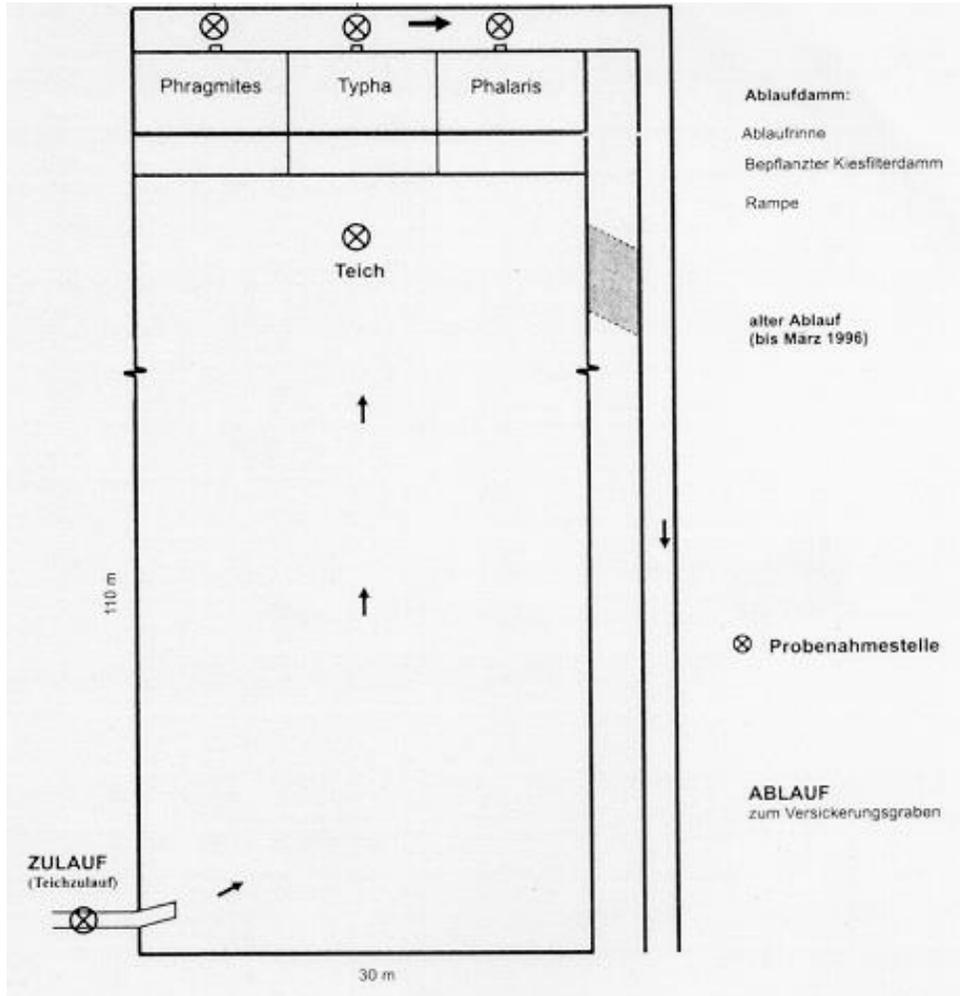
Linienbelüfter



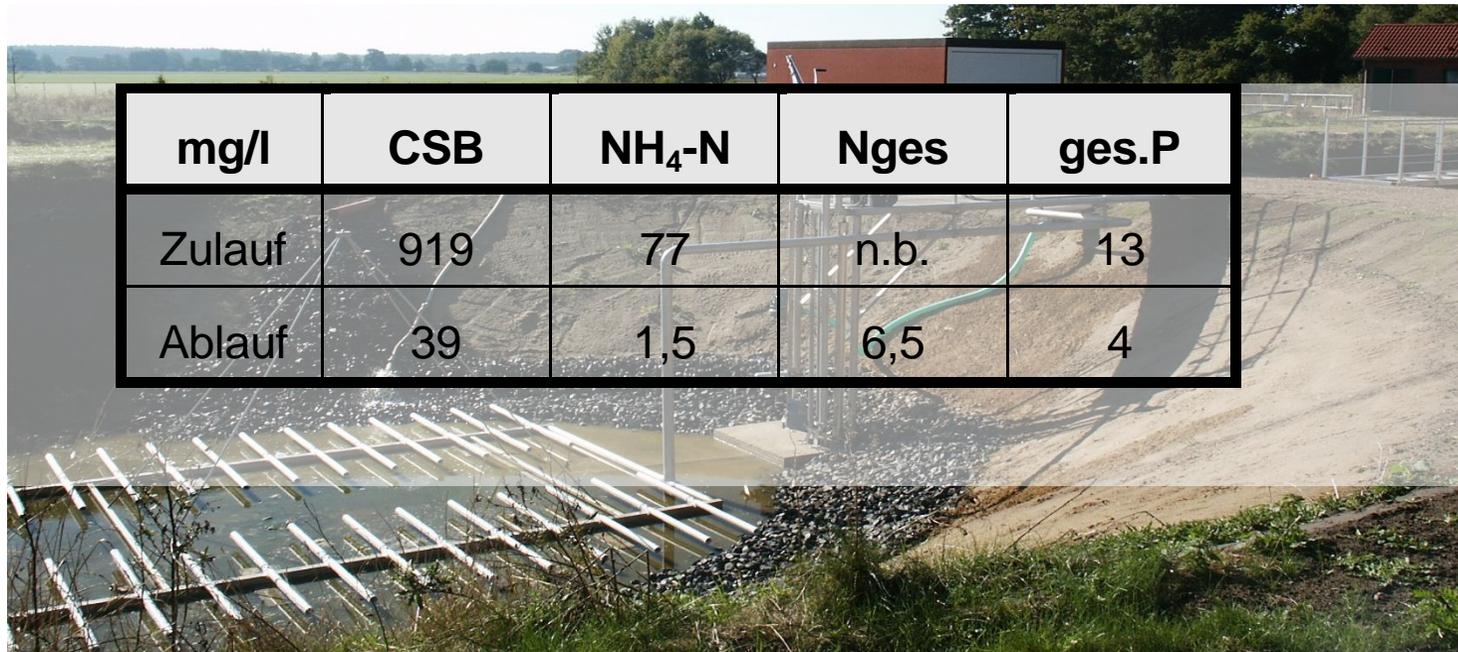
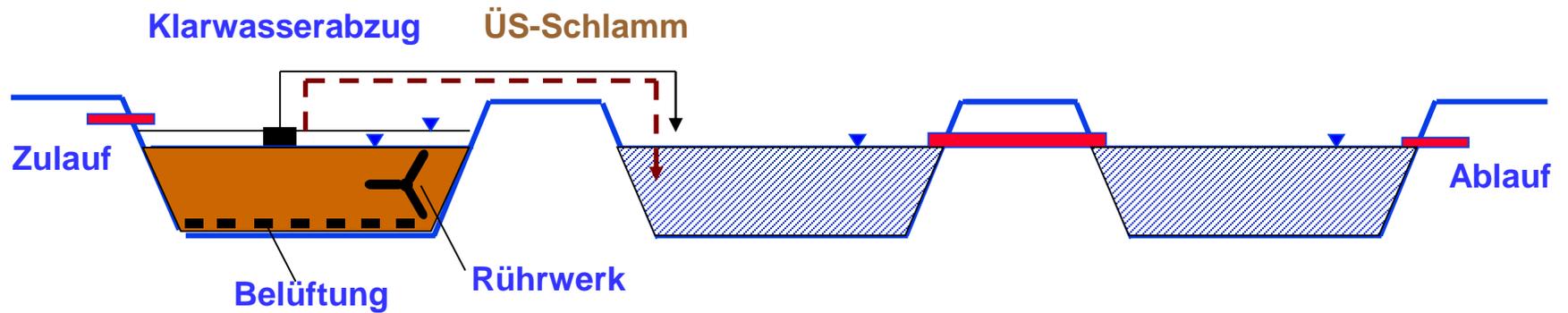
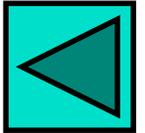
Wendelbelüfter



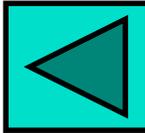
Beispiel eines bepflanzten Kiesfilterdammes im Teichablauf



[Steinmann et al. 2000]



mg/l	CSB	NH ₄ -N	Nges	ges.P
Zulauf	919	77	n.b.	13
Ablauf	39	1,5	6,5	4

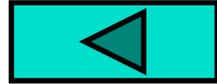


mehr als 200 Installationen in Deutschland

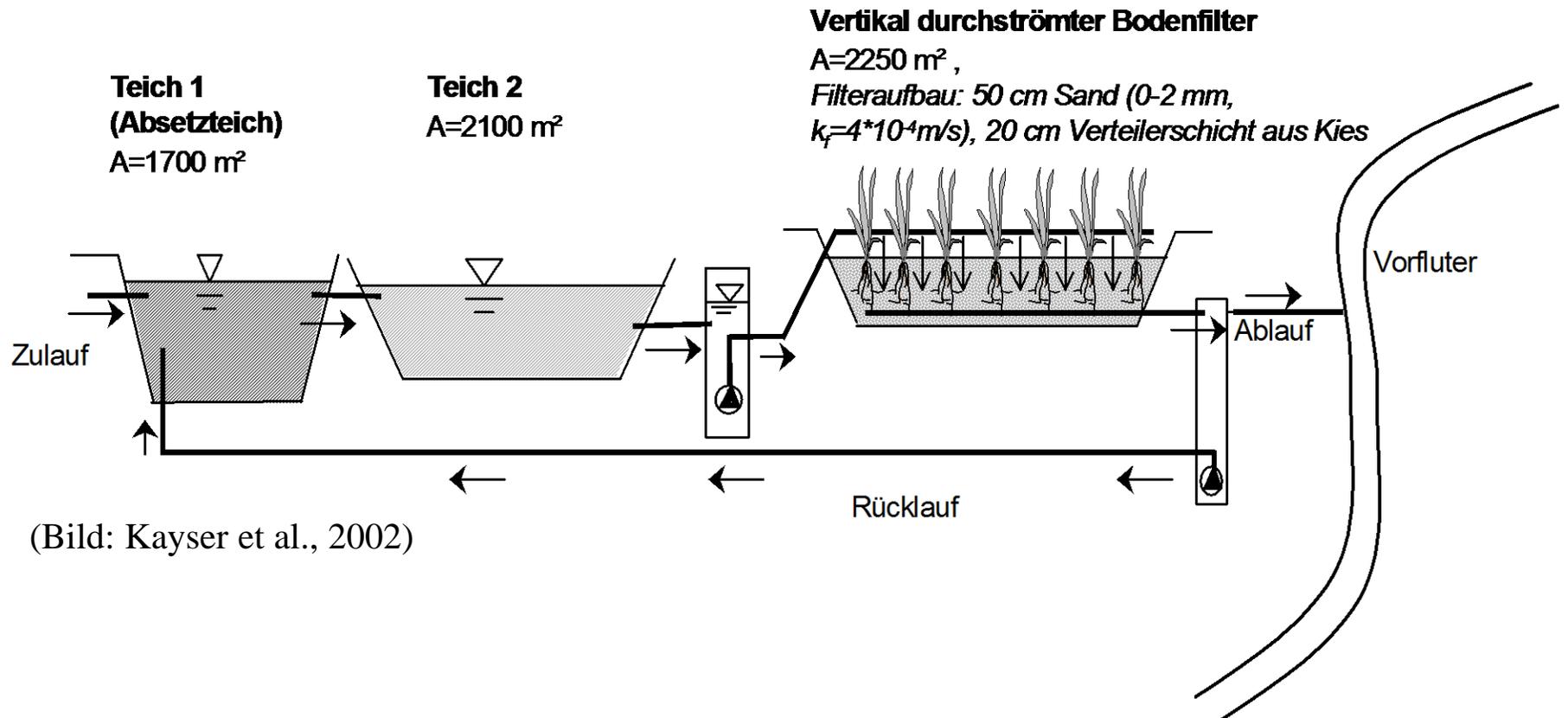
		Rohr-Lindweiler ³⁾	Sisbeck ³⁾	Prießnitz ⁴⁾
Ausbaugröße	E	1000	910	500
spez. Festbettoberfläche	m ² /m ³	150	150	k.A.
NH ₄ -N-Flächenbelastung	g/(m ² -d)	? 1,3	? 1,3	k.A.
CSB ¹⁾ Ablauf	mg/l	22	51	50
NH ₄ -N ¹⁾ Ablauf	mg/l	1,2	1,8	5,2
NO ₃ -N ¹⁾ Ablauf	mg/l	7,2	10,3	k.A.

1) Mittelwerte, 2) Werte aus Zulauf der Gesamtanlage
 3) Daten der ATV-Arbeitsgruppe (1996), 4) Daten aus eigener Auswertung

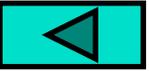
Umbau zu einer kombinierten Anlage mit Pflanzenbeet



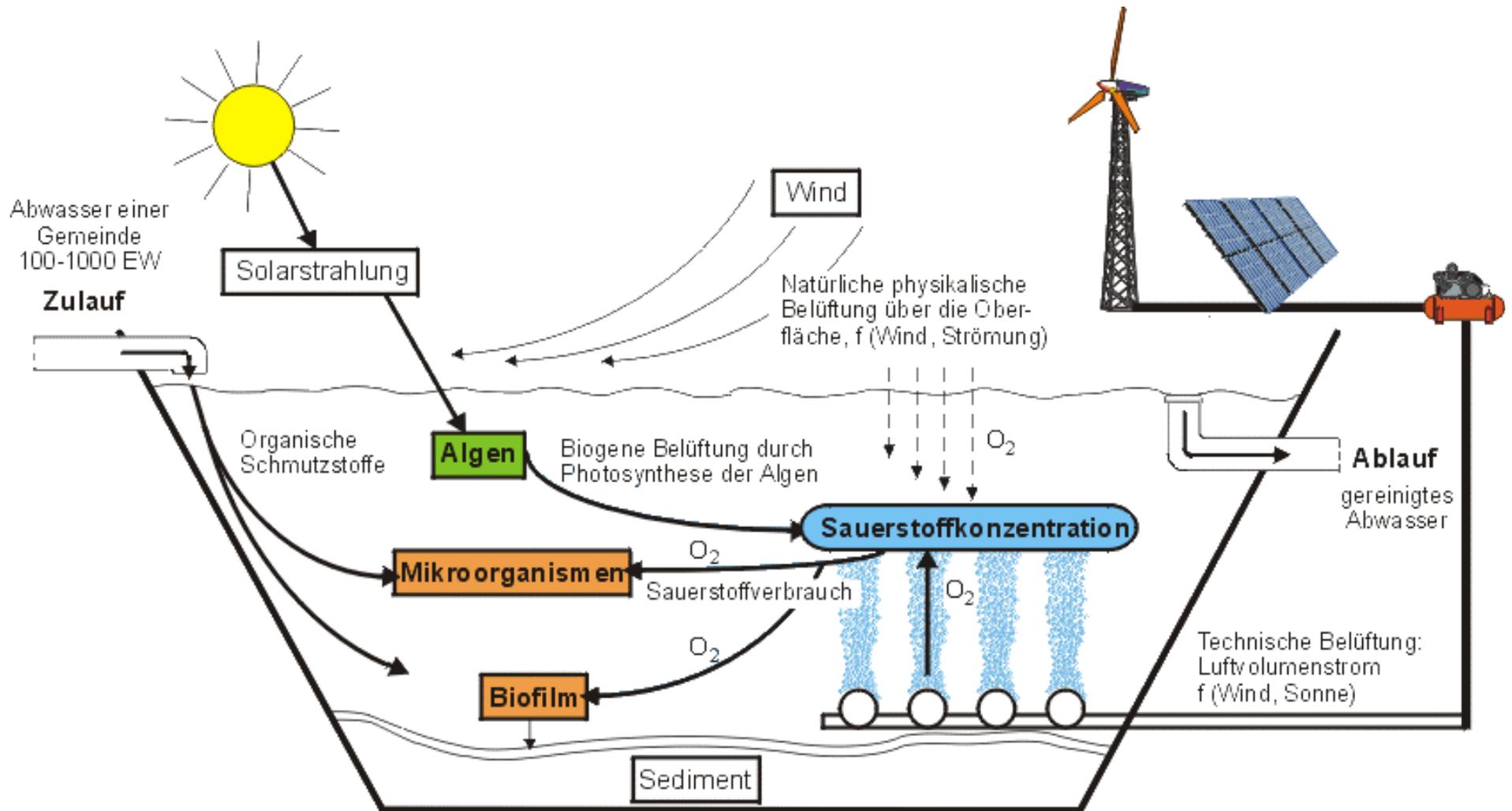
Variante: Nachgeschalteter Vertikalfilter mit Rezirkulation



Einsatz von Pflanzen und „Aufwuchsmatten“



Wind- und Solarenergie für belüftete Teiche



Symbiotisch Abwasserreinigung mit Algen-Bakterien-Aktivschlamm (Neis & Gutzeit 2002)



Bakteriensystem

- Bildung von sedimentierfähigen Flockenstrukturen
- hohe Umsatzleistung der heterotrophen Biomasse

Vorteile

- Bedarf an Sauerstoff als Elektronen-Akzeptor

Nachteile

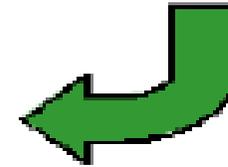
Algensystem

- Nutzung der Sonnenstrahlung als E-Quelle
- erhöhte N- und P-Aufnahme in die Biomasse

- sehr schlechte Aggregatbildung einzelliger Algen



Algen-Bakterien-Aktivschlamm



- Einbindung der Algenbiomasse in sedimentierfähige Flockenaggregate auf Grundlage von Bakterienflocken
- Bereitstellung von Sauerstoff durch Algenphotosynthese und von Kohlendioxid durch mikrobielle heterotrophe C-Oxidation
 - weitgehende simultane Elimination von C, N und P

Bewertung der Verfahren nach LFU Bayern

Verfahren	C	N	D	P
Unbelüfteter Abwasserteich	+	-	-	grundsätzlich möglich bei Ergänzen einer Phos- phorfällung
Belüfteter Abwasserteich	++	-	-	
Tropfkörper	++	✓	(✓)****	
Rotationstauchkörper	++	✓	(✓)****	
Getauchte belüftete Festbetten *****	++	✓	(✓)****	
Bepflanzte Bodenfilter *****	++	✓**	(✓)****	
Anlagen mit frei beweglichen Auf- wuchskörpern	++	✓	(✓)****	
Teich-SBR-Anlagen	+++	✓***	✓	

+ / ++ / +++

zufriedenstellende/gute/sehr gute Abbauleistung zu erwarten

✓ / -

Auslegung möglich / nicht möglich

(✓)*

nur im unteren Größenbereich der Größenklasse 1 sinnvoll

**

nur Vertikalfilter

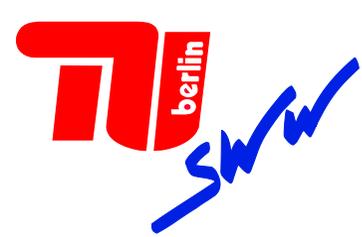
Einstellungen optimierbar

(✓)****

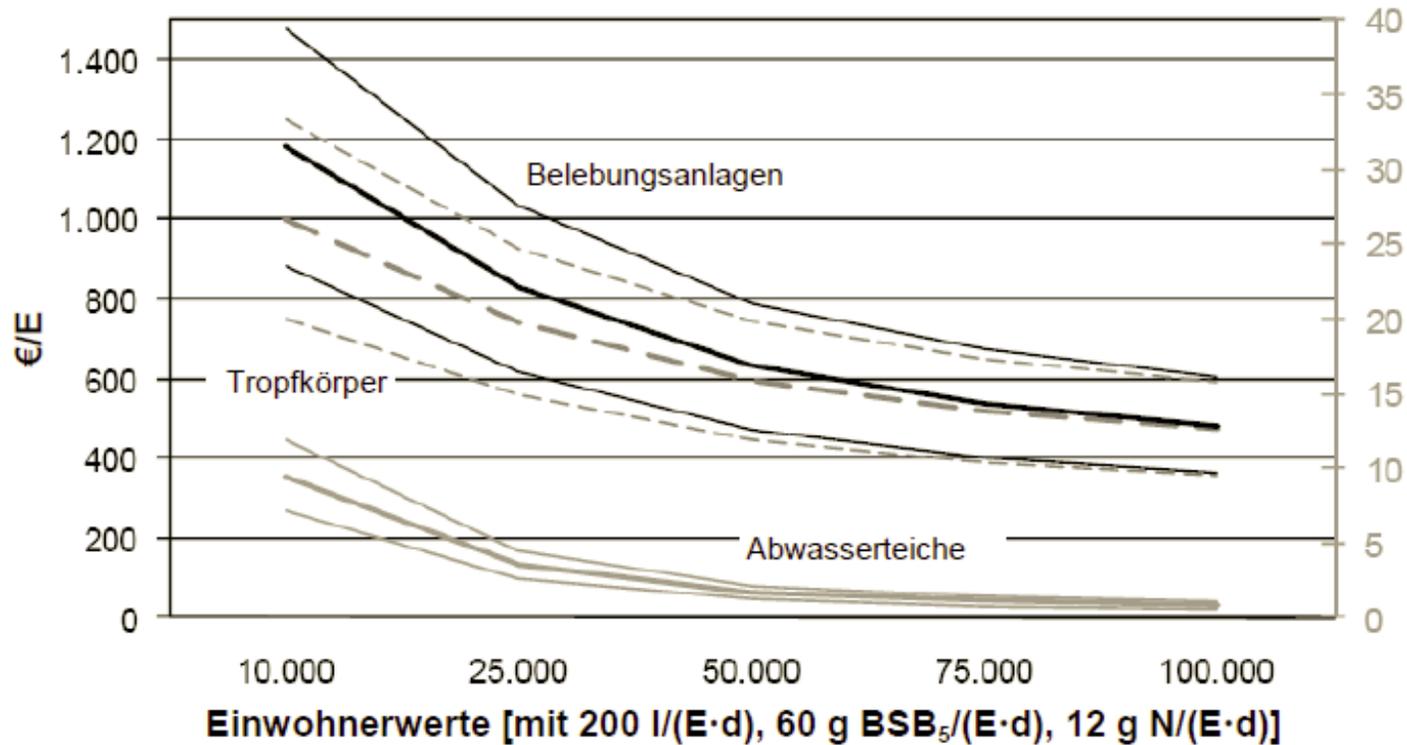
teilweise Denitrifikation möglich (Voraussetzungen: vgl. Kap. 3 „Denitrifikation“)

bisher keine ausreichenden Erfahrungswerte

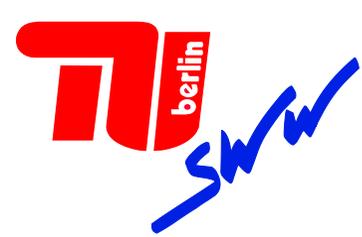
keine Erfahrungen als nachgeschaltete Stufe



Herstellungskosten für Abwasserteiche im Vergleich (Fuhrman 2001)



Richtwerte für Investitionskosten pro Einwohner von Belebungsanlagen (schwarz, linke Achse), Tropfkörpern (gestrichelt, linke Achse) und Abwasserteichanlagen (grau, rechte Achse) von Rudolph und Harbach (2010), veröffentlicht in RUB (2010)



Zusammenfassung und Ausblick

- Weltweit vielfältige Anwendungen von Abwasserteichen
 - ➔ Warme Klimate: Vorbehandlung zur Abwasserverwertung
 - ➔ Gemäßigtes Klima: Kostengünstige Technik im ländlichen Raum
- Ökonomische Abwasserbehandlung wird gewährleistet
 - ➔ Kein Energiebedarf
 - ➔ **Solar und Wind betrieben**
- Verschiedene Gründe für unzureichende Reinigungsleistung
 - ➔ Erhöhte Zulaufkonzentrationen
 - ➔ Unzureichende Wartung
 - ➔ Falsche Bemessung
 - ➔
- Beispiele zur Optimierung wurden genannt
 - ➔ Entschlammung
 - ➔ Rück-Pass
 - ➔ Umbau zum SBR-Teich
 - ➔
- Betrieb und Wartung müssen unbedingt beachtet werden!!
 - ➔ **Schlammräumung**
- Großtechnische Realisierung neuer Technologien

