

Energieeinsparpotenziale in Kläranlagen - am Beispiel der zweistufigen KA Landshut

Dieter Schreff



Inhaltsübersicht

- (1) Allgemeine Daten zum Stromverbrauch auf Kläranlagen
- (2) Einfluss der Verfahrenstechnik auf den Stromverbrauch
- (3) Abwasser- und Schlammbehandlung auf der Kläranlage Landshut
- (4) Ergebnisse der Energiestudie (2011 - 2013)

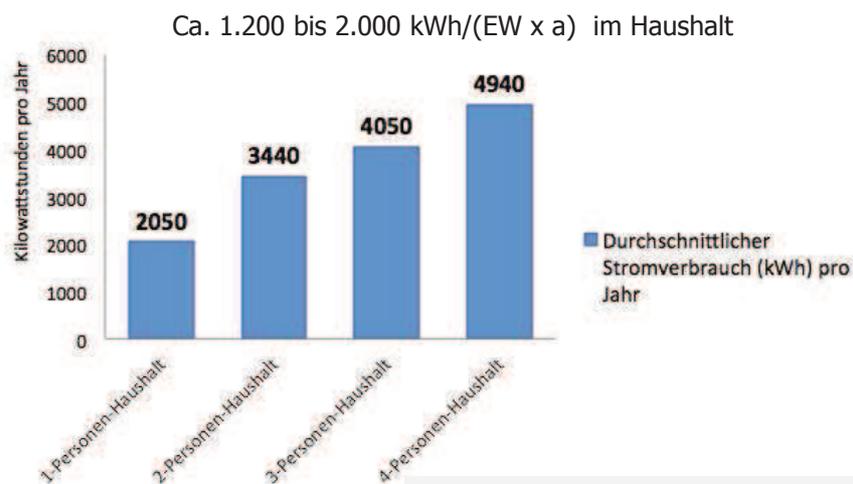
Stromverbrauch auf Kläranlagen

© Dr.-Ing. D. Schreff

- „Kläranlagen sind der größte Stromverbraucher einer Kommune, bis zu 20 %“
- 10 bis 15 % der Betriebskosten einer Kläranlage durch Strombezug
- „Bis 40 % Einsparpotenziale (...)“
- Alle Bundesländer haben Förderprogramme für Energieanalysen.
- Stromverbrauch aller Kläranlagen in Deutschland (ca. 10.000): ca. 4.400 GWh/a, dies entspricht ca. 0,7 % des bundesweiten Stromverbrauchs.
- Umgerechnet bedeutet dies etwa 40 kWh/(EW x a).

Zum Vergleich: Stromverbrauch im Haushalt

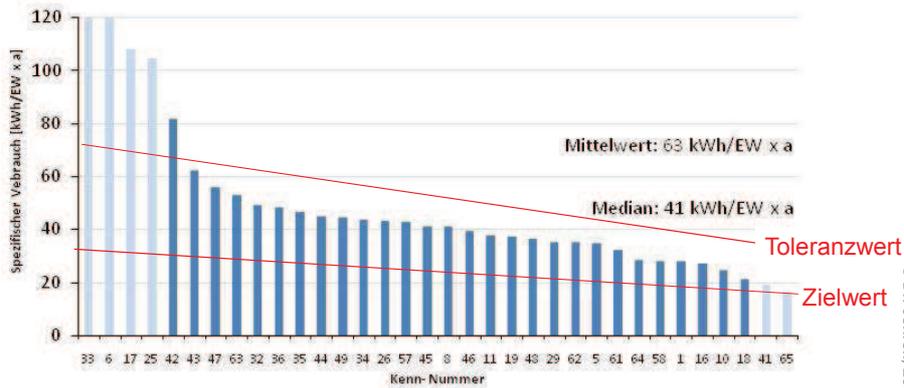
© Dr.-Ing. D. Schreff



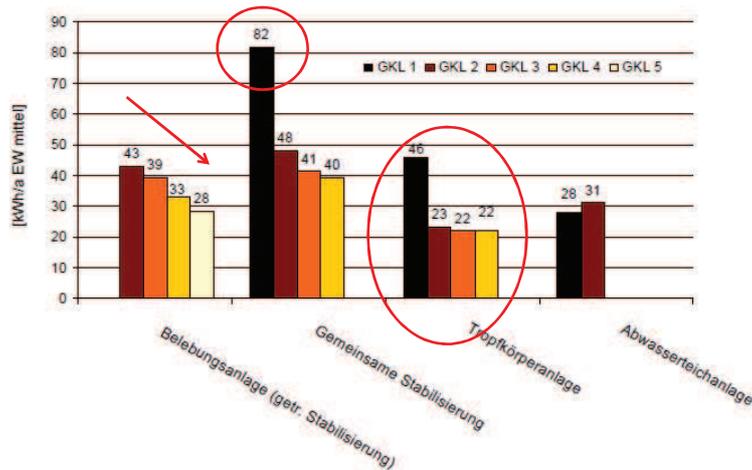
... und etwa 40 kWh/(EW x a) für die Abwasserbehandlung!

Spez. Stromverbrauch SBR-Bayern (2008)

$$\text{Spez. Stromverbrauch (kWh/EW x a)} = \frac{\text{Gesamtstromverbrauch (kWh/a)}}{\text{Mittlere Belastung (EW}_{60})}$$

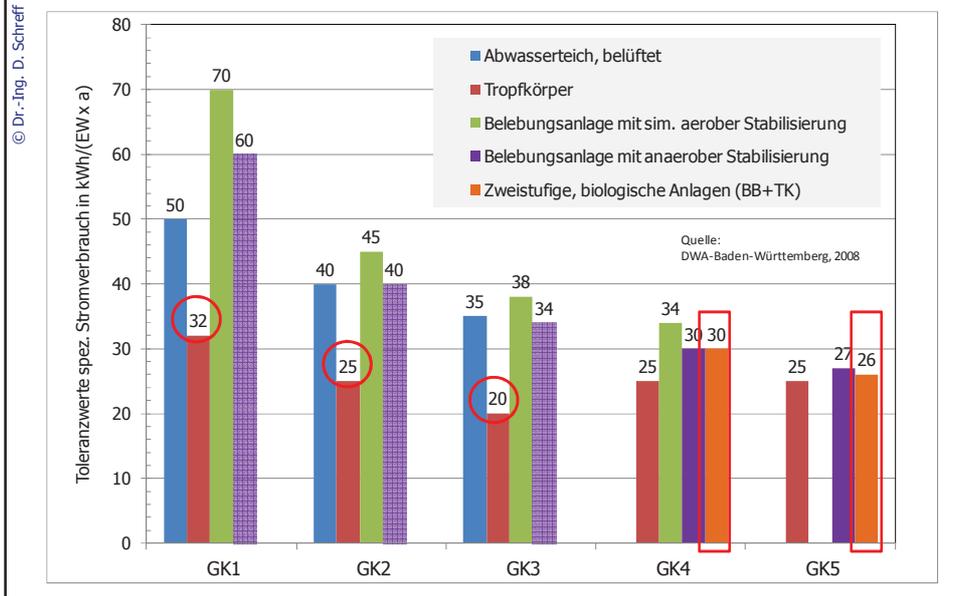


Energieverbrauch Kläranlagen (Bayern)

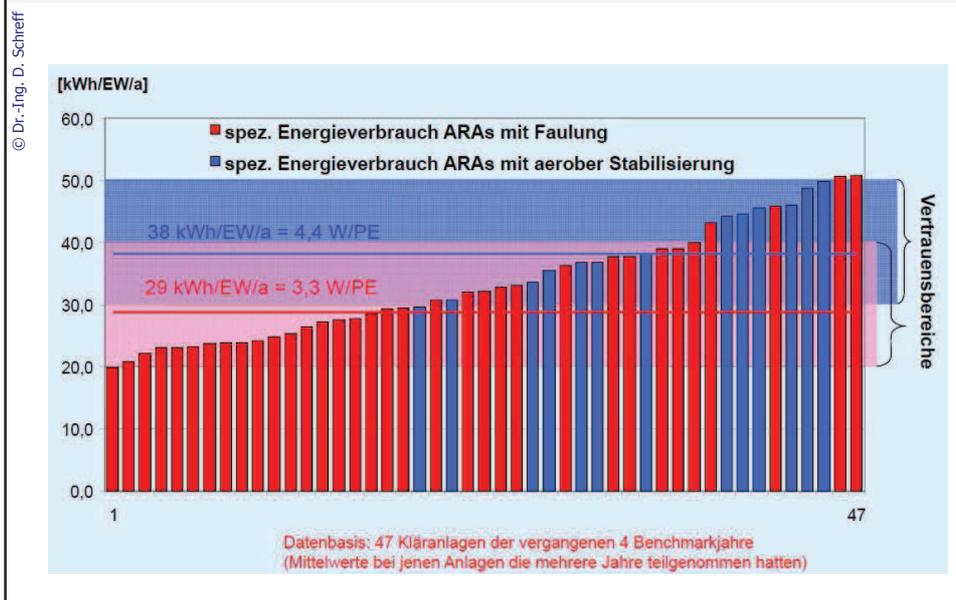


Stromverbrauch in Abhängigkeit von Technologie und Größenklasse (LfU/Bleisteiner, 2008)

Stromverbrauch nach GK + Verfahrenstyp



Energieverbrauch Kläranlagen (Österreich)



Einflussgrößen Stromverbrauch

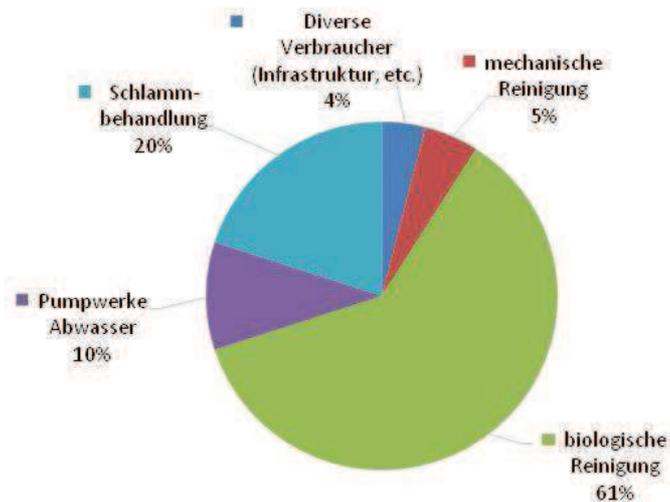
- Ausbaugröße
- Mittlere Auslastung der Anlage, Fremdwasseranteile
- Verfahrenstechnik der Schlammstabilisierung (simultan-aerob oder getrennt-anaerob)
- Energieeffizienz der eingesetzten (Haupt-)Aggregate
- EMSR-Technik (Regelung)
- Abwassercharakteristik/-zusammensetzung
- Anlagenbauweise / Behälteranordnung (Höhensituation)
- (Energieerfassung)

Stromverbraucher nach Reinigungsschritt

© Dr.-Ing. D. Schreff

Bauwerk/ Verfahrensschritt	Energieverbrauch abhängig von/ beeinflusst durch
Zulaufhebwerk/-pumpwerk	Höhenverhältnisse, Pumpenwirkungsgrad (30 – 60%)
Rechen	Heizung/Belüftung des Rechengebäudes
Belüfteter Sandfang	Gebälse, Räumler
Biologische Reinigungsstufe (BB)	Gebälsestation, Rührwerke, Rücklaufschlamm-/Rezi-Pumpwerk
Nachklärbecken	Pumpen, Räumler
Schlammbehandlung	Umwälzung Faulung, Entwässerung, Trocknung ggf. mit Abluftbehandlung

Verteilung Stromverbrauch (Literatur)



Hauptverbraucher Belebungsanlagen

Oberflächenbelüfter



Quelle: P.J. Kantert



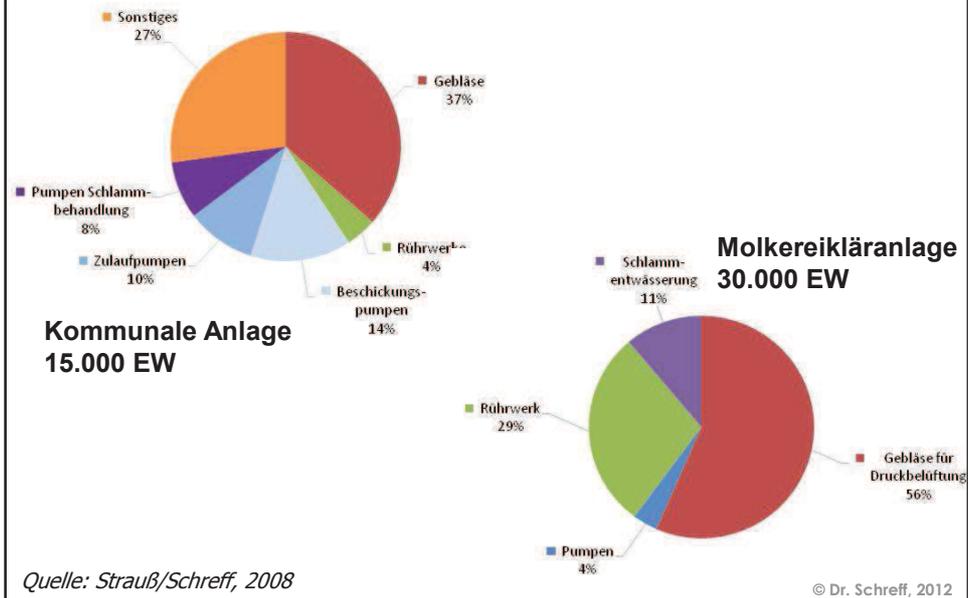
Druckbelüftung



Quelle: Frey, 2011
www.aifrey.com

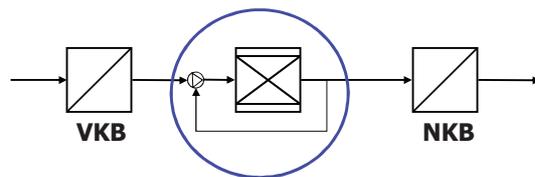
Beckenvolumen	Leistungsdichte
> 2.000 m ³	1,5 W/m ³
> 1.000 – 2.000 m ³	2,0 - 1,5 W/m ³
> 500 – 1.000 m ³	2,5 - 2,0 W/m ³
< 500 m ³	4,0 - 2,5 W/m ³

Verteilung Stromverbrauch (2008)



„Klassische“ Tropfkörperanlage

© Dr.-Ing. D. Schreff



CSB-Elimination
Nitrifikation
Dentrifikation?

Nur Stromverbrauch für Pumpwerk,
 natürliche Belüftung.

Geodätische Förderhöhen:
 ca. 6 bis 8 m

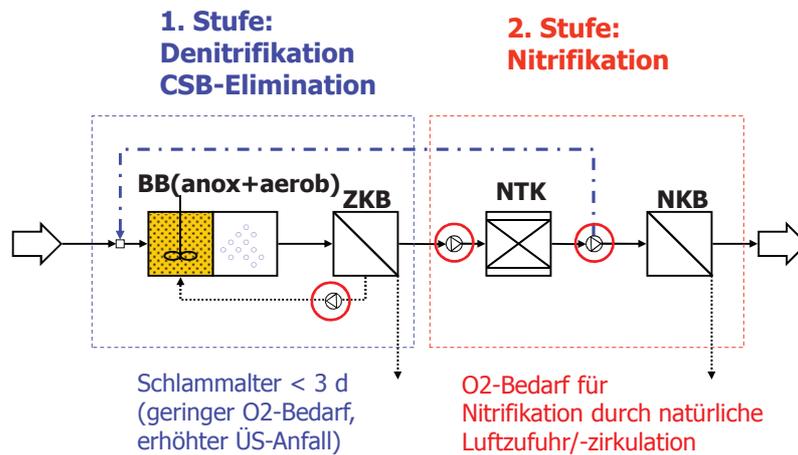
Fördermengen:
 $Q = Q_t \times (1 + RV)$ mit $RV \leq 1,0$



Hochlastbelegung - Tropfkörper

„Vorgeschaltete Denitrifikation“ mit
Rezirkulation mit $RZ \geq 1,0$

© Dr.-Ing. D. Schreff



Leistungsbedarf eines Pumpwerks

© Dr.-Ing. D. Schreff

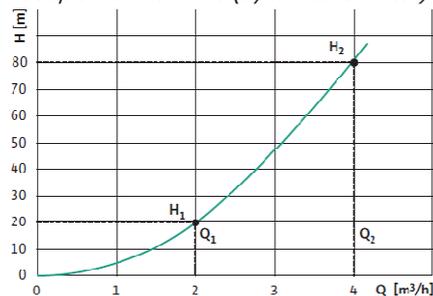
$$P_W = \frac{Q \times H}{102 \times \eta_P}$$

- P_W ... Leistungsaufnahme Pumpe in kW
- Q ... Förderstrom in l/s
- H ... Förderhöhe (gesamt) in mWS
- h_W ... Wirkungsgrad Pumpe zwischen 0,45 und 0,80
je nach Pumpenart und Laufradform

102 ... Umrechnungskonstante

Beispiel: $h_W = 55 \%: 5 \text{ Wh}/(\text{m}^3 \times \text{m})$

Beispiel Rohrkenlinie (dynamischer Anteil)



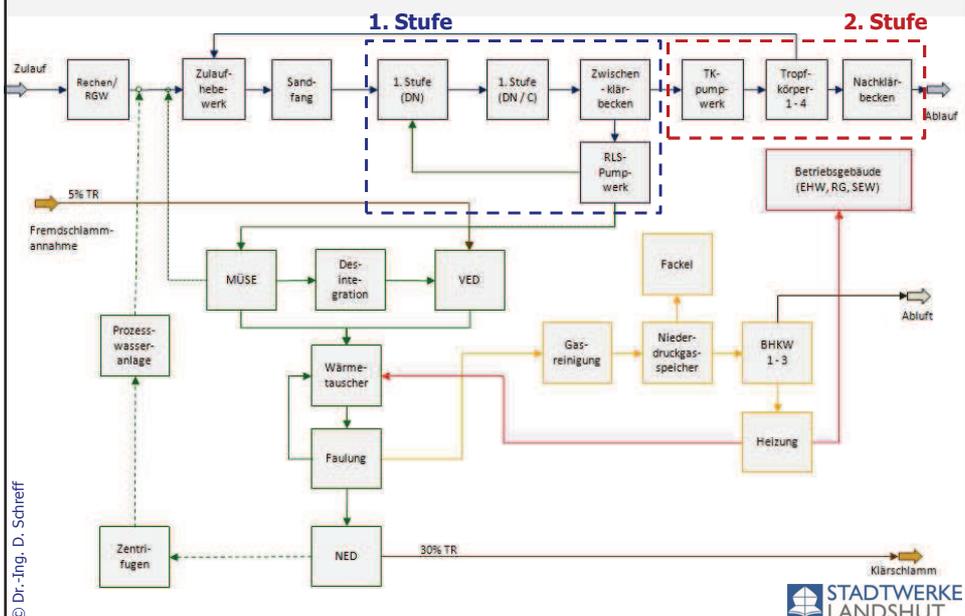
Luftaufnahme KA Landshut (260.000 EW)

© Dr.-Ing. D. Schreff



Verfahrensschema KA Landshut (260.000 EW)

© Dr.-Ing. D. Schreff

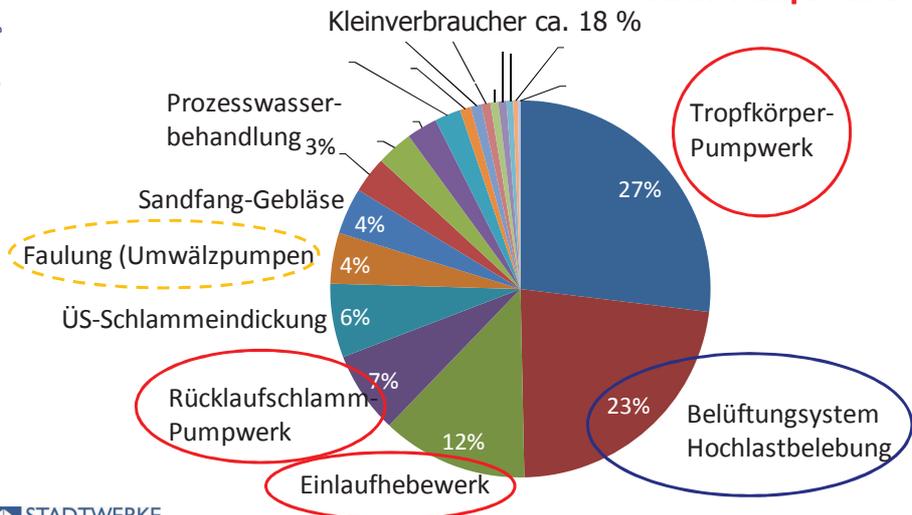


Verteilung Stromverbrauch KA Landshut

Gesamtstromverbrauch (Mittelwert 2010/2011): 6.237 MWh/a

46 % Stromverbrauch durch Pumpwerke!

© Dr.-Ing. D. Schreff



STADTWERKE LANDSHUT

Energieanalyse KA Landshut (2012/2013)



Klimafreundliche Abwasserbehandlung Energieoptimierung des Klärwerks Landshut Analysen und Maßnahmen

Gefördert vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Förderkennzeichen 03KS2424



Februar 2013

Zielsetzung

- IST-Zustands- und Potenzialanalyse (Belastung, Verfahrenstechnik, Energiebilanz Strom und Wärme)
- Konzeptionelle Optimierung der Verfahrenstechnik im Klärwerk (Abwasser- und Schlammbehandlung)
- Aufstellen einer Prioritätenliste, sortiert nach Wirtschaftlichkeit, Energieeffizienz und CO₂-Emissionsreduzierung
- Erstellen eines Katalogs für kurz-, mittel- und langfristige Maßnahmen zur Energieoptimierung des Klärwerks

Kennwerte Energieanalyse, Teil 1

Bezeichnung	Einheit	KA Landshut IST 2010/2011	Toleranzwert **	
Gesamter spezifischer Elektrizitätsverbrauch	kWh/(EW _{CSB} × a)	50,3	30,0	Erhöhter Wert (Auslastung!)
Spezifischer Elektrizitätsverbrauch der Belüftung	kWh/(EW×a)	10,8	16,0	Guter Wert
Spezifischer Elektrizitätsverbrauch der Biologie (inkl. RLS, Rührer, Tropfkörper, NKB, ohne Rezirkulation)	kWh/(EW×a)	31,6	20,0	Erhöhter Wert wg. TKPW
Spezifischer Elektrizitätsverbrauch Schlammbehandlung (Eindickung, Entwässerung, Faulung)	kWh/(EW×a)	5,9	5,0	Erhöhter Wert wg. Umwälzung
Spezifischer Elektrizitätsverbrauch der Pump- und Hebewerke (inkl. RZ)	Wh/(m ³ × m)	4,8	6,0	Guter Wert, absolut hoch wg. Menge!

**) Basis: DWA, 2008 für GK 4/5

Mittlere Belastung: 124.000 EW₁₂₀ (entspricht 48 %)

Kennwerte Energieanalyse, Teil 2

Bezeichnung	Einheit	KA Landshut IST 2010/2011	Toleranz- wert **
Grad der gesamten Faulgasnutzung	%	99%	95
Spezifische Faulgasproduktion	m ³ /(EW × a)	8,9	9
Grad der Faulgasumwandlung in Elektrizität (Wirkungsgrad BHKW)	%	34%	35%
Spezifische Eigenerzeugung Strom	kWh/(EW _{CS8} × a)	15,8	16,0
Eigenversorgungsgrad Elektrizität durch Faulgasverstromung	%	32%	60%
Eigenversorgungsgrad - thermische Energie	%	97%	95

Guter Wert

Begrenzt durch IST-Belastung, bzw. Aggregate (BHKW)

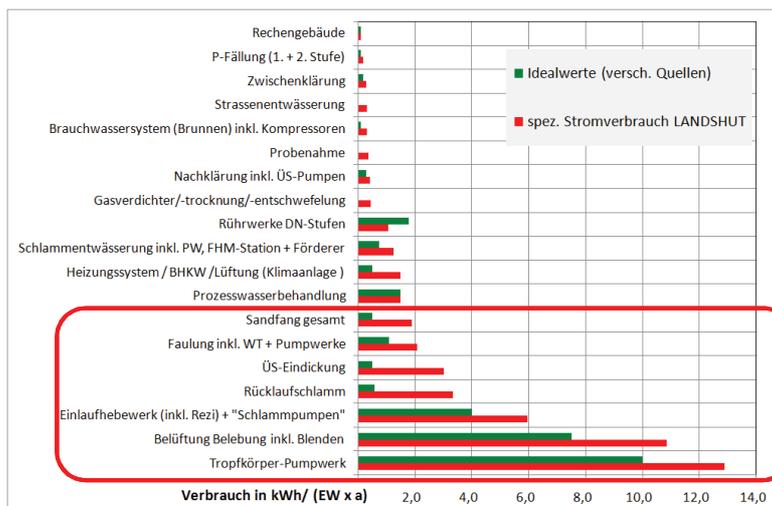
Aufgrund erhöhtem Strombedarf

2012: 100%

© Dr.-Ing. D. Schreff

STADTWERKE
LANDSHUT

Feinanalyse Vergleich Einzelverbraucher



© Dr.-Ing. D. Schreff

STADTWERKE
LANDSHUT

Ergebnis der Feinanalyse

Gute Stromverbrauchswerte:

- Umwälzung DN Becken
- Prozesswasserbehandlung (Deammonifikation)

Erhöhter Stromverbrauch/-bezug wegen:

- Pumpwerken (ca. 50% Gesamtstromverbrauch) durch große Mengen und vorhandener Höhensituation, aber spezifische Werte im üblichen Bereich
- Belüftung Hochlastbetrieb wg. sehr großer Aggregate (Wirkungsgrad)
- Überschußschlammeindickung mittels Zentrifuge
- Sandfanggebläse (sehr hoher Lufteintrag, 2-straßiger Betrieb)

© Dr.-Ing. D. Schreff



Geplante Sofortmaßnahmen

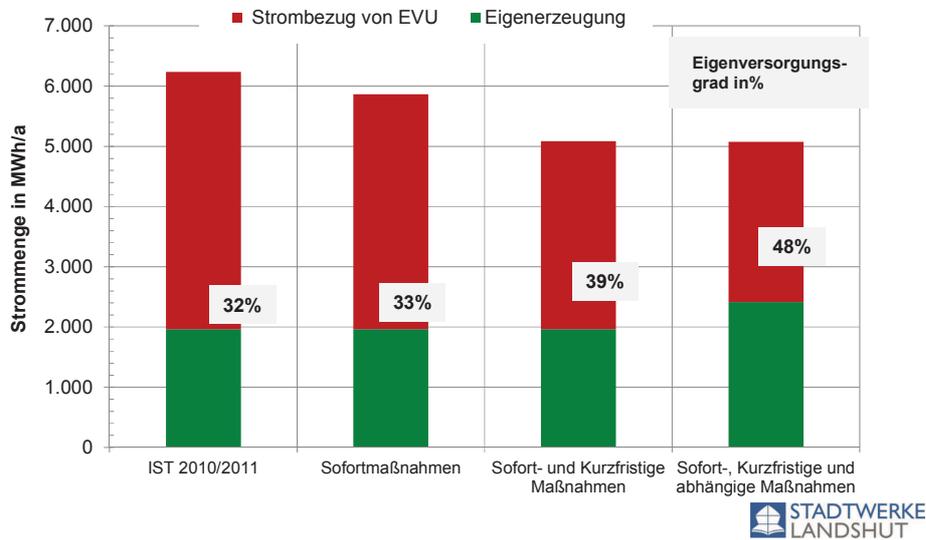
- Nacht- und Winterabsenkung durch **Reduzierung der Kreislaufmenge** (unter Beobachtung der Reinigungsleistung Denitrifikation, minimale Menge Tropfkörper), Senkung um 3% spart 50.000 kWh/Jahr, positive Auswirkung auf Einlaufhebewerk und Rücklaufschlamm-Pumpwerk
- **Belüftung Hochlastbelegung**: Austausch der Regelschieber durch Blendenregulierschieber, Einführung einer Gleitdruckregelung
- Erneuerung der **Sandfanggebläse** : Einbau kleinerer frequenz-geregelter Gebläse (11 kW) mit umgekehrt mengenproportionalem Betrieb, Verminderung der Fördermenge auf ca. 350m³/h
- Neubau der **BHKW-Station** zur Erhöhung der Eigenerzeugung (höherer elektrischer Wirkungsgrad)

© Dr.-Ing. D. Schreff



Auswirkungen Optimierungsmaßnahmen

Festlegung der Maßnahmen nach Kosten-Nutzen-Analyse

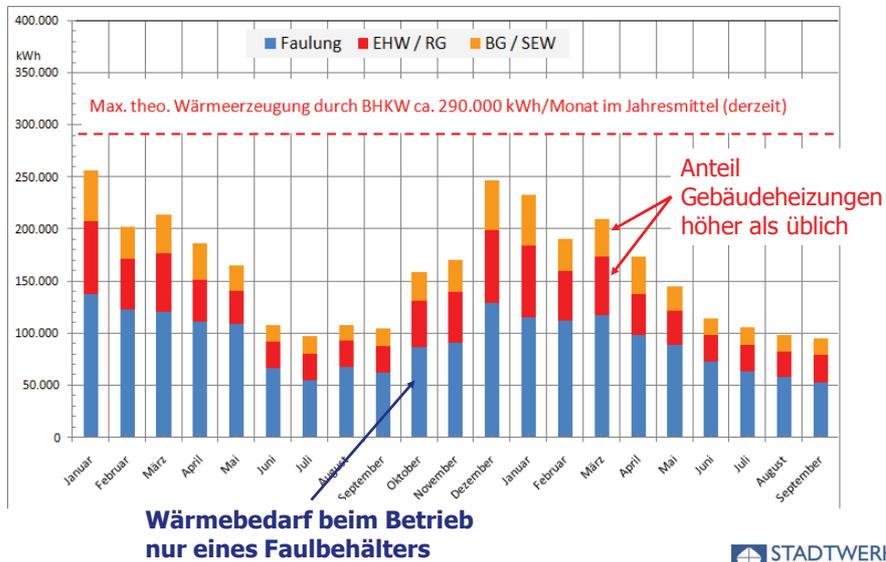


Luftaufnahme KA Landshut (260.000 EW)

„Wärmeverbraucher“
(Betriebsgebäude/Maschinenhalle auf dem ganzen Gelände)



Wärmebilanz KA Landshut



Zusammenfassung

- Stromverbrauch einer Kläranlage hängt maßgeblich vom Verfahrenstyp und der Größenklasse / Auslastung(!) ab.
- Hauptverbraucher ist i.d.R. die biologische Stufe (Gebläse/Rührwerke), hier entscheidet ob getrennte oder simultane Schlammstabilisierung.
- Tropfkörper sind energetisch vorteilhaft, solange keine dauerhaften, „großen“ Kreisläufe erforderlich werden (Stickstoffelimination!).
- Energieanalyse der KA Landshut zeigt, dass eine Senkung des Stromverbrauchs in „kleinen Schritten“ um ca. 18 % möglich wäre, allerdings bliebe der spez. Stromverbrauchswert noch ca. 10 kWh/EW/a über dem Durchschnittswert von 30 kWh/EW/a. Dies ist bedingt durch die Verfahrenstechnik, den geringen Auslastungsgrad der Anlage sowie die bauartbedingte Anordnung der Anlagenelemente.
- Die Verbesserung der Eigenstromerzeugung (BHKW) verbessert die Wirtschaftlichkeit der Anlage signifikant.

Landshuter Energiegespräche - 13. Januar 2014

**Energieeinsparpotenziale
in Kläranlagen -
am Beispiel der zweistufigen KA Landshut**

Dieter Schreff

