

Vortrag „Erfahrungen aus der energetischen Optimierung kleinerer Kläranlagen“
Andreas Schwarz, AquaConsulting AS

7. Fachforum der Energie- und Klimaschutzinitiative Schleswig-Holstein (EKI)

„Maßnahmen zur energetischen Optimierung von Kläranlagen“

Freitag, den 13. Oktober 2017, 09:30 - 13:00 Uhr

Bildungszentrum für Natur, Umwelt und ländliche Räume

Schleswig-Holstein (BNUR), 24220 Flintbek, Hamburger Chaussee 25

Veranstalter:

■ **IB.SH Energieagentur**

■ **Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und Ländliche Räume S.-H.**

■ **DWA - Landesverband Nord**

Erfahrungen aus der energetischen Optimierung von Kläranlagen

Inhalt

1. Planungsbüro AquaConsulting AS
2. Förderprogramm Energieeffizienz
3. Kläranlagen in Schleswig- Holstein
4. Technische Potentiale der Optimierung
5. Beispiele
6. Zusammenfassung

1. Planungsbüro AquaConsulting AS

Gründung 1993 in Hamburg durch Andreas Schwarz als Planungsbüro mit folgenden Schwerpunkten:

- Technische Unternehmensberatung
- Auftragsforschung und Anlagenentwicklung
- Planungen TGA
- Planungen Hochbau und energetische Sanierung
- Planungen Energieanlagen
- Planungen Umwelttechnik
- Planungen Siedlungswasserwirtschaft mit folgenden Schwerpunkten:
 - Kläranlagen
 - Ufer- und Küstenschutz
 - Entwässerung und Regenwasserbewirtschaftung

1. Planungsbüro AquaConsulting AS

Energieeffizienz und Abwasserwirtschaft:

- Planung und Bau von Kläranlagen seit 1993
- Gewerbliches Energieeinsparcontracting seit 1996
- Energieausweise nach DIN 4701 seit 2000
- Energieausweise NWG/ Gewerbe nach DIN18599 seit 2002
- Energieeffizienzberatung Gewerbe (KfW) seit 2008
- Energieeffizienzberatung Gewerbe (BaFa) seit 2014
- Energieeffizienzberatung Gebäude Kommune (BaFa) seit 2016
- Energieeffizienzberatung Abwasserwirtschaft (BaFa) seit 2016

2. Energieberatung und Energieeffizienz-Netzwerke für Kommunen und gemeinnützige Organisationen

Inkrafttreten der Richtlinie am 19.12.2016

Verwendungszweck:

Gefördert werden Projekte zur Energieberatung und zum Aufbau und Betrieb von Energieeffizienz-Netzwerken für Kommunen und gemeinnützige Organisationen in drei Fördermodulen:

Fördermodul 1:

Förderung von Energieeffizienz-Netzwerken von Kommunen,

Fördermodul 2:

Förderung der Energieberatung für ein energetisches Sanierungskonzept von Nichtwohngebäuden oder für einen Neubau von Nichtwohngebäuden,

Fördermodul 3:

Förderung von Energieanalysen für öffentliche Abwasseranlagen.

Die Förderung erfolgt im Fördermodul 1 in zwei Phasen: Die erste Phase (Gewinnungsphase) dient der Gewinnung von Teilnehmern an Energieeffizienz-Netzwerken von Kommunen und die zweite Phase (Netzwerkphase) dem Aufbau und Betrieb der Netzwerke.

2. Energieberatung und Energieeffizienz-Netzwerke für Kommunen und gemeinnützige Organisationen

Umfang und Konditionen

Fördermodul 1

in der Gewinnungsphase bis zu 100% der förderfähigen Sachausgaben, max. jedoch 3.00 € pro Netzwerk-Projekt. In der Netzwerkphase im ersten Jahr bis zu 70%, in den Folgejahren bis zu 50% der förderfähigen Ausgaben, max. jedoch 20.000 € pro Netzwerkteilnehmer im ersten Jahr und 10.000 € pro Netzwerkteilnehmer in den Folgejahren, max. 360.000 € für die Teilnahme aller Kommunen in einem Landkreis

Fördermodul 2

bis zu 80% der förderfähigen Ausgaben, jedoch max. 15.000 €, zusätzlich 500 € für die Präsentation des Beratungsberichts in Entscheidungsgremien

Fördermodul 3

bis zu 30% (Ausnahmen: 80%) der förderfähigen Ausgaben, max. 30.000 €

2. Bafa Richtlinie – Modul 3

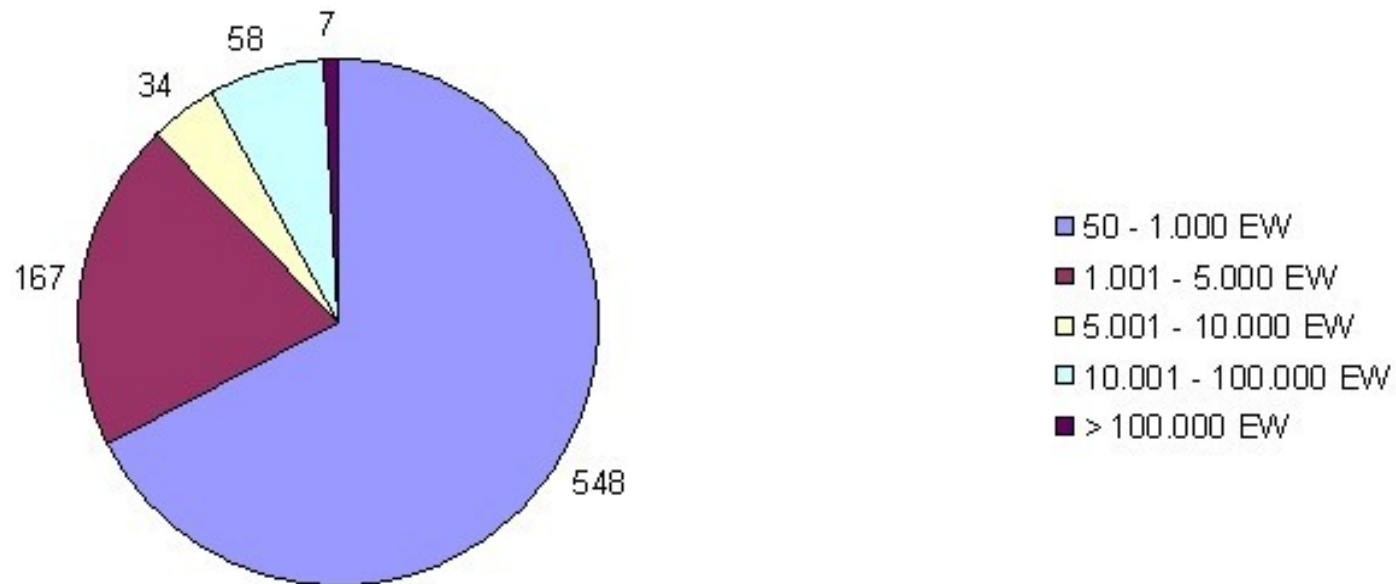
Fördergegenstand ist die Energieanalyse für öffentliche Abwasseranlagen. Förderfähig sind die damit verbundenen Ausgaben für Beraterhonorare. Die Energieanalyse muss hinsichtlich der Qualität und des Umfangs der erhobenen Daten, der Beschreibung der vorgeschlagenen Maßnahmen sowie des Abschlussberichts mindestens den Anforderungen des Arbeitsblattes **DWA-A 216 „Energiecheck und Energieanalyse – Instrumente zur Energieoptimierung von Abwasseranlagen“** entsprechen. Die Energieanalyse muss sich über alle der zum Betrieb der Abwasseranlage erforderlichen Anlagenteile erstrecken. Die Förderung wird als Anteilsfinanzierung in Form eines nicht rückzahlbaren Zuschusses, der an den antragstellenden Berater ausgezahlt wird, gewährt. Sie wird als Projektförderung auf Ausgabenbasis bewilligt. Förderfähig ist jeweils das Netto-Beraterhonorar.

Für eine Energieanalyse von öffentlichen Abwasseranlagen beträgt die Zuwendung bis zu 30 % der förderfähigen Ausgaben, jedoch maximal 30.000 Euro.

3. Kläranlagen in Schleswig- Holstein

Anzahl der Kläranlagen nach Ausbaugrößenklassen

(Quelle: Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes S-H; Stand: 2008)



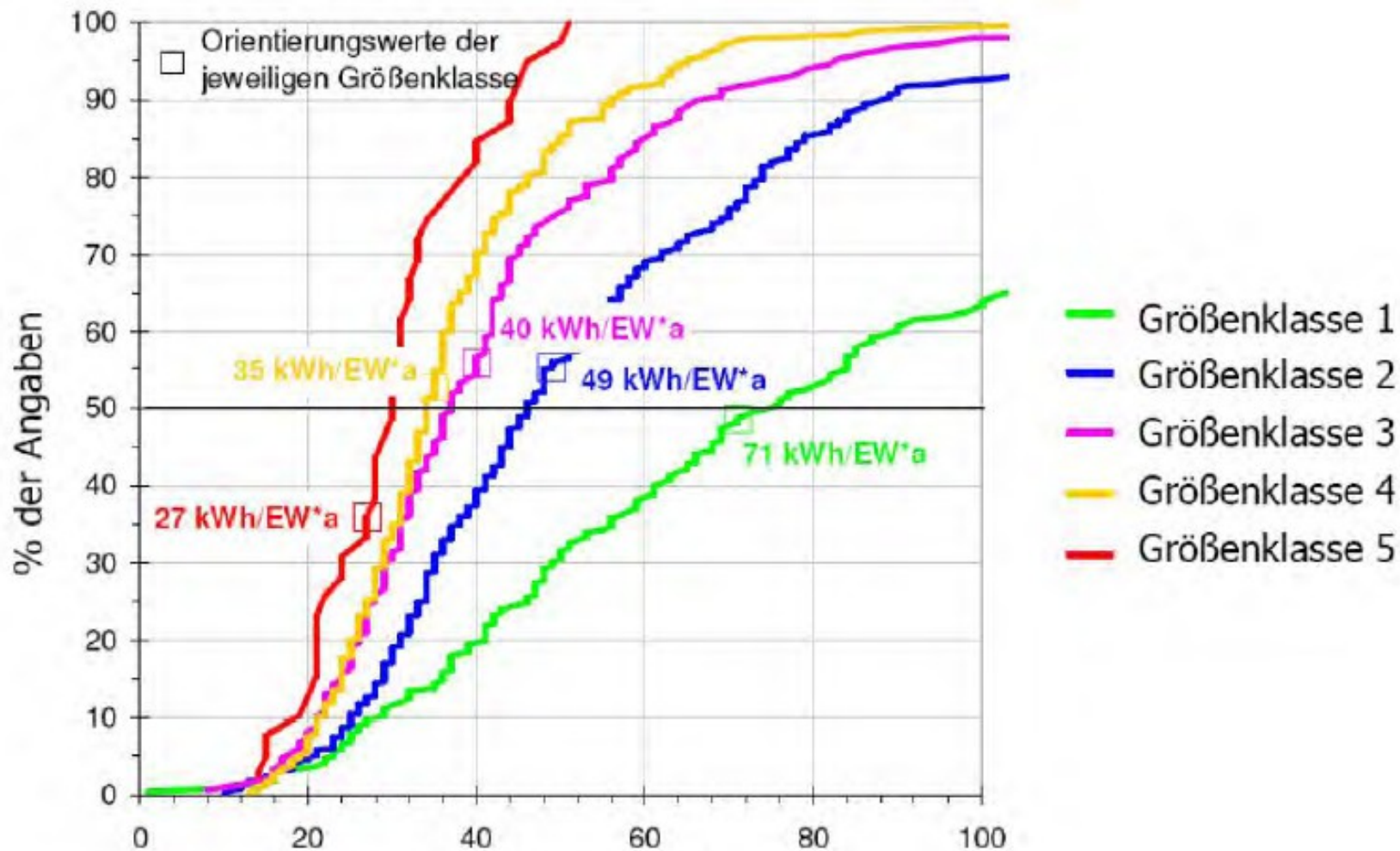
3. Kläranlagen in Schleswig- Holstein

Unterschiedliche Anforderungen: Anlagen unter 10.000 EW weisen i.a. eine mechanische und biologische Reinigung auf; nur größere Anlagen leisten auch zusätzliche Nährstoffelimination.

Tabelle 6: Gesamtbelastung und Art der Abwasserbehandlung in Abhängigkeit der Ausbau-Größenklassen (Quelle: Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein)

Ausbaugrößenklassen der Kläranlagen (maximal anschließbare EW)	Anzahl der kommunalen Kläranlagen	Summe der angeschlossenen Einwohnerwerte in 1.000 EW
Artikel 7 „Geeignete Behandlung“		
< 2.000 EW	606	245
Artikel 4, Absatz 1: Zweitbehandlung		
2.000 bis 10.000 EW	117	342
Artikel 5, Absatz 2: Weitergehende Behandlung		
10.001 bis 20.000 EW	17	170
20.001 bis 100.000 EW	41	1.146
über 100.000 EW	7	1.994
Summe:		3.897

3. Gesamtenergieverbrauch (Haber Kern 2008 / B.-W.)



4. Fremdwasser

Das jährliche Abwasseraufkommen am Zulauf deutscher Kläranlagen lag 2013 nach Angaben des statistischen Bundesamtes DESTATIS bei rund 10 Mrd. m³ [2]. 50 % der jährlichen Abwasserfracht sind Schmutzwasser, 27 % verunreinigtes Niederschlagswasser; rund 23 % jedoch entfallen im Erhebungsjahr auf nicht verunreinigtes Fremdwasser aus unterschiedlichen, quantitativ nicht exakt bestimmbar Quellen – jedenfalls Wasser, das definitiv nicht in eine Kläranlage hinein gehört. Gemäß der UBA-Studie kann davon ausgegangen werden, dass der überwiegende Anteil dieses Fremdwassers über Undichtigkeiten des Abwasser-Ableitungssystems eintritt, also abgeleitetes Grundwasser ist: 62 % der in Abwasserkanälen festgestellten Schäden sind prinzipiell „Fremdwasser-relevant“

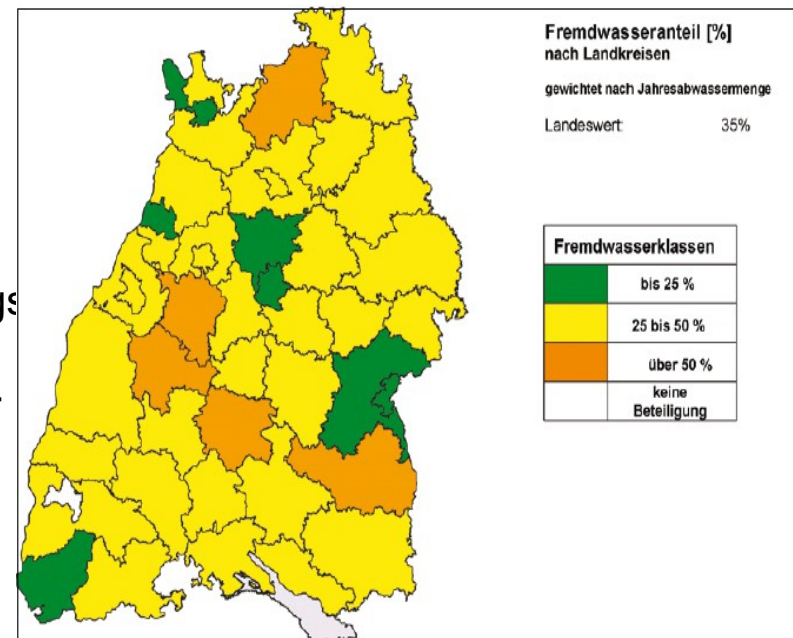
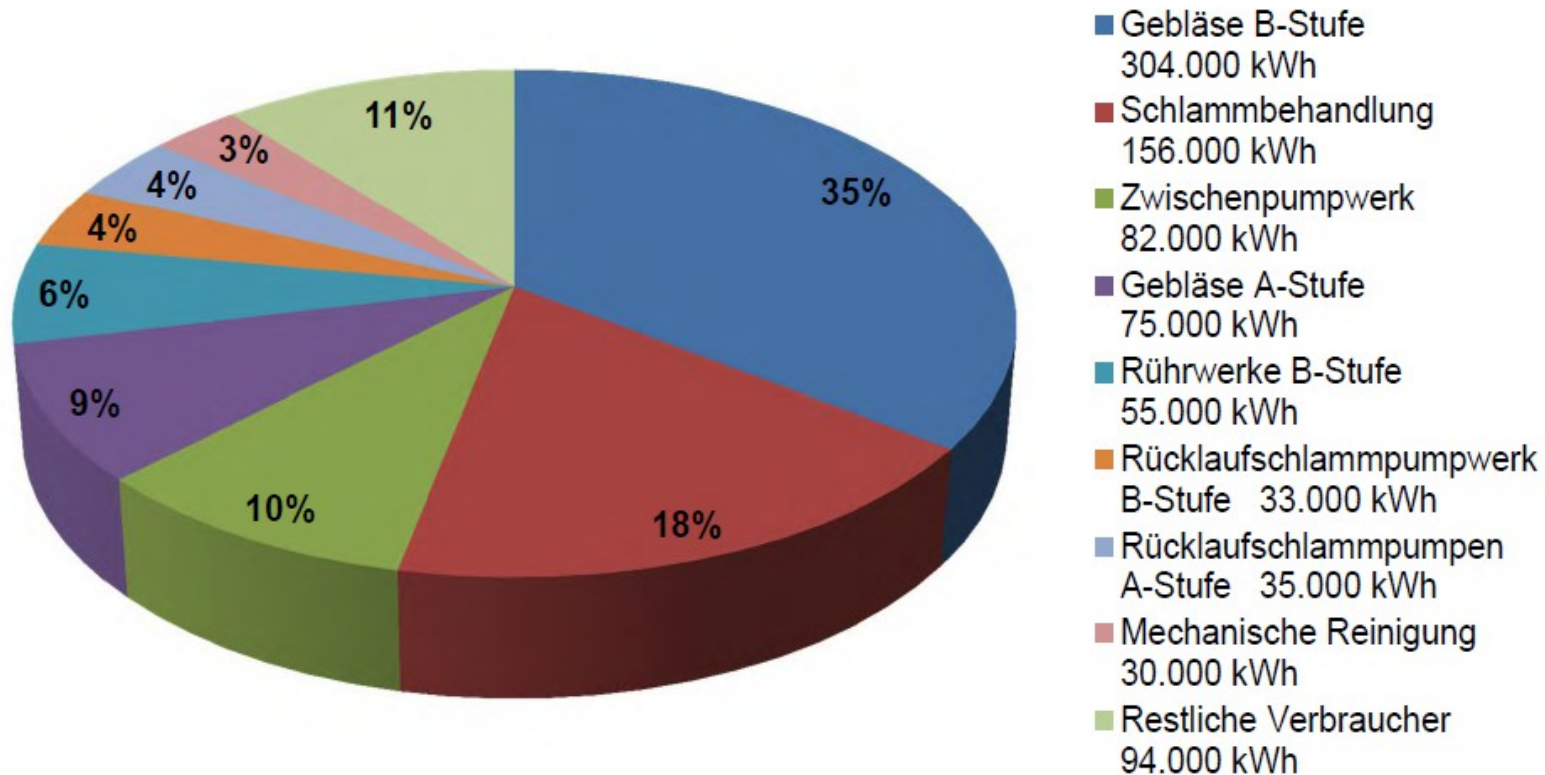


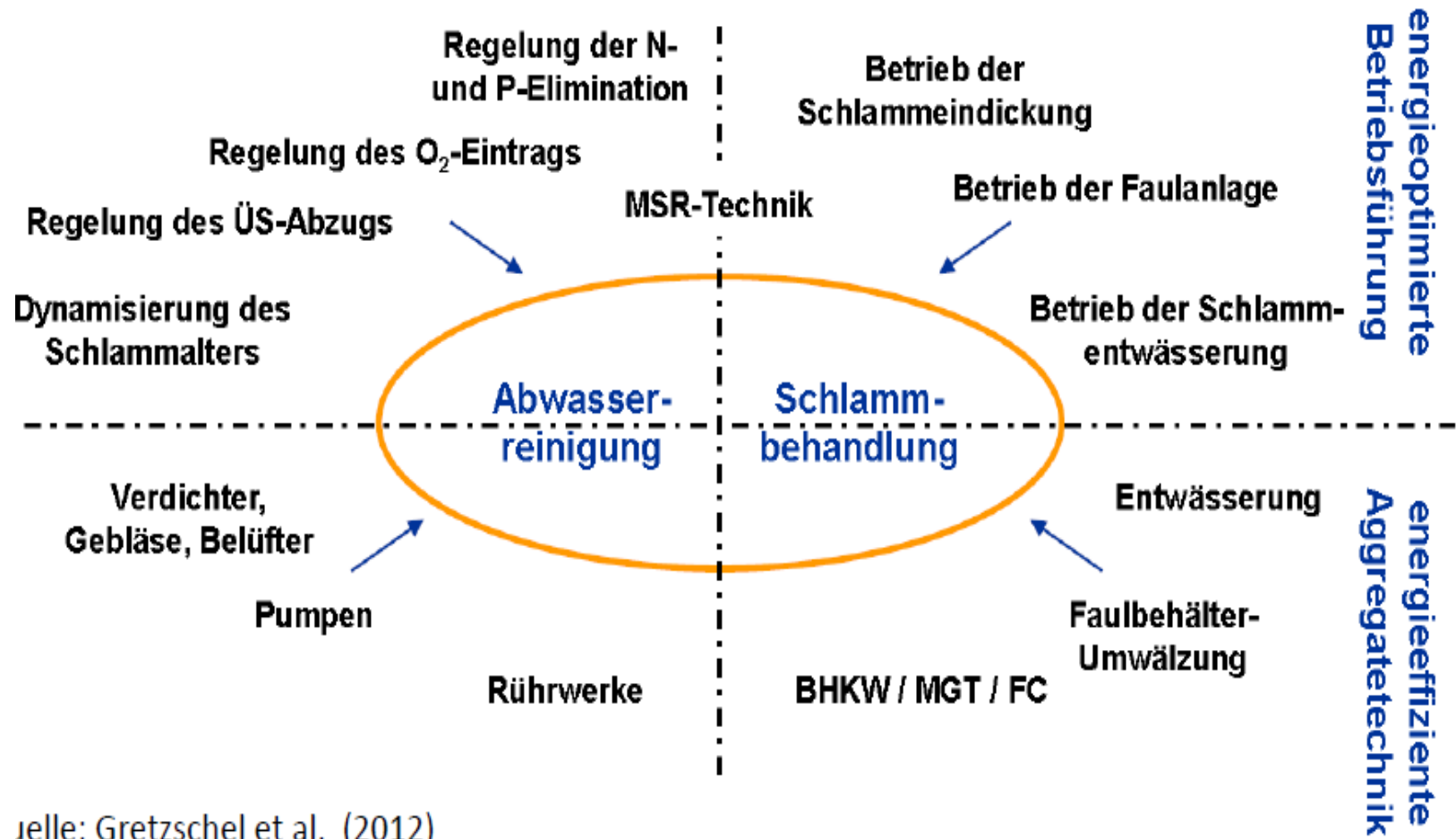
Abb. 21: Fremdwasserklassen der Landkreise in Baden-Württemberg entsprechend dem Leistungsvergleich für das Jahr 2004 (Schwentner et al., 2005)

4. Potentiale Kläranlagen

Verbraucher einer Kläranlage der Größenklasse 4



4. Optimierungsmaßnahmen (Gretzschel 2012)



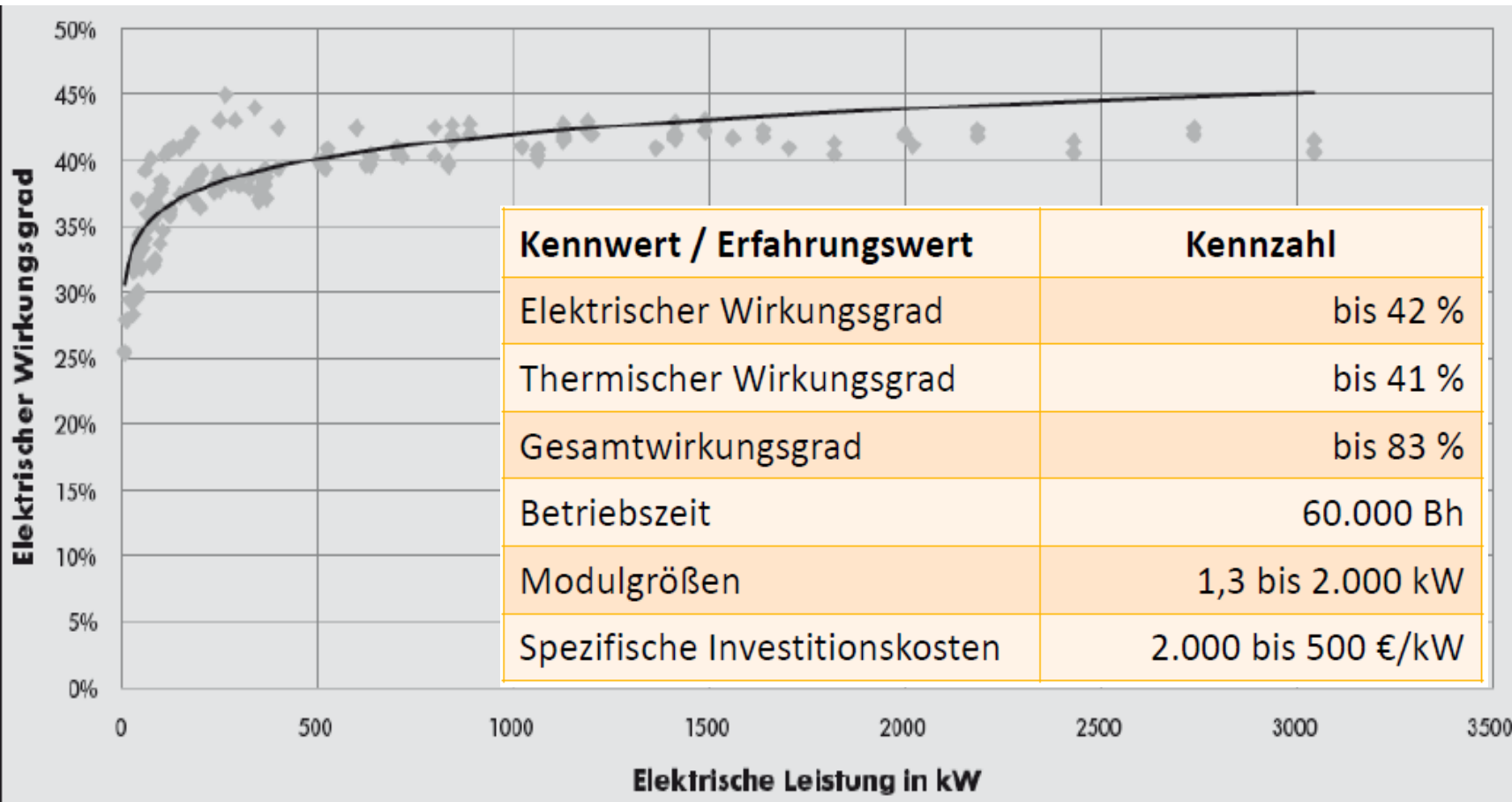
Quelle: Gretzschel et al. (2012)

Energieeffizienz in Kläranlagen

4. Spezifische Energieverbrauchswerte (HMUELV 2011)

Beurteilungskriterium	Kurzzeichen	Einheit	Zielwert	Toleranzwert	Ist-Wert 2008	Ist-Wert 2009	Ist-Wert 2010	Ist-Wert Mittelwert
Gesamter spezifischer Elektrizitätsverbrauch	e_{ges}	kWh/(EW x a)	18	30	33,7	35,6	28,9	32,3
Elektrizitätsverbrauch Belüftung	e_B	kWh/(EW x a)	10	16	-	-	-	12,6
Elektrizitätsverbrauch Pumpwerke	e_{PW}	Wh/(m ³ x m)	4	6	-	-	-	3,3 bis 14,4
Grad der gesamten Faulgasnutzung	-	%	100	95	99,95	99,92	98,10	99,35
Elektrischer Wirkungsgrad der Faulgasverwertung	η_{elek}	%	35	30	24,9	25,6	26,9	25,6
Spezifische Faulgasproduktion	$V_{Faulgas\ oTR}$	NI/kg oTR _{zu}	500	450	-	-	-	310
	$V_{Faulgas\ EW}$	Nm ³ /(EW x a)	11	9	4,2	4,1	3,2	3,8
Eigenversorgungsgrad Elektrizität	EV_{elek}	%	100	60	20,1	18,4	12,5	17,0
Eigenversorgungsgrad Wärme	EV_{th}	%	100	95	77,8	60,2	62,8	66,4

4. Gasmotor- BHKW (ASUE 2012)

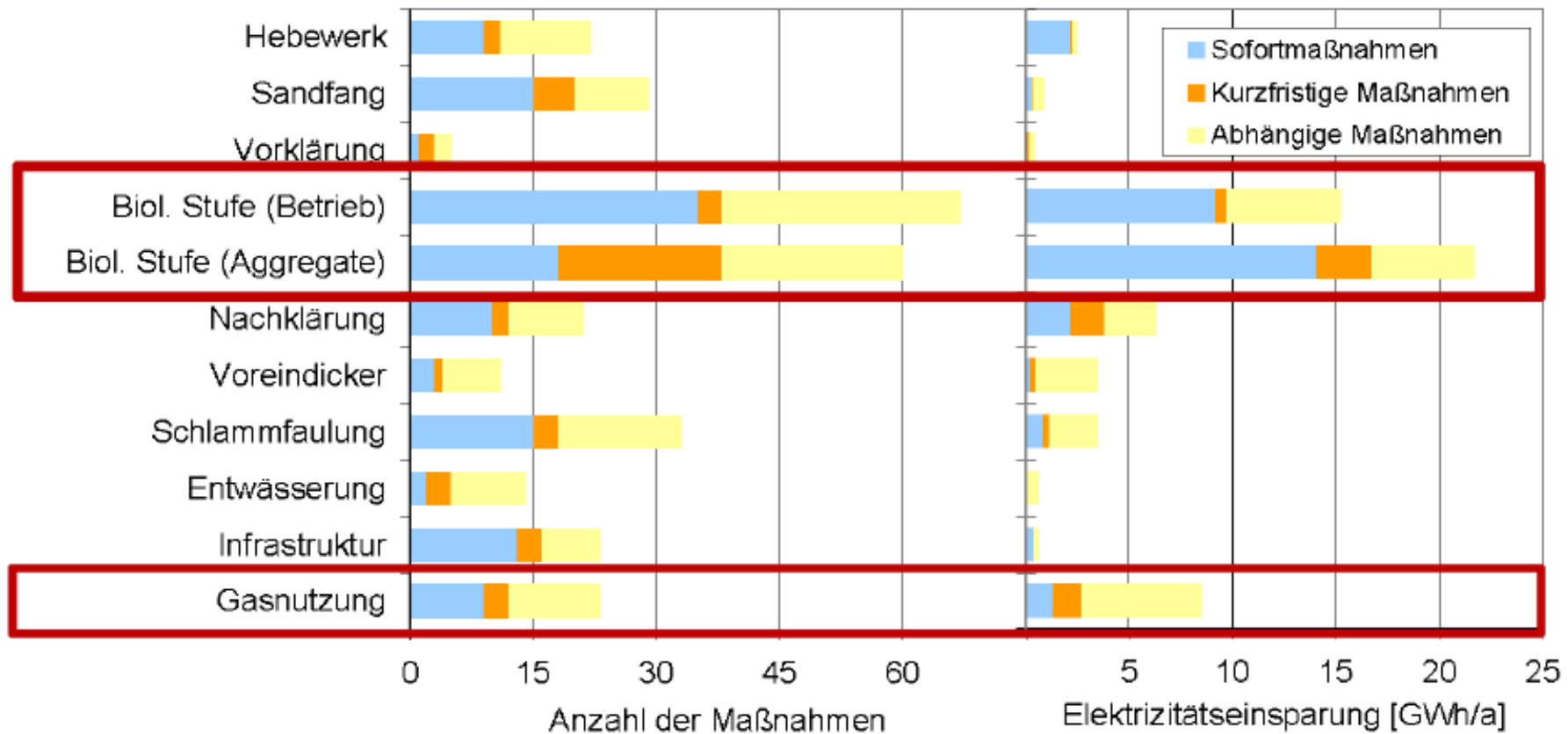


Energieeffizienz in Kläranlagen

4. Ziel

Parameter	Einheit	25.000 EW	50.000 EW	100.000 EW	500.000 EW
Elekt. Leistung Gasmotor	kW	45	85	170	850
Heizwert Gas	kWh/m ³	6,4	6,4	6,4	6,4
Wirkungsgrad, elektrisch	%	30	33	35	40
Verfügbarkeit Gasmotor	%	95	95	95	95
Max. mögliche Stromerzeugung	kWh/E*a	9,7	16,8	17,8	20,3
Stromverbrauch, aktuell	kWh/E*a	45	40	35	32
Stromverbrauch, optimiert	kWh/E*a	35	30	25	22
Eigenversorgungsgrad	%	28	56	71	92

4. Größte Potentiale (Gretzschel 2012)



4. Wartung von Belüftungssystemen

MECHANISCHE
REINIGUNG von
PLATTENBELÜFTERN
aus PU

GEREINIGT

UNGEREINIGT

BESCHÄDIGUNG



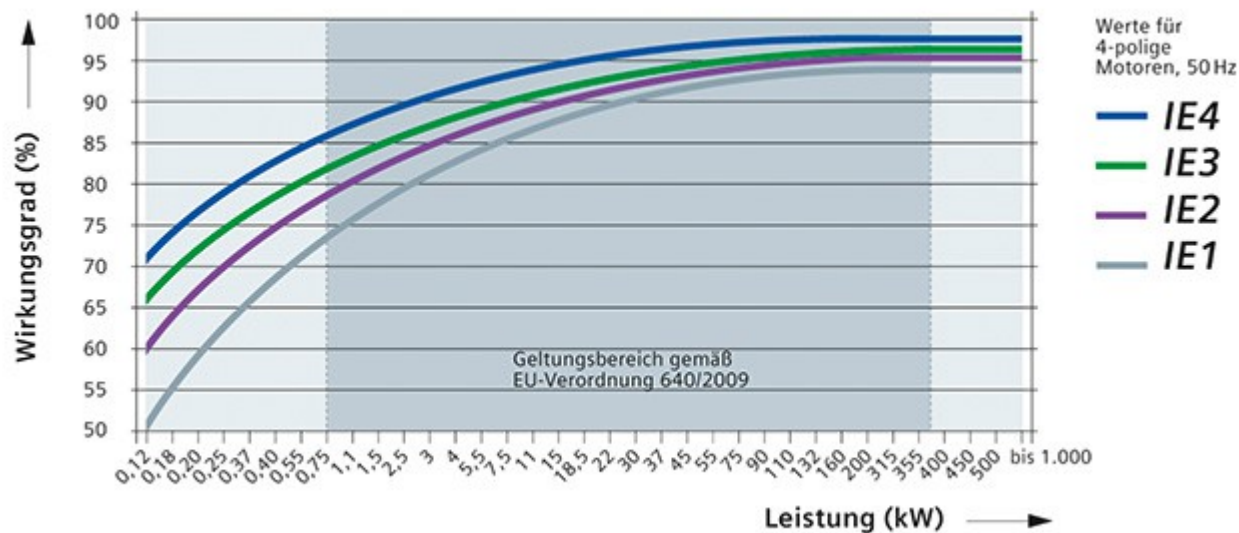
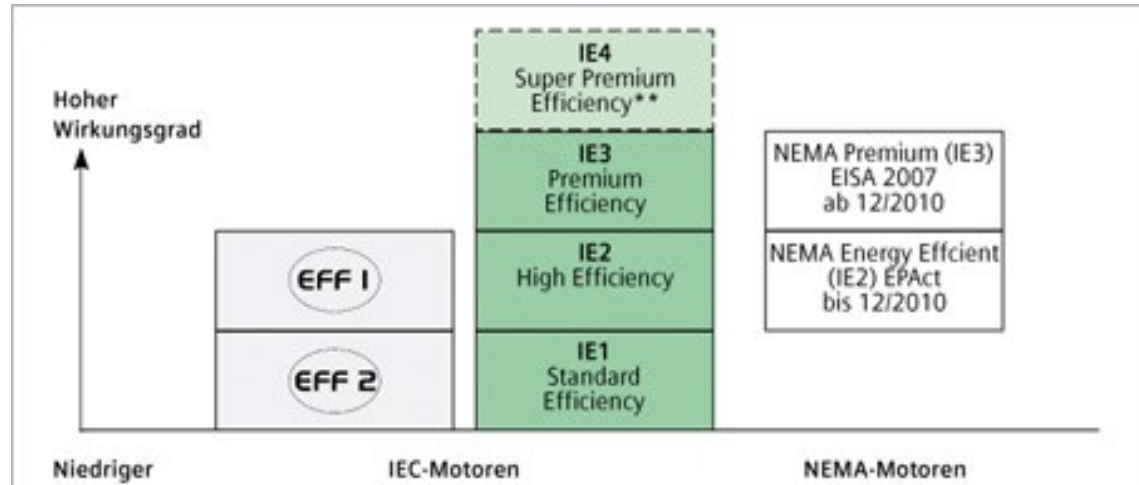
4. Durchmischung

Aggregate zur Durchmischung des Belebungsbeckens sind häufig „Dauerläufer“

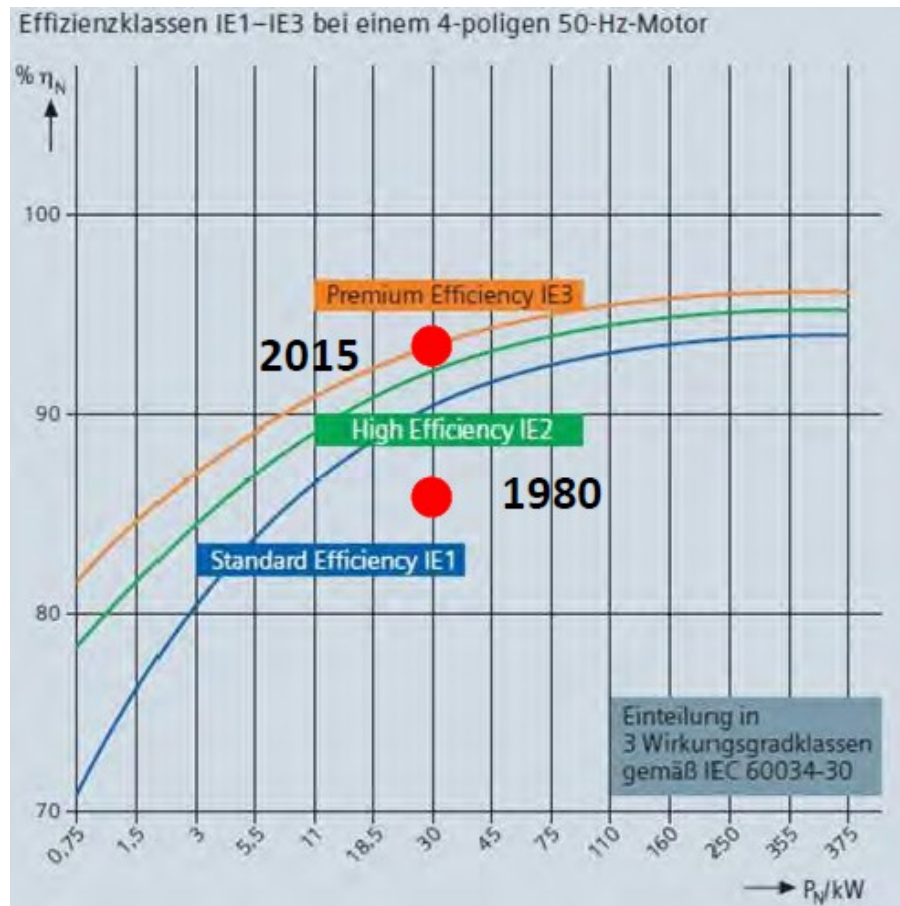
- Vorgefundene Praxiswerte
 - 5,5 W/m³ Belebungs volumen
- Richtwerte
 - 1,5 – 2,0 W/m³ Belebungs volumen
- Optimierungsmaßnahmen
 - Ausschalten während der Belüftungsphasen bei intermittierendem Betrieb
 - **½ An und ½ Aus-Betrieb**
 - Austausch der Motoren → IE2



4. Elektrische Antriebe



4. Effizienzklassen von Elektromotoren (EA-NRW 2010)



Beispiel Einsparpotenzial:

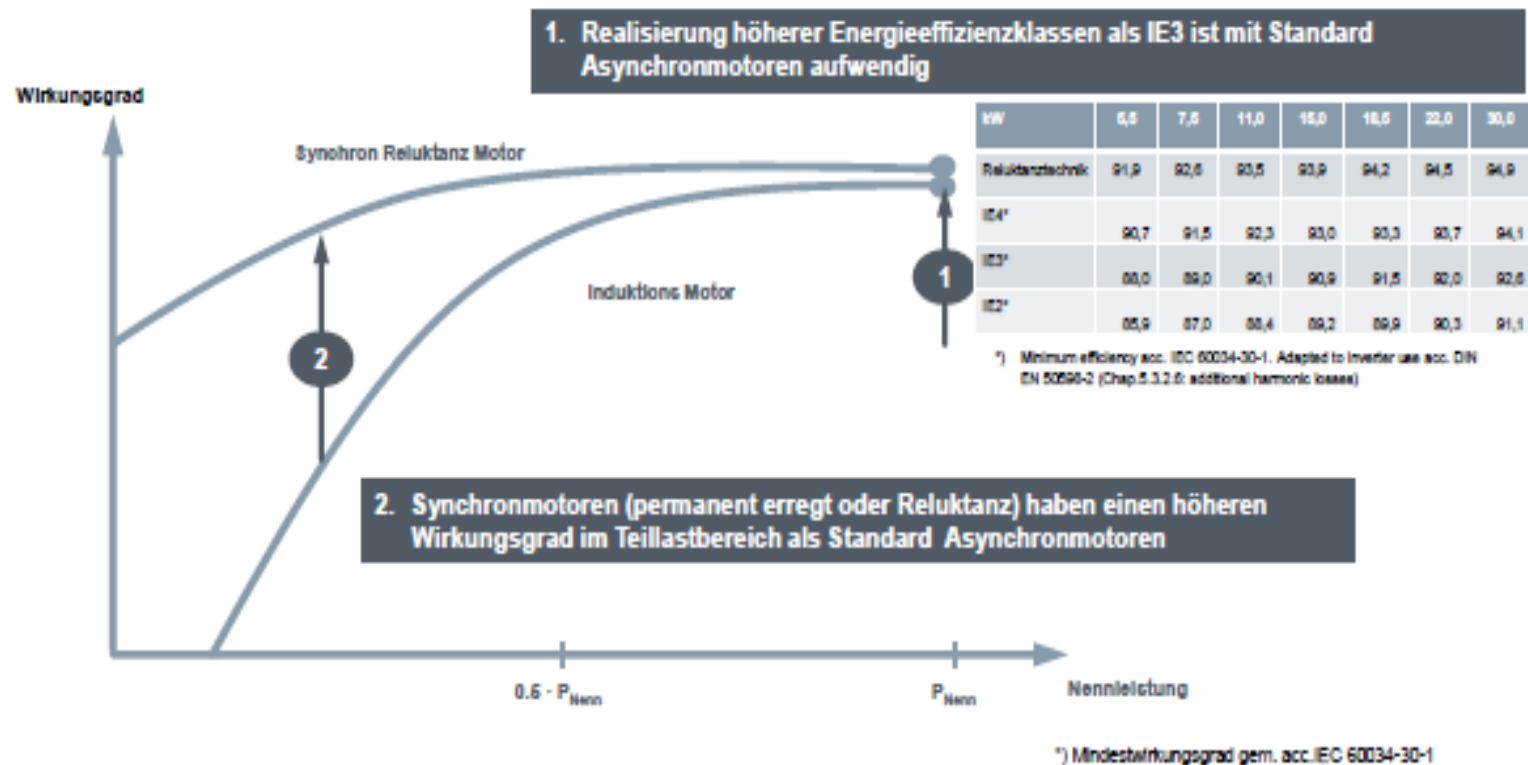
- Motor Baujahr 1980
- Motor mit 30 kW Leistung
- Wirkungsgrad 85 %
- 2.000 h/a (5,5 h/d)

→ Einsparung von 8,6 % bei Premium Efficiency IE3

→ Einsparung von 5.160 kWh/a oder rd. 1.000 €/a

4. Perspektiven

Durch optimierte Frequenzgeregelt Systeme können künftig noch höhere Wirkungsgrade erreicht werden (Integrated Drive Systems, IDS, CDM, PDS, Siemens 2017)

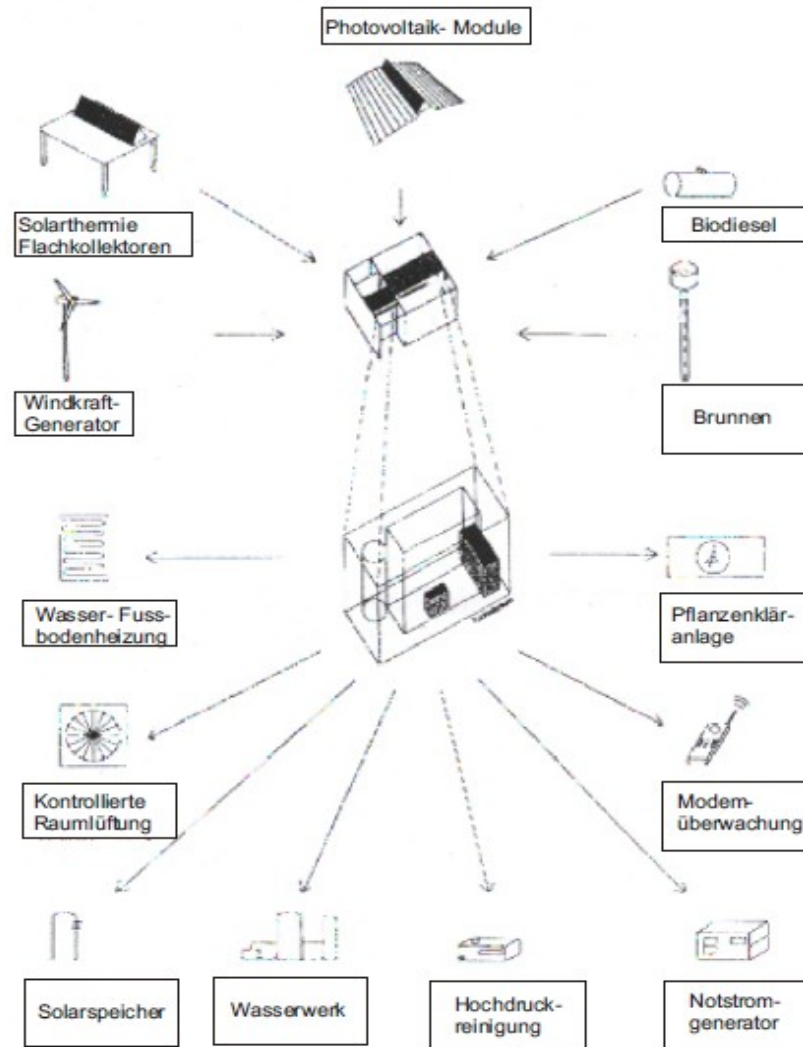


Frei verwendbar / © Siemens AG 2016. Alle Rechte vorbehalten.

5. Beispiele

5.1 Pflanzenkläranlagen BAB A4 und A20

Seit 1994 waren wir im Gespräch mit den Bundesländern M.-V und Sachsen zu potentiellen PWC-Neubauten. In M.-V führte die Anfangsüberlegung dezentraler Entsorgung zu einem vollständig autarken Konzept („Apollo 13“).



5.1 Pflanzenkläranlagen BAB A4 und A20

Im modernen Autobahnbau spielt der Aspekt von Rasten und Erholen eine wichtige Rolle. Dem Verkehrsteilnehmer soll ausreichend Möglichkeit geboten werden, um eine Fahrpause einzulegen, in angenehmer Umgebung zu entspannen und sich und sein Fahrzeug mit allem Notwendigen für die Reise zu versorgen. Um das zu gewährleisten, werden im Abstand von ca. 20 km PWC-Anlagen (unbewirtschaftete Rastanlagen mit WC) und im Abstand von ca. 50–60 km bewirtschaftete Tank- und Rastanlagen (T+R) eingerichtet. Neben diesen zweckmäßigen Abständen sind bei der Standortwahl die Wirtschaftlichkeit, die Möglichkeit der Ver- und Entsorgung sowie verkehrstechnische und bautechnische Aspekte entscheidend.

Diesen Vorgaben entsprechend verfügt die A20 über insgesamt 12 PWC-Anlagen (jeweils beidseitig der Autobahn) mit ausreichend Stellplätzen für Pkw, Lkw, Busse und Behindertenstellplätze. Für die A20 wurde eine neue Generation von PWC-Anlagen entwickelt. Als Pilotprojekt wurden drei Anlagen gebaut, die vollständig autark betrieben werden: die Energieversorgung mittels Windkraft und Photovoltaik, die Wasserversorgung mit einer Brunnenanlage



und die Abwasserentsorgung über Pflanzenkläranlagen. Damit sind diese Rastplätze unabhängig vom öffentlichen Ver- und Entsorgungsnetz. Die WC-Gebäude fallen auf durch ihre besondere architektonische Gestaltung mit verklüfteten Wänden und markanten Dachkonstruktionen.

Komplettiert wird das Service-Konzept entlang der A20 durch fünf T+R-Anlagen bei Schönberg, Glasin, Grammow, Völsebow und Lindow. Auf dem Abschnitt östlich Rostock sind die jeweils einseitigen T+R-Anlagen mit Überfahrmöglichkeiten aus der Gegenrichtung versehen.

5.1 Pflanzenkläranlagen BAB A4 und A20

Vereinfachte vergleichende Energiebetrachtung für den Betrieb einer Pflanzenkläranlage und einer SBR- Anlage für 250 EW (Schwarz 1995). Die SBR- Anlage benötigt 620% der Energie einer Pflanzenkläranlage bei gleicher Reinigungsleistung.

Anlagentyp	Verbraucher	Laufzeit (h/T)	Verbrauch (kWh p.a)	Energiekosten p.a.
PKA- AquaCons. (250 EW)	3 Pumpen a 0,9 kW			
	Gesamtleistung 2,7 kW	3 Std.	3.000 kWh	356.-
SBR- Anlage (250 EW)	Tauchmotorrührwerk 1,5 kW			
	Tauchpumpe 3,1 kW			
	Schlammpumpe 1,3 kW			
	Klarwassepumpe 1,3 kW			
	Vorspeicherungpumpe 1,3 kW			
	Gesamtleistung 8,5 kW	6 Std.	18.615 kWh	2.175.-

Anlagentyp	Bauteile	Spez. Kosten	Wahrscheinlichkeit	Ersatzkosten pro Jahr
PKA- AquaCons.	3 Pumpen	1.000.-	(1:3): $3 \times 1/5 = 0,6$	600.-
SBR- Anlage	5 Motoren und Pumpen	1.800.-	(1:5): $5 \times 1/5 = 1,0$	1.800.-

5.1 Pflanzenkläranlagen BAB A4 und A20

An drei Standorten an der A 20 in Mecklenburg-Vorpommern wurden vollständig Energie- und Ressourcenautarke PWC- Anlagen errichtet und betrieben, die sich auszeichneten durch die Kombination von Brunnenbohrung, Trinkwasserwerk mit mehrstufiger Filteranlage, Kläranlage mit mechanischer Vorklärung und biologischer Nachreinigung durch Vertikalpflanzenfilter, Pflanzenöl- BHKW, Solarthermie und Photovoltaik, Windrad, Akkubänke, Elektrischen und thermischen Heizsystemen, sowie einer hieraus resultierenden relativ komplexen Steuerungssoft- und Hardware.

Das Pflanzenbeet stellte hierbei durch seine günstigen Bau- und Betriebskosten einen wesentlichen Bestandteil dieser Lösung dar.

In Sachsen wurden an der A4 in Folge Anlagen mit bis zu 2500 EW errichtet und erfolgreich betrieben.



5.2 Kläranlage Breitenberg

„SBR Anlage Breitenberg“, gebaut in den 70er Jahren, in den 80 er Jahren erneuert
Mit einer Ausbaugröße von 300 EW, danach mit zusätzlichem Schlamm-schacht und Klärkammeranbau auf 400 EW mit folgender Erweiterung auf 500 EW mit Einbringung von 9 cbm Biofilmträgern und 4 Strahlpumpen in 2010 erweitert.

Bereits mehrfache Beton-sanierungen erfolgt. Keine Feststoffrückhaltung installiert. Kontinuierliche Havarien insbesondere in den Pumpenschächten der Heber.



5.2 Kläranlage Breitenberg

Neuer Schlammstammelschacht



5.2 Kläranlage Breitenberg

4 neue Strahlbelüfter



5.2 Kläranlage Breitenberg

Abdeckung des Belüftungsbereiches mit Gitterrosten



5.2 Kläranlage Breitenberg

Pumpensumpf Kläranlagenzulauf mit Doppelpumpwerk mit Schneidradpumpen



5.2 Kläranlage Breitenberg

Maßnahmen:

- Pumpenersatz (Schneidradpumpen!)
- Strahlbelüfter mit mod. Kompressormotoren
- Bioaufwuchskörper / Reaktionsoberflächen
- Schlammstammelschacht
- Förderschnecke
- Pumpen- Optimierung (IE3)
- Deutliche Verringerung der Havarie- Einsätze
- Verringerung des Fremdwasseranteiles von akt. 50%
im Zuge der aktuell durchgeführten SÜVO und Kanalerneuerungen



Spez. Energiebedarf vor Umbau 85 kwh /EW*a

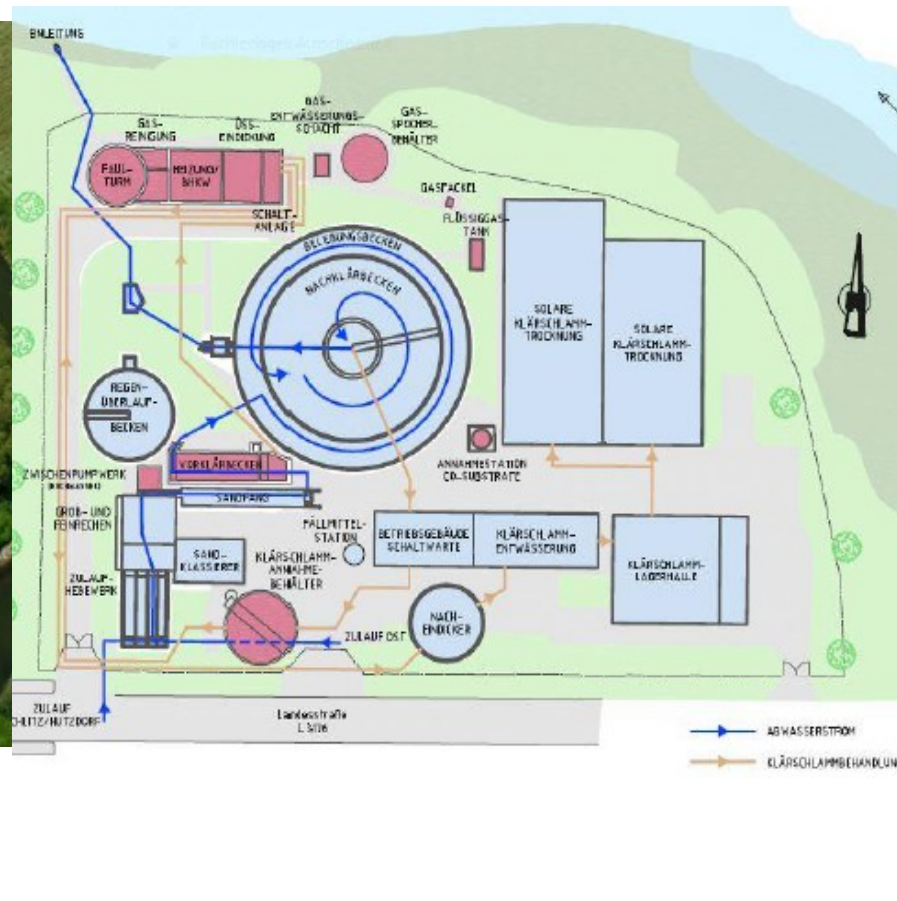
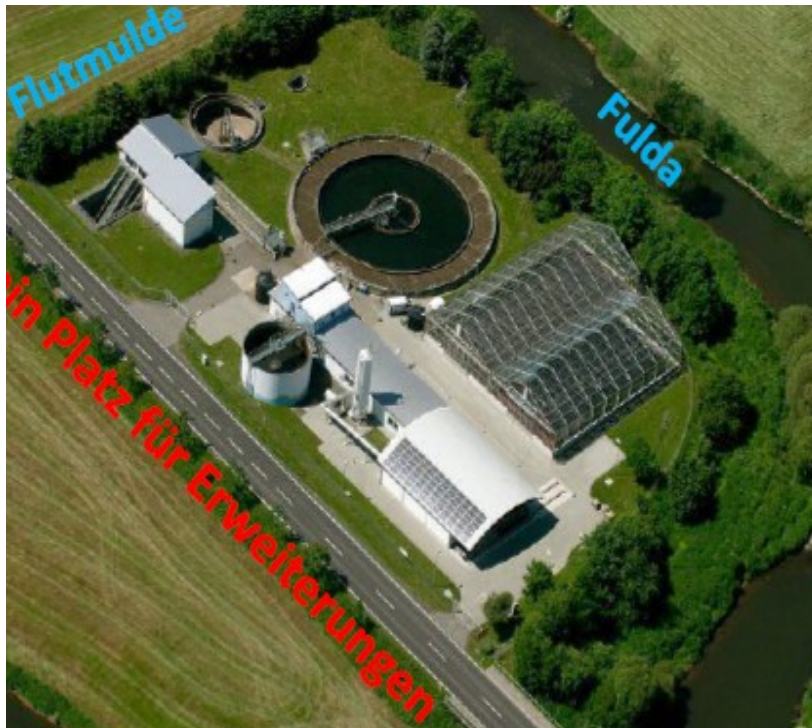
→ Erwartungshorizont nach Umsetzung aller Umbauten 52 kwh /EW * a

Problem bei der Umsetzung: Die Diskussion in der Gemeinde, ob Erweiterung, Modernisierung, Standortverlagerung oder Neubau erfolgen soll, dauert noch an....

Energieeffizienz in Kläranlagen

5.3 Kläranlage Schlitz

Kläranlage Schlitz 10.000 EW (Theilen, 2016)



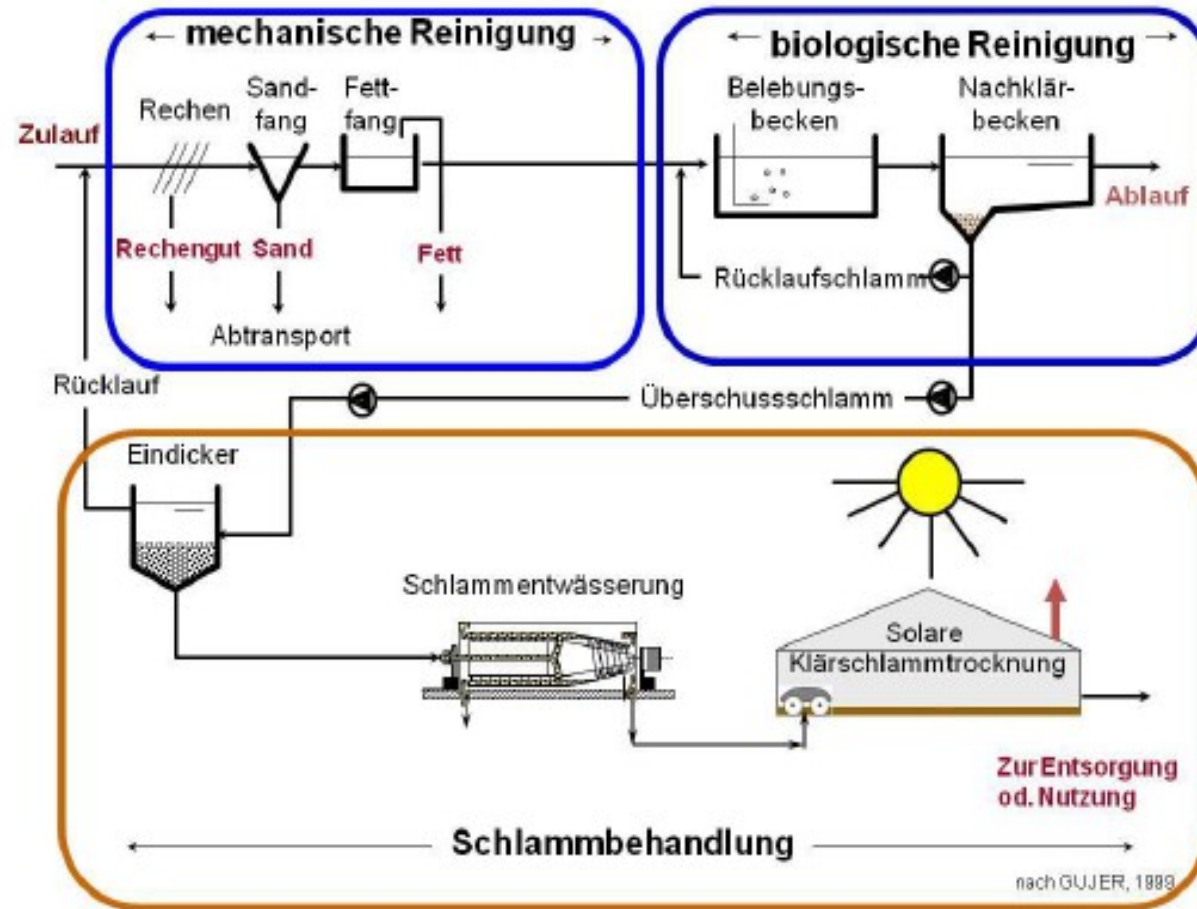
5.3 Kläranlage Schlitz

Kläranlage mit 10.000 EW (effektiv): Energieverbräuche vor Optimierung

Auswertungs- zeitraum	mittlere EW _{CSB}	Gesamt- Strom- verbrauch E _{ges}	davon Energieverbrauch Belüftung E _{Bel}	spezifischer Energieverbrauch gesamt e _{ges}	spezifischer Energieverbrauch Belüftung e _{Bel}
	EW ₁₂₀	kWh/a	kWh/a	kWh/(EW*a)	kWh/(EW*a)
01.01.2007 - 31.12.2007	10.436 EW	553.847	324.229	53,1	31,1
01.01.2010 - 31.12.2010	9.824 EW	415.346	213.635	42,3 (incl. Solartrocknung)	21,7

5.3 Kläranlage Schlitz

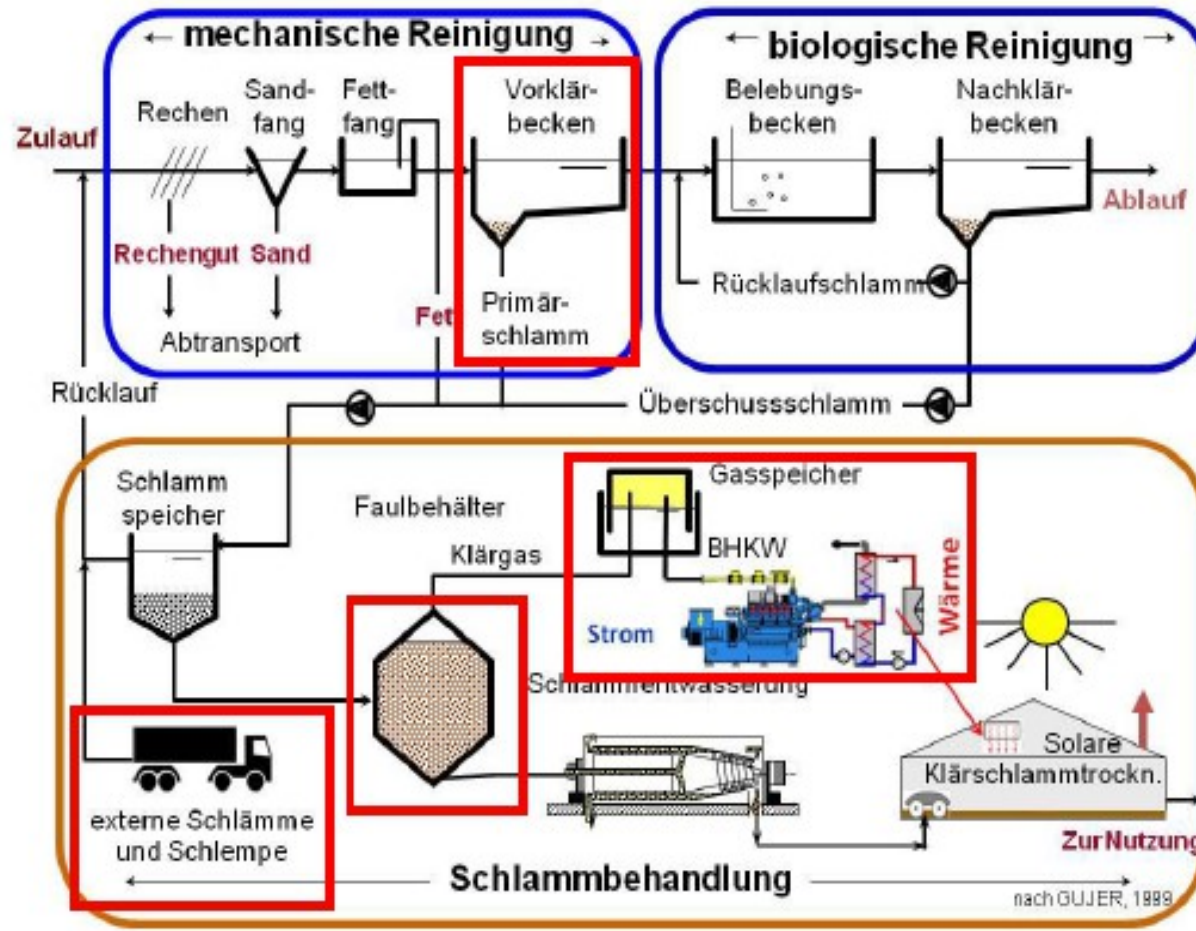
Bestandsaufbau



Energieeffizienz in Kläranlagen

5.3 Kläranlage Schlitz

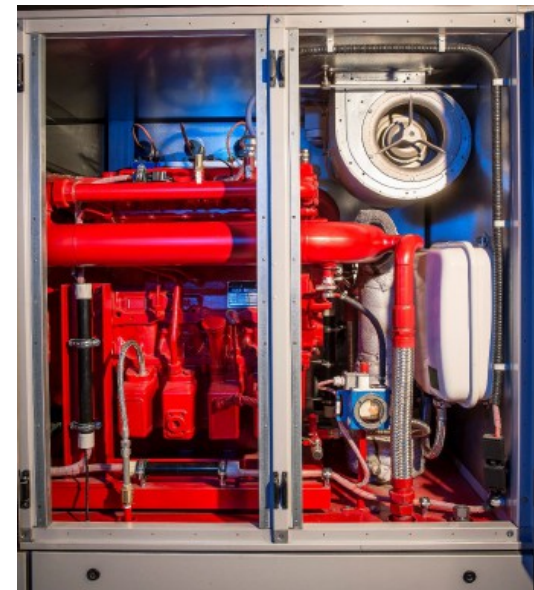
Maßnahmen



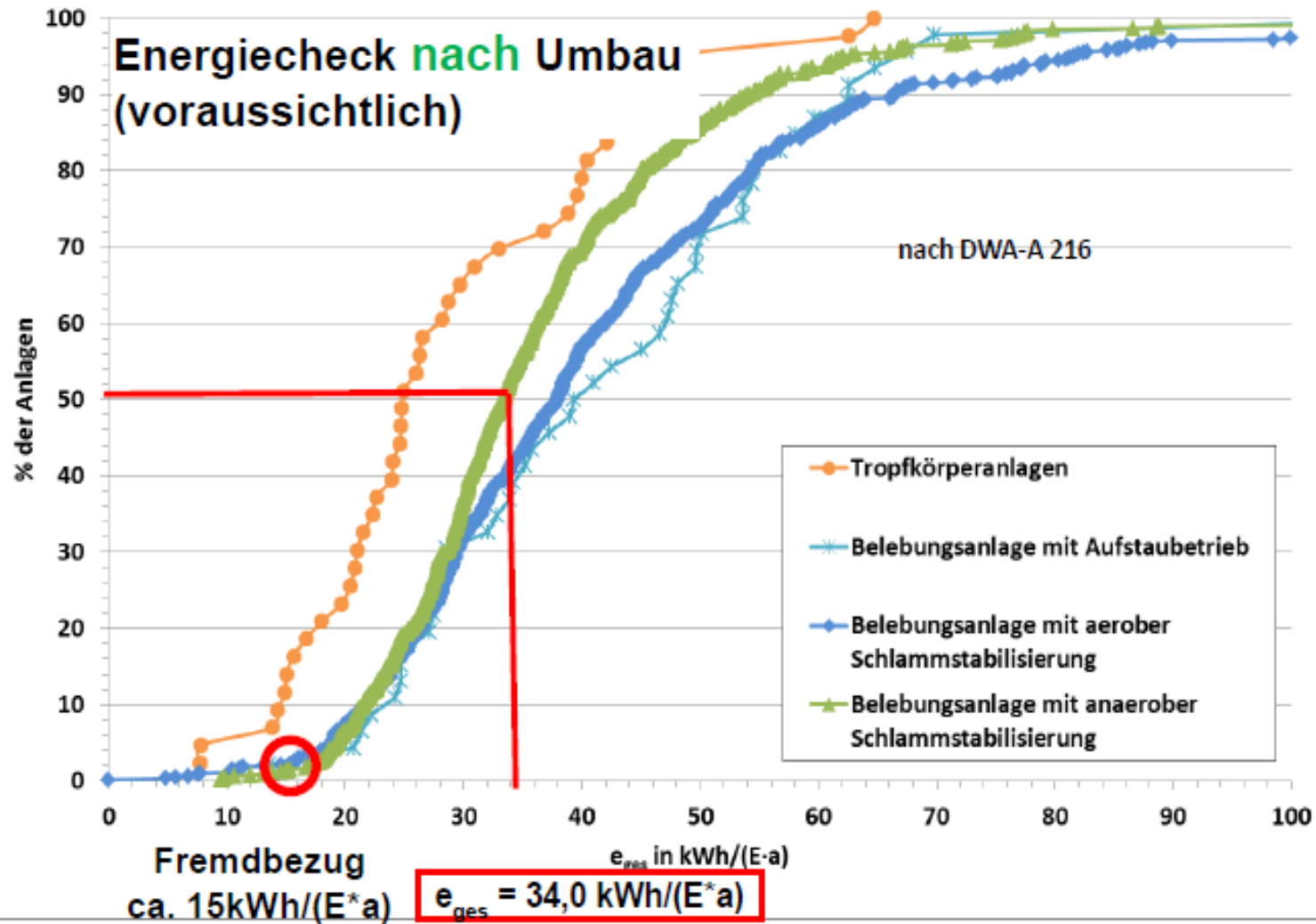
5.3 Kläranlage Schlitz

Maßnahmen

- Solare Schlammtrocknung
 - Zusätzliche Schlämme und Bioabfälle aus dem Umland
 - Vorklärung zur Entlastung der Aeroben Stufe mit Primärschlammabzug
 - Bau einer Überschußschlammeindickung auf ca. 6%
 - Bau eines Faulturmes zur Gasgewinnung
 - Gas- BHKW mit 71 kw-elt. Leistung
- Erreichung von 60% elektrischem Eigenversorgungsgrad



5.3 Kläranlage Schlitz



6. Zusammenfassung

- Kontinuierliche Anlagen- und Funktionsüberwachung und Dokumentation
- Kontinuierliche geplante Wartung und Instandhaltung aller Bauteile
- Kontinuierliche Erneuerung aller mechanischen und elektrischen Bauteile
- Sukzessive Optimierung aller Bauteile und Systemeinbindung bei Erneuerung
- Bei größeren Erneuerungen systematische Überprüfung gewählter Technik
- Anpassung der Anlage an die Wasser- und Schmutzwasserlasten
- Verringerung der Fremdwasseranteile
- Verringerung der Schwarzanschlüsse und Kanäle
- Umsetzung der SÜVO
- Langfristige Umstrukturierung von Misch- zu Trennkanalisation
- Vermeidung von Überlastungen durch gewerbliche und industrielle Einträge

6. Zusammenfassung

- Langfristige Umstrukturierung von Misch- zu Trennkanalisation
- Vermeidung von Überlastungen durch gewerbliche und industrielle Einträge
- Überwachung der Kanäle
- Vermeidung überproportionaler Anbindungs- und Transportlängen
- Optimierung der Betriebs- oder Verbandsstruktur (Personal, Fahrzeuge, Notdienst usw.)
- Ggbfs. Kooperationen, vertragliche Regelungen oder Zusammenschlüsse
- Optimales C H O N S P - Verhältnis herstellen
- Intermittierende Belüftung
- Optimales Schlammalter sicher stellen
- N- und P- Elimination optimieren
- Schlammintegration

6. Zusammenfassung

- Ersatz aller Motore durch Hocheffizienz- Motore / Pumpen / Heber /Schnecken usw. auf IE 4
- Verringerung der Klärschlammengen durch optimierte Betriebsführung
- Verringerung der Klärschlammengen durch Verdichtung, Verdickung, Trocknung, Pressung, usw.
- Weitgehende Nutzung der enthaltenen Chemischen Energie
(43,8 kg CSB / EW * a = 140 kwh / EW * a)
- Weitgehende Nutzung der enthaltenen Wärmeenergie
(DT = 1°C = 1,16 kwh/cbm Abwasser)
- Weitgehende Nutzung der enthaltenen kinetischen Energie
10 m Fallhöhe = 0,2 kwh / cbm Abwasser)



Energieeffizienz in Kläranlagen



Danke für Ihre Aufmerksamkeit !