

ENERGIEANALYSE DES KLÄRWERKSVERBUNDES KÖHLBRANDHÖFT/DRADENAU NACH ARBEITSBLATT DWA-A 216

Master Thesis im Studiengang Renewable Energy Systems
Fakultät Life Science der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
vorgelegt von: Florian Fuchs, geb. 02.05.1981 in Hamburg

Gutachter:



Prof. Dr. Armin Gregorzewski
HAW HAMBURG
Hochschule für angewandte Wissenschaften



Dipl. Ing. Bernd Bieniek
HAMBURG WASSER

Die Arbeit wurde betreut und erstellt in den Räumen von Hamburg Wasser

Erklärung der Selbstständigkeit

Hiermit versichere ich, die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt sowie die Zitate deutlich kenntlich gemacht zu haben.

Hamburg, den 29. Mai 2015

Florian Fuchs

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Aufgabenstellung	1
1.2	Ziel der Arbeit	1
1.3	Vorgehen	1
2	Grundlagen	3
2.1	Verfahrenstechnische Grundlagen der kommunalen Abwasserreinigung	3
2.2	Verfahrenstechnische Besonderheiten des Klärwerks Hamburg	5
3	Verfahren zur Energieanalyse von Kläranlagen	7
3.1	Energieanalyse nach Handbuch „Energie in Kläranlagen“	7
3.2	Energieanalyse nach Arbeitsblatt DWA-A 216	8
3.3	Vergleich der Verfahren	9
3.4	Begründung für die Wahl des Verfahrens nach DWA-A 216	12
4	Energiecheck nach DWA-A 216	13
4.1	Grundlagen	13
4.2	Berücksichtigung der verfahrenstechnischen Besonderheiten	15
4.3	Systemgrenzen des Energiechecks	17
4.4	Datenerhebung	17
4.5	Ergebnisse	19
4.6	Interpretation der Ergebnisse	30
5	Energieanalyse nach DWA-A 216	33
5.1	Allgemeine Anforderungen des Arbeitsblatts DWA-A 216	33
5.2	Bestandsaufnahme des IST-Zustands	33
5.3	Systemgrenzen der Energieanalyse	34
5.4	Datenbeschaffung/Plausibilitätskontrolle	34
5.5	Fehlergrenzen und Messabweichungen	39
5.6	Energiebilanz des IST-Zustands	42
5.7	Bestimmung der anlagenspezifischen Idealwerte	42
5.7.1	Anlagenspezifischer Idealwert: Zulaufpumpwerk PwH	42
5.7.2	Anlagenspezifischer Idealwert: Zulaufpumpwerk Kö-Süd, Schneckenpumpen	43
5.7.3	Anlagenspezifischer Idealwert: Zulaufpumpwerk Kö-Süd, Kreiselpumpen	43
5.7.4	Anlagenspezifischer Idealwert: Zulaufpumpwerk Dradenau	44
5.7.5	Anlagenspezifischer Idealwert: Belüftung	44
5.7.6	Anlagenspezifischer Idealwert: Überschussschlammeindickung (Zentrifugen)	56

5.7.7	Anlagenspezifischer Idealwert: Faulschlammwässerung (Zentrifugen)	57
5.7.8	Anlagenspezifischer Idealwert: Rücklaufschlammförderung (Pumpwerk)	57
5.8	Bewertung des Ist-Zustands und Identifizierung von Maßnahmen	59
5.9	Ermittlung des Einsparpotenzials und der Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen . .	71
6	Zusammenfassung	73
6.1	Ausblick	75
	Literaturverzeichnis	77
A	Plausibilität	79
B	Häufigkeitsverteilungen - Energiecheck	89
C	Anlagenspezifische Idealwerte - Berechnung	99
D	Datenblätter	109
E	Aggregate/Zähler Köhlbrandhöft	113
F	Aggregate/Zähler Dradenau	129

Abbildungsverzeichnis

2.1	Vereinfachtes Verfahrensschema eines Klärwerks	4
2.2	Zusammenhänge zwischen dem Klärwerksgelände Köhlbrandhöft und Dradenau	6
4.1	Beispiel einer Häufigkeitsverteilung für den Kennwert e_{ges}	15
4.2	Übersicht der Stoffströme auf dem Klärwerk Hamburg	16
4.3	Schema Förderhöhe PwH	27
5.1	Verfahrensstufen und Schalthäuser Köhlbrandhöft	35
5.2	Verfahrensstufen und Schalthäuser Dradenau	36
5.3	Prozentualer Energieverbrauch der Verfahrensstufen	58
A.1	Blockschaltbild KE61 mit Zählern	80
A.2	Blockschaltbild KE10 mit Zählern	81
A.3	Blockschaltbild DE01 mit Zählern	82
B.1	Spezifischer Gesamtstromverbrauch $e_{ges,1}$	89
B.2	Spezifischer Gesamtstromverbrauch $e_{ges,2}$	90
B.3	Spezifischer Stromverbrauch $e_{Bel,ges}$	90
B.4	Spezifischer Stromverbrauch $e_{Bel,KS}$	91
B.5	Spezifischer Stromverbrauch $e_{Bel,DR}$	91
B.6	Spezifische Faulgasproduktion $e_{FG,2}$	92
B.7	Grad der Faulgasumwandlung in Elektrizität $N_{FG,ges}$	92
B.8	Grad der Faulgasumwandlung in Elektrizität $N_{FG,el}$	93
B.9	Grad der Faulgasumwandlung in Elektrizität $N_{FG,el+Gala}$	93
B.10	Eigenversorgungsgrad mit elektrischer Energie $V_{E,KWK}$	94
B.11	Eigenversorgungsgrad mit elektrischer Energie $V_{E,KWK+EE}$	94
B.12	Spezifischer externer Wärmebezug e_{ext}	95
B.13	Spezifischer Stromverbrauch $e_{pW,PwH}$	95
B.14	Spezifischer Stromverbrauch $e_{pW,KS,SP}$	96
B.15	Spezifischer Stromverbrauch $e_{pW,KS,KP}$	96
B.16	Spezifischer Stromverbrauch $e_{pW,DR}$	97
D.1	Datenblatt Siemens SIPROTEC 7SJ602	110
D.2	Datenblatt Siemens SIPROTEC 7SJ602	111
D.3	Datenblatt Siemens SIMEAS P	112

Tabellenverzeichnis

3.1	Vergleich Grobanalyse und Energiecheck	10
3.2	Vergleich Grobanalyse und Energiecheck (Fortsetzung)	11
4.1	Kennwerte für den Energiecheck nach DWA-A 216	14
5.1	Plausibilitätskontrolle elektrische Energie für KE61	37
5.2	Elektrische Energie für KE61NS inkl. Wirkungsgradverluste und Eigenverbrauch	38
5.3	Plausibilitätskontrolle elektrische Energie für KE61 inkl. Wirkungsgradverluste und Eigenverbrauch	38
5.4	Plausibilitätskontrolle elektrische Energie für KE10	38
5.5	Elektrische Energie für Niederspannungsebenen inkl. Wirkungsgradverluste und Eigenverbrauch	38
5.6	Plausibilitätskontrolle elektrische Energie für KE10 inkl. Wirkungsgradverluste und Eigenverbrauch	39
5.7	Plausibilitätskontrolle elektrische Energie für DE01	39
5.8	Abgang Elektrische Energie für DE01 inkl. Wirkungsgradverluste und Eigenverbrauch	39
5.9	Plausibilitätskontrolle elektrische Energie für DE01 inkl. Wirkungsgradverluste und Eigenverbrauch	39
5.10	Messunsicherheit Siemeas P	40
5.11	Messunsicherheit Stromwandler	40
5.12	Messunsicherheit Schütz	40
5.13	Vergleich IST-Wert und anlagenspezifischer Idealwert (Seite 01)	60
5.14	Vergleich IST-Wert und anlagenspezifischer Idealwert (Seite 02)	61
5.15	Vergleich IST-Wert und anlagenspezifischer Idealwert (Seite 03)	62
5.16	Vergleich IST-Wert und anlagenspezifischer Idealwert (Seite 04)	63
A.1	Plausibilität KE61 (Detail)	83
A.2	Plausibilität KE10 (Detail 1)	84
A.3	Plausibilität KE10 (Detail 2)	85
A.4	Plausibilität DE01 (Detail 1)	86
A.5	Plausibilität DE01 (Detail 2)	87
A.6	Plausibilität DE01 (Detail 3)	88
E.1	Aggregate Köhlbrandhöft (Seite 01)	114
E.2	Aggregate Köhlbrandhöft (Seite 02)	115
E.3	Aggregate Köhlbrandhöft (Seite 03)	116
E.4	Aggregate Köhlbrandhöft (Seite 04)	117

E.5	Aggregate Köhlbrandhöft (Seite 05)	118
E.6	Aggregate Köhlbrandhöft (Seite 06)	119
E.7	Aggregate Köhlbrandhöft (Seite 07)	120
E.8	Aggregate Köhlbrandhöft (Seite 08)	121
E.9	Aggregate Köhlbrandhöft (Seite 09)	122
E.10	Aggregate Köhlbrandhöft (Seite 10)	123
E.11	Aggregate Köhlbrandhöft (Seite 11)	124
E.12	Aggregate Köhlbrandhöft (Seite 12)	125
E.13	Aggregate Köhlbrandhöft (Seite 13)	126
E.14	Aggregate Köhlbrandhöft (Seite 14)	127
E.15	Aggregate Köhlbrandhöft (Seite 15)	128
F.1	Aggregate Dradenau (Seite 01)	130
F.2	Aggregate Dradenau (Seite 02)	131
F.3	Aggregate Dradenau (Seite 03)	132
F.4	Aggregate Dradenau (Seite 04)	133
F.5	Aggregate Dradenau (Seite 05)	134
F.6	Aggregate Dradenau (Seite 06)	135

Abkürzungsverzeichnis

AbwAG	Abwasserabgabegesetz
BSB5	Biologischer Sauerstoffbedarf
CSB	Chemischer Sauerstoffbedarf
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.
EE	Erneuerbare Energien
EVU	Energieversorgungsunternehmen
FU	Frequenzumrichter
Gala	Gasaufbereitungsanlage
KETA	Klärschlammmentwässerungs- und Trocknungsanlage
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
oTR	Organischer Trockenrückstand
PS	Primärschlamm
PV	Photovoltaik
PW	Pumpwerk
PwH	Pumpwerk Hafenstraße
SP12	Überschussschlammumpwerk Kö-Mitte
TR	Trockenrückstand
UE10	Überschussschlammindickung Kö-Mitte
UG	Umgehungsgerinne
UP	Umwälzpumpwerk
WEA	Windenergieanlage

Symbolverzeichnis

α -Wert	Grenzflächenfaktor	-
$\Theta^{T-20^{\circ}\text{C}}$	Temperaturkorrektur Belüftungskoeffizient	-
Abb_{VAKS}	Abbaurrate des Einwohnerwertes in der Vorklärung Ko-Süd	%
b	Zerfallskoeffizient	-
C_x	Sauerstoffkonzentration im Belebungsbecken	mg/l
$C_{CSB,ZB}$	Konzentration CSB in der homogenisierten Probe im Zulauf der Belebung . . .	mg/l
$C_{s,20}$	Sauerstoffsättigungskonzentration bei 20°C	mg/l
$C_{s,T}$	Sauerstoffsättigungskonzentration bei $T_W^{\circ}\text{C}$	mg/l
e_{BB}	Spezifischer Stromverbrauch der Belebung	kWh/(E*a)
$E_{Bel,DR}$	Jahresstromverbrauch der Belüftung Dradenau	kWh/a
$e_{Bel,DR}$	spezifischer Stromverbrauch der Belüftung Dradenau	kWh/a
$e_{Bel,ges}$	Spezifischer Stromverbrauch der Belüftung (Kohlbrandhoft + Dradenau)	kWh/(E*a)
$E_{Bel,KS}$	Jahresstromverbrauch der Belüftung Ko-Süd	kWh/a
$e_{Bel,KS}$	spezifischer Stromverbrauch der Belüftung Ko-Süd	kWh/a
e_{Bel}	Spezifischer Stromverbrauch der Belüftung	kWh/(E*a)
E_{EE}	Jahresstromproduktion aus EE-Anlagen	kWh/a
e_{ext}	Spezifischer externer Wärmebedarf	kWh/(E*a)
$e_{FG,1}$	Spezifische Faulgasproduktion	$I_N/(E*a)$
$e_{FG,2}$	Spezifische Faulgasproduktion	$I_N/(\text{kg oTR})$
$E_{FG,Gala}$	Stromäquivalent der Faulgasmenge die der Gala zugeführt wird	kWh/a
$E_{FG,ges}$	Stromäquivalent der Jahresproduktion Faulgas	kWh/a

$E_{FG,GM+GT}$	Stromäquivalent der verbrauchten Faulgasmenge von Gasmotor und Gasturbine kWh/a
E_{FS}	Jahresstromverbrauch der Faulschlammwässerung (Zentrifugen) kWh/a
$e_{ges,1}$	Spezifischer Gesamtstromverbrauch des Klärwerksverbundes (ohne VERA, ohne Trocknung) kWh/(E*a)
$E_{ges,2}$	Jahresstromverbrauch des Klärwerksverbundes (ohne VERA, ohne Schlammrockner) kWh/a
$e_{ges,2}$	Spezifischer Gesamtstromverbrauch des Klärwerksverbundes (ohne VERA) kWh/(E*a)
E_{ges}	Jahresstromverbrauch des Klärwerksverbundes (ohne VERA) kWh/(a)
e_{ges}	Spezifischer Gesamtstromverbrauch kWh/(E*a)
E_{GM}	Jahresstromproduktion Gasmotor kWh/a
E_{GM}	Jahresstromproduktion Gasturbine kWh/a
E_{KWK}	Jahresstromproduktion aus KWK-Anlagen kWh/a
$E_{PV,DR}$	Jahresstromproduktion PV-Anlagen Dradenau kWh/a
$E_{PV,Ko}$	Jahresstromproduktion PV-Anlagen Kohlbrandhoft kWh/a
$E_{PW,DR}$	Jahresstromverbrauch Rohrgeäusepumpen Zulauf Dradenau kWh/(a)
$E_{PW,KS,KP}$	Jahresstromverbrauch der Kreiselpumpen Ko-Süd kWh/a
$E_{PW,KS,SP}$	Jahresstromverbrauch der Schnecktrogpumpen Ko-Süd kWh/a
$E_{PW,RSDR}$	Jahresstromverbrauch Rücklaufschlammumpen Dradenau (SP30) kWh/a
e_{PW}	Spezifischer Stromverbrauch Pumpwerk kWh/(m ³ *m)
$E_{Trocknung}$	Jahresstromverbrauch der Schlammrockner kWh/(a)
$E_{WEA,1}$	Jahresstromproduktion Windenergieanlage 1 kWh/a
$E_{WEA,3}$	Jahresstromproduktion Windenergieanlage 3 kWh/a
E_S	Jahresstromverbrauch der Überschussschlammindickung (Zentrifugen) ... kWh/a
$EW_{CSB,120}$	Einwohnerwert E
$EW_{CSB,AGBBS,gem.}$	Einwohnerwert im Ablauf der Belegung Ko-Süd E
$EW_{CSB,BBKS,rech.}$	‘abgebauter’ Einwohnerwert in der Belegung Ko-Süd E
$EW_{CSB,ges}$	Einwohnerwert Klärwerksverbund E

$EW_{CSB,Nord}$	Einwohnerwert Zulauf Nord	E
$EW_{CSB,Sd}$	Einwohnerwert Zulauf Süd	E
$EW_{CSB,UGKS,gem.}$	Einwohnerwert im Umlaufgerinne der Belebung Ko-Süd	E
$EW_{CSB,UGKS,rech.}$	Einwohnerwert im Umlaufgerinne der Belebung Ko-Süd (ohne Vorklärung)	E
$EW_{CSB,VAAGKS,gem.}$	Einwohnerwert im Ablaufgerinne der Vorklärung Ko-Süd	E
$EW_{CSB,ZLBBKS,gem.}$	Einwohnerwert im Zulauf der Belebung Ko-Süd	E
$EW_{CSB,ZLDR,rech.}$	Einwohnerwert im Zulauf der Belebung Dradenau (ohne Belebung Ko-Süd)	E
$EW_{CSB,ZLKS,rech.}$	Einwohnerwert im Zulauf der Belebung Ko-Süd (ohne Vorklärung)	E
f_c	Stosfaktor für die Kohlenstoffatmung	-
f_d	Tiefenfaktor	-
f_N	Stosfaktor für die Ammoniumoxidation	-
F_T	Temperaturfaktor für die endogene Atmung	-
h	Förderhöhe	m
h_d	Eintauchtiefe (Oberflächenbelüftung), Einblastiefe(Druckbelüftung)	-
h_{geo}	geodätische Förderhöhe	m
h_v	manometrische Förderhöhe	m
m_{oTR}	Masse organischer Trockenrückstand im Zulauf der Faulgas	kg oTR
N_1	Grad der gesamten Faulgasnutzung	%
N_2	Grad der Faulgasumwandlung in Kraft/Elektrizität	%
N_3	Spezifische Faulgasproduktion	$l_N/(kg\ oTR)$
$N_{FG,el+Gala}$	Grad der Faulgasumwandlung in Elektrizität (produzierte elektrische Energie von Gasmotor und Gasturbine incl. dem Stromäqui- valent der Faulgasmenge die der Gala zugeführt wird, bezogen auf das Stromäquivalent der produzierten Faulgasmenge)	%
$N_{FG,el}$	Grad der Faulgasumwandlung in Elektrizität (produzierte elektrische Energie von Gasmotor und Gasturbine bezogen auf das Stromäquivalent der verbrauchten Faulgasmenge von Gasmotor und Gastur- bine)	%

$N_{FG,ges}$	Grad der Faulgasumwandlung in Elektrizität (produzierte elektrische Energie von Gasmotor und Gasturbine bezogen auf das Stromäquivalent der produzierten Faulgasmenge) %
N_{FG}	Grad der Faulgasumwandlung in Elektrizität %
$N_{PS,KS,KP}$	Niveau Pumpensumpf Kreiselpumpwerk Ko-Süd mNN
$N_{PS,KS,SP}$	Niveau Pumpensumpf Zulauf Ko-Süd mNN
$N_{PS,PwH}$	Niveau Pumpensumpf PwH mNN
N_{SK}	Niveau Ablaufschacht Kohlbrandhoft mNN
N_{ZG}	Niveau Zulaufgerinne Belebung Dradenau mNN
$N_{ZRE,KN}$	Niveau Zulauf Rechenanlage Ko-Nord mNN
$N_{ZRE,KS}$	Niveau Zulauf Rechenanlage Ko-Süd mNN
OV_h	Mittlerer stündlicher Sauerstoffverbrauch im Jahresmittel kg O ₂ /h
$OV_{d,C}$	Mittlerer täglicher Sauerstoffverbrauch für die Kohlenstoffatmung im Jahresmittel kg O ₂ /h
$OV_{d,D}$	Mittlerer täglicher Sauerstoffverbrauch für die Kohlenstoffelimination, der durch die Denitrifikation gedeckt wird, im Jahresmittel kg O ₂ /h
$OV_{d,N}$	Mittlerer täglicher Sauerstoffverbrauch der Nitrifikation im Jahresmittel . . kg O ₂ /h
Q_d	Mittlerer täglicher Abwasserzufluss bei Trockenwetter m ³ /h
$Q_{FG,GM+GT}$	verbrauchte Faulgasmenge von Gasmotor und Gasturbine m ³ /a
Q_{FG}	Jahresproduktion Faulgas l _N
Q_{PW}	geforderte Abwassermenge PwH m ³ /a
$Q_{S,DR,KS}$	Volumenstrom Überschussschlamm aus Dradenau in den Zulauf der Belebung Ko-Süd m ³ /h
$Q_{S,DR}$	Volumenstrom Überschussschlamm aus Dradenau gesamt kg/m ³
$Q_{S,SP12}$	Volumenstrom Überschussschlamm SP12 m ³ /h
$Q_{S,UE10}$	Volumenstrom Überschussschlamm im Zulauf UE10 kg/m ³
$S_{CSB,abb,ZB}$	abbaubarer CSB im Ablauf der Belebung mg/l
$S_{CSB,inert,AN}$	Konzentration des inert gelosten CSB im Ablauf der Nachklärung mg/l
$S_{CSB,inert,ZB}$	Konzentration des inert gelosten CSB im Zulauf der Belebung mg/l
$S_{CSB,ZB}$	Gelöster, CSB im Zulauf der Belebung mg/l

$S_{NO3,AN}$	Konzentration des Nitratstickstoffs in der filtrierten Probe als N, im Ablauf der Nachklärung mg/l
$S_{NO3,D}$	Zu denitrifizierender Nitratstickstoff mg/l
$S_{NO3,ZB}$	Konzentration des Nitratstickstoffs in der filtrierten Probe als N, im Zulauf der Belebung mg/l
SAE	Standard Sauerstofftrag kg O ₂ /kWh
$SOTR$	Standard Sauerstoffzufuhr kg O ₂ /h
T_W	Maßgebende Wassertemperatur im Belebungsbecken °C
t_{TS}	Schlammalter bezogen auf V_{BB} d
TS_{BB}	Trockensubstanz im Belebungsbecken kg/m ³
$TS_{S,DR,KS}$	Trockensubstanz im Überschussschlamm aus Dradenau kg/m ³
$TS_{S,SP12}$	Trockensubstanz im Überschussschlamm SP12 kg/m ³
V_{BB}	Volumen des Belebungsbeckens m ³
$V_{E,KWK+EE}$	Eigenversorgungsgrad Elektrizität aus KWK-Anlagen + Elektrizität aus EE-Anlagen %
$V_{E,KWK}$	Eigenversorgungsgrad Elektrizität aus KWK-Anlagen %
V_e	Eigenversorgungsgrad Elektrizität %
V_e	Eigenversorgungsgrad Wärme %
$X_{CSB,abb,ZB}$	Konzentration abbaubarer CSB im im Zulauf der Belebung mg/l
$X_{CSB,BM,inert}$	Partikulärer, inerter CSB der Biomasse mg/l
$X_{CSB,BM}$	CSB der Biomasse mg/l
$X_{CSB,inert,ZB}$	Partikulärer, inerter CSB im Zulauf der Belebung mg/l
$X_{CSB,S}$	Konzentration CSB des Filtrerrückstands im Überschussschlamm mg/l
$X_{TS,ZB}$	Konzentration der mit 0,45 µm Membranfilter abfiltrierbaren Stoffe nach Trocknung bei 105 °C mg/l
Y	Ertragsfaktor -

KAPITEL 1

Einleitung

1.1 Aufgabenstellung

Anlagen zur Abwasserreinigung benötigen eine sehr große Menge elektrischer Energie und sind häufig einer der größten kommunalen Energieverbraucher. Der Klärwerksverbund Köhlbrandhöft/Dradenau, im weiteren Verlauf als „Klärwerk Hamburg“ bezeichnet, gehört zu den größten und modernsten Klärwerken in Deutschland. Die Verfahrens- und Anlagentechnik des Klärwerks Hamburg befindet sich in einem ständigen Optimierungsprozess. Mit diesem Hintergrund wurde auf dem Klärwerk Hamburg im Jahr 2004 eine Energieanalyse nach den Vorgaben des Handbuchs „Energie in Kläranlagen“ [Kün99] durchgeführt. Die Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA¹) beschreibt für diese Bereiche den „Stand der Technik“ und besitzt somit einen bindenden Charakter für Betreiber von Abwasserreinigungsanlagen. Zur Vereinheitlichung von Energieanalysen hat die DWA das Arbeitsblatt DWA-A 216 [KEK13] herausgegeben. Aufgabe dieser Arbeit ist die Durchführung einer Energieanalyse nach den Vorgaben des Arbeitsblattes DWA-A 216.

1.2 Ziel der Arbeit

Durch den hohen Energieverbrauch einer Kläranlage stellt diese eine wirtschaftliche und ökologische Belastung einer jeden Kommune dar. Das Ziel der Arbeit ist anhand der Ergebnisse aus Energiecheck und Energieanalyse Optimierungspotenziale für das Klärwerk Hamburg zu identifizieren.

1.3 Vorgehen

Das Arbeitsblatt DWA-A 216 sieht eine Analyse des Wärmebedarfs und des Bedarfs der elektrischen Energie vor. Die gemessenen Verbräuche werden mit theoretischen Werten verglichen und anhand des Vergleichs werden Optimierungspotenziale abgeleitet. Für die identifizierten Optimierungspotenziale werden über die Analyse der Verfahrens- und Maschinenteknik Maßnahmen erarbeitet mit denen die Optimierungspotenziale erreicht werden können.

¹ Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.

Das Klärwerk Hamburg benötigt ca. 80 Mio. kWh/a elektrische Energie. Durch einen ständigen Wandel weist es diverse verfahrenstechnische Besonderheiten auf. Mit mehr als 10.000 Einzelaggregaten besitzt das Klärwerk Hamburg, sowohl in der Verfahrenstechnik, als auch in der Maschinenteknik eine hohen Komplexität. Aus diesem Grund und wegen des begrenzten Zeitrahmens können nicht alle Anforderungen bzw. Teilanalysen des Arbeitsblattes berücksichtigt werden.

Aufgrund der Tatsache das fast der gesamte WÄrmeverbrauch durch eigene ProzesswÄrme gedeckt ist, liegt der Fokus dieser Arbeit auf der Energieanalyse der elektrischen Energie. Auf nicht oder nur teilweise behandelte Anforderungen des Arbeitsblattes wird im weiteren Verlauf hingewiesen und Stellung genommen.

KAPITEL 2

Grundlagen

2.1 Verfahrenstechnische Grundlagen der kommunalen Abwasserreinigung

Für das Einleiten von kommunalen Abwässern in die Umwelt gelten bestimmte Rechtsvorschriften, in denen die einzuhaltenden Grenzwerte für Schadstoffe festgelegt sind. Für Hamburg gelten die festgelegten Überwachungswerte der Freien und Hansestadt Hamburg und die Werte aus der Erklärung über die Einhaltung geringerer Schadstofffrachten gemäß §4 Abs. 5 AbwAG¹ [Ver76]. Aus diesem Grund müssen kommunale Abwässer einer mechanischen und biologischen Reinigung unterzogen werden. Diese Aufgabe übernimmt im Allgemeinen das kommunale Klärwerk. Klärwerke werden in Ihrer Größe nach angeschlossenen Einwohnern bemessen und in Größenklassen eingeteilt. Diese Größe errechnet sich aus der Zulauffracht zum Klärwerk, gemessen in CSB², bezogen auf die spezifische CSB-Schmutzfracht von 120 mg/(E*d). Das Klärwerk Hamburg gehört mit einem Einwohnerwert $EW_{CSB,120}$ von ca. 2.806.000 E zu einer der größten Kläranlagen Deutschlands. Die Abwasserreinigung kann in folgende Hauptverfahrensstufen unterteilt werden:

- Mechanische Reinigung
- Biologische Reinigung
- Schlammbehandlung

Ein vereinfachtes Verfahrensschema ist auf Seite 4 in Abb. 2.1 dargestellt. Im Zulauf des Klärwerks wird das Abwasser mit Hilfe eines Pumpwerks auf das Niveau des Klärwerks gehoben und anschließend der mechanischen Reinigung zugeführt. Hier sollen die ungelösten Abwasserinhaltsstoffe, die mechanisch erfasst werden können, aus dem Abwasser entfernt werden. Zu der mechanischen Reinigung gehören unter anderem das Rechenverfahren und die Sedimentation in Sandfängen und in Absetzbecken, wie z.B. den Vorklärbecken. In der Rechenanlage wird das Abwasser von groben Fremdstoffen befreit und somit einer ersten mechanischen Reinigung unterzogen. Von größerer Bedeutung ist allerdings die Entfernung der groben Schmutzstoffe im Abwasser zum Schutz von Maschinen, Pumpen und Rohrleitungen vor dem Verstopfen und der Zerstörung und somit der Vermeidung von Störungen im Betriebsablauf. Die zweite mechanische Behandlungsstufe bildet der Sandfang. Im Abwasser sind sandige Bestandteile in sehr unterschiedlichen Mengen und

1 Abwasserabgabegesetz

2 Chemischer Sauerstoffbedarf

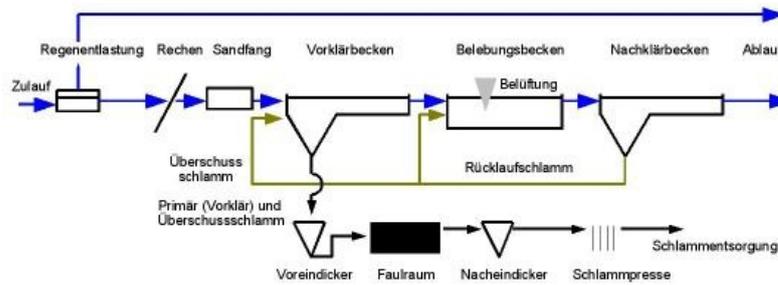


Abb. 2.1: Vereinfachtes Verfahrensschema eines Klärwerks mit Schlammfäulung (Quelle: Hamburg Wasser)

Kornzusammensetzungen enthalten. Diese mineralischen Bestandteile wirken sich nachteilig auf den Klärwerksbetrieb aus. So wird durch Sand eine verstärkte Abnutzung von Pumpen und Räumaggregaten verursacht. In Faulbehältern und Belüftungsbecken sedimentieren Sande und lagern sich an der Bauwerkssohle ab. Die Sandentfernung aus diesen Bauwerken ist teuer und führt eventuell zu erheblichen Betriebsbeeinträchtigungen. Daher müssen Sande zu Beginn der Reinigung, also im Zulaufbereich der Anlage, möglichst vollständig aus dem Abwasser entfernt werden. Diese Aufgabe wird mit Hilfe des Sedimentationsverfahrens im Sandfang erledigt. Die dritte und letzte mechanische Verfahrensstufe vor der biologischen Reinigung ist die Vorklärung. In der Vorklärung wird durch Sedimentation eine Grobentschlammung des Abwassers durchgeführt. Es wird ein erster Teil der organischen Stoffe im Abwasser abgetrennt und als Primärschlamm (PS^1) abgezogen. Dadurch wird das Abwasser von einem Teil der organischen Fracht mit einem technisch einfachen Verfahren und geringem Energieaufwand gereinigt und somit die anschließende biologische Stufe entlastet. Zur biologischen Reinigung gehören das Belüftungsbecken und das Nachklärbecken. Es gibt verschiedene Verfahren zur biologischen Abwasserreinigung, wobei hier im folgendem nur auf das „Belebtschlammverfahren“ mit vorgeschalteter „Denitrifizierung“ eingegangen wird. Die Abwasserbehandlung im Belüftungsbecken wird mit Hilfe von Mikroorganismen durchgeführt. Die wesentlichen Vorgänge sind

- Die Adsorption (Anlagerung, elektrochemischer Vorgang) oder Sorption (Aufnahme) von organischen Stoffen an (in) die Mikroorganismen; dabei ist zu beachten, dass für (NH_4^+) eine Adsorption nicht möglich ist und demzufolge auch keine Speicherung erfolgt
- Der Transport in die Zelle (Resorption, Osmoseprozesse)
- Die Speicherung von organischen Inhaltsstoffen und Stoffwechselprodukten in der Zelle, z.B. bei phosphorspeichernden Mikroorganismen und
- die Umwandlung in Biomasse, Zwischenprodukte und CO_2 und H_2O .

Diese Vorgänge werden durch den aerobe heterotrophen Abbau des organische Stoffgemisches im Abwasser zu CO_2 , H_2O und NH_4^+ , der Nitrifikation von Ammonium (NH_4^+) zu Nitrat (NO_3^-) und der Denitrifikation von NO_3^- zu elementarem Stickstoff (N_2) umgesetzt. In der folgenden Verfahrensstufe, der Nachklärung wird der Belebtschlamm durch Sedimentation abgesetzt und

1 Primärschlamm

durch Pumpen abgezogen. Die Nachklärbecken von Belebungsanlagen haben die Aufgabe den belebten Schlamm vom gereinigten Abwasser zu trennen und diesen einzudicken, damit er als Rücklaufschlamm wieder dem Abwasser zugeführt werden kann. Nachklärung und Belebung bilden insofern eine Einheit. Mit Abschluss der Nachklärung ist das Abwasser soweit behandelt, dass alle geforderten Grenzwerte in Bezug auf Schadstoffe eingehalten werden und das Abwasser in die Umwelt eingeleitet werden darf. Der aus der Vorklärung entstandene Primärschlamm und der aus der Belebung anfallende Überschussschlamm sind weiterhin belastet, bzw. biologisch instabil und müssen vor der Entsorgung, bzw. Verwertung noch behandelt werden. Eine Möglichkeit zur biologischen Stabilisierung des Klärschlammes ist die anaerobe Stabilisierung, auch Faulung genannt. Da der Überschussschlamm nur einen TR¹ von ca. 0,6% und der Primärschlamm einen TR von ca. 3% hat, müssen diese vor der Faulung noch eingedickt werden. Der Primärschlamm wird mit Hilfe von statischen Eindickern, der Überschussschlamm mit Hilfe von Zentrifugen auf einen TR von ca. 6% eingedickt. Bei der anaeroben Stabilisierung werden die organischen Klärschlammbestandteile zu anorganischen Endprodukten und Gasen abgebaut. Die Klärgase bestehen zu ca. 60% aus Methan. Zur weiteren Behandlung nach der Faulung muss der Faulschlamm entwässert werden. Die Entwässerung kann z.B. mit Hochleistungszentrifugen erfolgen, womit ein TR von ca. 20% erreicht wird. Die Entwässerung des stabilisierten Schlammes dient zur Vorbereitung für die Trocknung. Die Trocknung wiederum wird benötigt um den Schlamm auf einen TR von 40-45% einzustellen bevor dieser einer evtl. folgenden Verbrennung zugeführt wird.[DWA09]

2.2 Verfahrenstechnische Besonderheiten des Klärwerks Hamburg

Das Klärwerk Hamburg ist historisch mit den gesetzlichen Anforderungen und den angeschlossenen Einwohnern, bzw. dem Einwohnerwert gewachsen und weist somit einige bau- und verfahrenstechnische Besonderheiten auf. Eine der auffälligsten Besonderheiten ist die Trennung der Verfahrenskette auf zwei örtlich getrennte Betriebsstätten und einem örtlich getrenntem Zulaufpumpwerk. Es gibt die Betriebsstätte Köhlbrandhöft, die Betriebsstätte Dradenau und das örtlich getrennte Zulaufpumpwerk PwH². Das PwH und die Betriebsstätte Köhlbrandhöft werden durch die Norderelbe getrennt und sind mit einem Düker verbunden. Die Betriebsstätte Köhlbrandhöft und die Betriebsstätte Dradenau werden durch die Süderelbe, den „Köhlbrand“ getrennt und sind ebenfalls durch einen Düker verbunden. Das Betriebsgelände Köhlbrandhöft wird im weiteren Verlauf in die, nach den geographischen Gegebenheiten benannten Bereiche Kö-Nord, Kö-Mitte und Kö-Süd eingeteilt. Somit gibt es den Zulauf „Nord“ und den Zulauf „Süd“. Der Zulauf Nord wird durch das PwH und das Transport Siel Altona gespeist, der Zulauf Süd durch das „Zulaufpumpwerk Süd“, welches den Volumenstrom aus dem Sammler Wilhelmsburg auf das Niveau des Klärwerks hebt. Beide Schmutzwasserzuläufe werden getrennt mechanisch gereinigt. Somit gibt es für den Zulauf „Süd“ eine Rechenanlage, einen Sandfang und eine Vorklärung, dieselben verfahrenstechnischen Stufen sind auch für den Zulauf „Nord“ vorhanden. Eine biologische Reinigung ist sowohl auf dem Betriebsgelände Köhlbrandhöft, als auch auf dem Betriebsgelände Dradenau vorhanden. Die Reinigungsaufgaben der beiden biologischen Stufen sind unterschiedlich gewichtet. So wird in der biologischen Reinigung in Köhlbrandhöft bei geringeren Aufenthaltszeiten hauptsächlich eine Kohlenstoffelimination vorgenommen und in der biologischen Reinigung in

1 Trockenrückstand

2 Pumpwerk Hafestraße

Dradenau liegt der Schwerpunkt mehr auf der Nitrifikation und der Denitrifikation. Der gesamte Abwasservolumenstrom aus dem Zulauf Nord wird nach der mechanischen Behandlung direkt der biologischen Reinigung auf Dradenau zugeführt. Der Volumenstrom aus dem Zulauf „Süd“ wird nach der mechanischen Reinigung getrennt. Durchschnittlich ein Drittel wird über ein Umlaufgerinne ebenfalls direkt der biologischen Reinigung auf Dradenau zugeführt, die restlichen zwei Drittel durchlaufen vorher die Biologie Kö-Süd. Die gesamte Schlammbehandlung befindet sich auf dem Klärwerksgelände Köhlbrandhöft. Der Primärschlamm aus der „Vorklärung Süd“ und der „Vorklärung Nord“ wird getrennt, eingedickt und der gemeinsamen Schlammbehandlung zugeführt. Der Überschussschlamm aus der „Biologie Dradenau“ wird durch die Dükerverbindung zurück auf das Klärwerksgelände Köhlbrandhöft gefördert und wird mit dem Überschussschlamm aus der Biologie Köhlbrandhöft in der gemeinsamen Überschussschlammeindickung behandelt. Die Schlammfäulung, Entwässerung, Trocknung und Verbrennung befinden sich ebenfalls auf dem Gelände Köhlbrandhöft. Ein vereinfachtes Schema der oben beschriebenen Besonderheiten ist auf Seite 6 in Abb. 2.2 dargestellt.

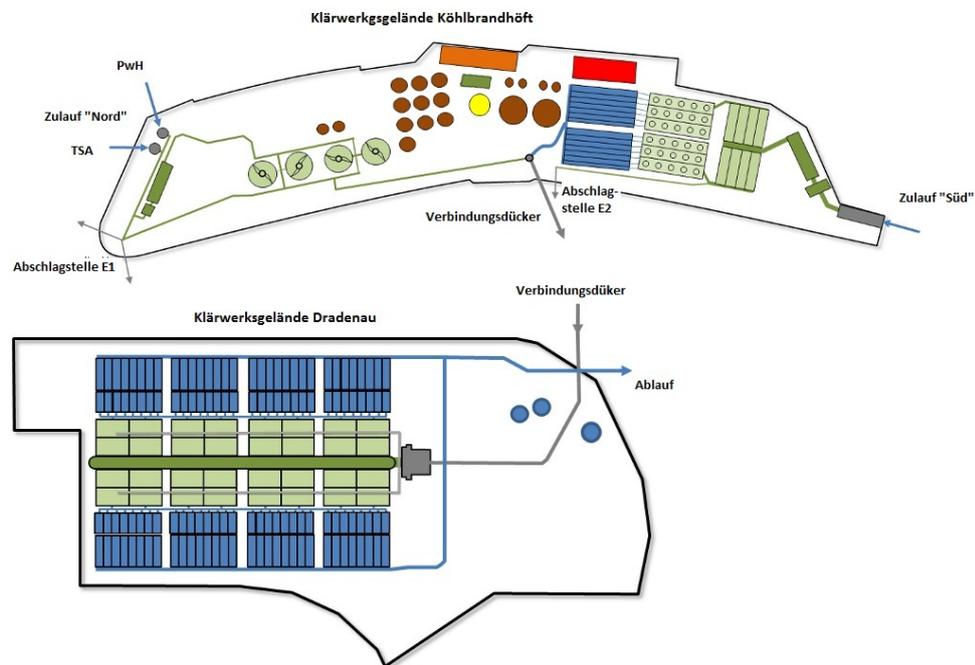


Abb. 2.2: Vereinfachte Darstellung der Zusammenhänge zwischen dem Klärwerksgelände Köhlbrandhöft und Dradenau (Quelle: Hamburg Wasser)

KAPITEL 3

Verfahren zur Energieanalyse von Kläranlagen

Durch die stetige Weiterentwicklung von z.B. Verfahren/Verfahrenstechnik und energieeffizienten Antrieben, besteht grundsätzlich auf großtechnischen Anlagen ein permanentes Optimierungspotenzial. Ein Werkzeug für die Identifizierung solcher Potenziale ist die Energieanalyse. Für eine bessere Vergleichbarkeit ist es sinnvoll solche Energieanalysen in standardisierten Verfahren durchzuführen. Im folgenden werden zwei solcher Verfahren vorgestellt.

3.1 Energieanalyse nach Handbuch „Energie in Kläranlagen“

Das Handbuch „Energie in Kläranlagen“ wurde 1999 vom Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen herausgegeben. In grundsätzlichen Teilen basiert der Inhalt auf dem Schweizer Handbuch „Energie in ARA“ [Sch08]. Bis 1999 gab es in Deutschland keinen vergleichbaren Leitfaden zur Erstellung einer Energieanalyse von Klärwerken. Bereits bekannt war der große Anteil der Energiekosten eines Klärwerkes an den Gesamtbetriebskosten, sowie der große Anteil des Energieverbrauchs am gesamten Energieverbrauch einer Kommune. Studien in Nordrhein-Westfalen deuteten auf ein hohes Energieeinsparpotenzial von 30-50% in vielen der ca. 900 kommunalen Kläranlagen hin. Aus diesen Gründen wurde das Handbuch „Energie in Kläranlagen“ herausgegeben. Das Grundprinzip einer Energieanalyse nach dem Handbuch „Energie in Kläranlagen“ ist in drei Schritte aufgeteilt. Als erstes wird eine „Grobanalyse“ durchgeführt, welche den energetischen Zustand anhand von einfach zu erfassenden Beurteilungskriterien ermöglicht. Ziel der Grobanalyse ist:

- Aufzeigen von „Sofortmaßnahmen“. Sofortmaßnahmen sind kleinere, schnell zu realisierende und sehr rentable Maßnahmen zur Energieoptimierung
- Ermitteln ob weitere Energiesparpotenziale vorhanden sind
- Hinweise zu liefern, ob sich eine Feinanalyse lohnt

Wenn nötig, folgt im zweiten Schritt die Feinanalyse. Die Feinanalyse ist wesentlich detaillierter und entsprechend aufwendiger und soll die Fragen beantworten:

- Welche Sofortmaßnahmen sind schnell und mit geringem Aufwand realisierbar?
- Sind weitergehende Energiesparmaßnahmen mit vertretbarem Aufwand machbar?

- Bei welchen weitergehenden Maßnahmen ist eine Ausführungsplanung sinnvoll?

Aufgrund einer Wirtschaftlichkeitsberechnung und der Betrachtung von Abhängigkeiten unter den verschiedenen Maßnahmen wird eine Prioritätenliste erstellt und ein Realisierungsplan, unterteilt nach verschiedenen Umsetzungsphasen aufgestellt. Im letzten Schritt empfiehlt das Handbuch eine Erfolgskontrolle durchzuführen. Grundsätzlich müssen Maßnahmen zur Energieoptimierung folgende Punkte berücksichtigen:

- Anforderungen an die Reinigungsleistung müssen sichergestellt werden
- Gesetzliche Bestimmungen müssen eingehalten werden,
- Die Umweltbelastung sollte gesamtheitlich reduziert werden
- Energieverbrauch und Energieerzeugung optimieren
- Versorgungs- und Betriebssicherheit der Kläranlage gewährleisten
- Betriebliche Situation und Unterhalt in Kläranlagen berücksichtigen
- Gesamtwirtschaftlichkeit optimieren.

Somit ist die Energieanalyse mit der Prüfung der verfahrenstechnischen und betrieblichen Optimierung unverzichtbar verknüpft. Bezugsgröße für die Beurteilungskriterien ist der aktuelle Einwohnerwert der Kläranlage, der aus dem aktuellem Jahresmittel BSB_5^1 im Zulauf der Kläranlage berechnet wird. Die so ermittelten Bezugswerte werden mit Richtwerten bzw. Idealwerten verglichen. Dieser Vergleich erlaubt eine Einschätzung der eigenen Werte. Richtwerte und Idealwerte werden durch das Handbuch bereit gestellt. Die Richtwerte wurden aus bestehenden Feinanalysen und der Bestandsaufnahme an Kläranlagen über 100000 EW in NRW abgeleitet und können realistisch erreicht werden. Die Idealwerte basieren auf theoretischen Berechnungen, die anhand einer Modellanlage ermittelt wurden und können unter optimalen Voraussetzungen erreicht werden. Der Bemessung der Modellanlage wurden eine BSB_5 -Fracht von 7800 kg/d und eine Tageswassermenge im Zufluss von 24.500 m³/d zugrunde gelegt. Auf die weiteren Bemessungsgrundlagen, wie Ausführung des Sandfangs, biologische Reinigungsstufe usw. wird hier nicht weiter eingegangen. Es bleibt allerdings zu sagen, dass die verfahrenstechnischen Ausführungen dieser Anlagenteile einen wesentlichen Einfluss auf den Energieverbrauch haben.[Kün99]

3.2 Energieanalyse nach Arbeitsblatt DWA-A 216

Das Arbeitsblatt DWA-A 216 wurde von der DWA-Arbeitsgruppe KEK-6.8 (Kreislaufwirtschaft, Energie und Klärschlamm, früher Abfall/Klärschlamm (AK)) „Energieanalysen von Abwasseranlagen“ im DWA-Fachausschuss KEK-6 „Aerobe biologische Abwasserreinigungsverfahren“ erstellt. Der Gelbdruck² wurde im April 2013 veröffentlicht. Die Frist zur Stellungnahme lief bis zum 15. Juli 2013. Der Zeitplan sah eine Veröffentlichung des Weißdrucks³ im Oktober 2014 vor. Auf

1 Biologischer Sauerstoffbedarf

2 Der Gelbdruck ist die erste veröffentlichte Version eines Arbeitsblattes, welches dem Fachpublikum zur Verfügung gestellt wird, um Kommentare und Stellungnahmen vor der endgültigen Version bei der DWA einzureichen

3 Der Weißdruck ist die endgültige Version eines Arbeitsblattes

Grund zahlreicher Stellungnahmen, hat sich die Veröffentlichung des Weißdrucks verzögert, so dass dieser bis zum Abschluss dieser Arbeit nicht vorlag. Aus diesen Gründen basiert diese Arbeit auf den Inhalten des Gelbdrucks vom April 2013.

Das Arbeitsblatt DWA-A 216 ist in drei Hauptschritte unterteilt:

1. Energiecheck
2. Energieanalyse
3. Erfolgskontrolle

Für den Energiecheck werden ähnlich wie im Benchmarking verschiedene aussagekräftige, leicht zu ermittelnde Kennwerte für die Kläranlage berechnet. Der Energiecheck sollte laut DWA-A 216 in der Regel jährlich durchgeführt werden. Aus den Kennzahlen des Energiechecks ergeben sich Hinweise auf die Dringlichkeit einer Energieanalyse und der energetischen Entwicklung der Anlage im zeitlichen Verlauf. Für die Einordnung der Kennwerte stellt das Arbeitsblatt Häufigkeitsverteilungen der verschiedenen Kennwerte zur Verfügung. Diese Häufigkeitsverteilungen wurden aus den Kennwerten vieler verschiedener Kläranlagen erstellt und erlauben eine Beurteilung der eigenen Kennwerte. Für die Energieanalyse wird eine nach Verfahrensstufen unterteilte Aggregatliste erstellt, die nach Möglichkeit Baujahr und Nominalleistung sowie Einbauort bzw. zuständige Unterverteilung der Aggregate enthalten sollte. Um eine möglichst vollständige Bestandsaufnahme des energetischen IST-Zustandes zu ermöglichen, sollten 90% der Aggregate über eine Leistungsmessung verfügen. Mit Hilfe von sogenannten „anlagenspezifischen Idealwerten“, die für jedes einzelne Aggregat berechnet werden, erfolgt die Bewertung des IST-Zustandes. Für die „anlagenspezifischen Idealwerte“ gibt das Arbeitsblatt im Anhang Hinweise für mögliche Berechnungsansätze. Anders als für die Bemessung einer Kläranlage, werden für die Berechnung nicht nur Bemessungswerte, sondern auch reale Betriebsparameter verwendet. Treten beim Vergleich vom IST-Zustand mit den „anlagenspezifischen Idealwerten“ signifikante Abweichungen auf, besteht an dieser Stelle mit großer Wahrscheinlichkeit Einsparpotenzial. Für die identifizierten Einsparpotenziale werden unter Betrachtung des Gesamtzusammenhangs, d.h. unter der Berücksichtigung von einzuhaltenden Anforderungen, verfahrenstechnischen Abläufen und Sicherheitsaspekten, Maßnahmenpakete gebildet. Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung werden mit den entwickelten Maßnahmen „neue“ „anlagenspezifischen Idealwerte“ berechnet, mit dem IST-Zustand verglichen und über die Differenz die Wirtschaftlichkeit berechnet. Die wirtschaftlichen Maßnahmen werden nach „Sofortmaßnahmen“, „kurzfristigen Maßnahmen“ und „abhängigen Maßnahmen“ unterteilt. Nach der Umsetzung von Maßnahmen, wird mit Hilfe der Erfolgskontrolle, das vorher prognostizierte Einsparpotenzial überprüft. Das Arbeitsblatt DWA-A 216 stellt somit zum ersten Mal eine bundesweit einheitliche Methodik zur Einschätzung der Energieeffizienz von Abwasseranlagen dar.[KEK13]

3.3 Vergleich der Verfahren

Der Aufbau und Ablauf ist bei beiden Vorgehensweisen sehr ähnlich. Eine erste grobe Betrachtung lässt den Schluss zu, dass nur andere Begrifflichkeiten benutzt wurden. Bei der genaueren Betrachtung bestehen allerdings wesentliche Unterschiede, die im Folgenden erläutert werden.

Unterschiede für den ersten Bearbeitungsschritt: Grobanalyse bzw. Energiecheck

Merkmal	Handbuch Energie in Kläranlagen	Arbeitsblatt DWA-A 216	Unterschied
Veröffentlichung / letzte Aktualisierung	Erscheinungsjahr: 1999, keine weiteren Aktualisierungen.	Erscheinungsjahr: 2015, Erstausgabe.	Gerade in Bezug auf die Bewertung der Maschinenteknik (Wirkungsgrad, Alternativen, etc.) ist die Entwicklung in den letzten 15 Jahren zu Berücksichtigen. Hier bietet das Arbeitsblatt DWA-A 216 den Aktueller Stand der Technik. Es werden allerdings für einige Berechnungen die spezifischen Energieverbräuche einiger Aggregate aus dem Handbuch übernommen.
Vorgehensweise / Ablauf	Grobanalyse \Rightarrow Feinanalyse \Rightarrow Erfolgskontrolle	Energiecheck \Rightarrow Energieanalyse \Rightarrow Erfolgskontrolle	In prinzipiellen Ablauf gib es außer der Namensunterschiede keine gravierenden Unterschiede
Bezugsgröße	Einwohnerwert, BSB ₅	Einwohnerwert, CSB ₁₂₀	Nach heutigem Wissenstand ist die Berechnung der Schmutzfrachtbelastung einer Kläranlage auf Basis des CSB ₁₂₀ genauer
Kennwerte zur Beurteilung im Energiecheck	e_{ges}	e_{ges}	Unterschied ist die oben genannte Bezugsgröße, und die bereits erwähnten zur Verfügung stehenden Vergleichswerte. Richt- und Idealwert für das Handbuch, Häufigkeitsverteilung für das Arbeitsblatt
	e_{BB}	e_{Bel}	Unterschied ist die oben genannte Bezugsgröße, und die bereits erwähnten zur Verfügung stehenden Vergleichswerte. Richt- und Idealwert für das Handbuch, Häufigkeitsverteilung für das Arbeitsblatt. Weiterhin wird der Kennwert aus dem Handbuch für den gesamten Stromverbrauch der Belebung berechnet, für das Arbeitsblatt wird nur der Stromverbrauch der Belüfterelemente betrachtet.
	N_3	$e_{FG,1} / e_{FG,2}$	Bezugsgrößen im Handbuch sind o_{TR}^C oder kg $o_{TR} C+N$. Im Arbeitsblatt wird als Bezugsgröße der Einwohnerwert (CSB ₁₂₀) oder der Jahresmittelwert kg o_{TR} -Fracht im Schlamm zur Faulung verwendet

Tab. 3.1: Vergleich Grobanalyse und Energiecheck

Merkmal	Handbuch Energie in Kläranlagen	Arbeitsblatt DWA-A 216	Unterschied
Kennwerte zur Beurteilung im Rahmen von Grobanalyse und Energiecheck	N_1	-	Grad der gesamten Faulgasnutzung (Kraft, Elektrizität, Wärme)
	N_2	-	Grad der Faulgasnutzung (Kraft, Elektrizität)
	-	N_{FG}	Grad der Faulgasumwandlung in Elektrizität
	V_e	V_e	Im Handbuch werden die Jahresproduktion an Strom aus KWK^a -anlagen, Solar-, Wasser- und Windkraftanlagen bezogen auf den gesamten Stromverbrauch verwendet. Im Arbeitsblatt fließen hier nur die Jahresproduktion Strom aus KWK-Anlagen bzw. Direktantrieb von Aggregaten bezogen auf den gesamten Stromverbrauch ein
	V_w	-	Eigenversorgungsgrad Wärme
	-	e_{ext}	Zugekaufte Mengen Heizöl, Erdgas mit den jeweiligen Heizwerten in kWh_{th}/a umgerechnet bezogen auf den Einwohnerwert (EW_{CSB120})
-	ep_w	Stromverbrauch der Zulaufpumpen, bezogen auf Fördermenge multipliziert mit der manometrischen Förderhöhe	

Tab. 3.2: Vergleich Grobanalyse und Energiecheck (Fortsetzung)

^a Kraft-Wärme-Kopplung

Die Unterschiede zwischen Grobanalyse und Energiecheck bestehen im Wesentlichen in der Wahl der Bezugsgröße und im Umfang der gewählten Kennwerte. Der Energiecheck nach DWA-A 216 betrachtet im Gegensatz zur Grobanalyse noch den spezifischen Stromverbrauch der Einlaufpumpwerke. Es bestehen also keine wesentlichen Unterschiede.

Unterschiede für den zweiten Bearbeitungsschritt: Feinanalyse bzw. Energieanalyse

Für beide Fälle wird gefordert min. 90% (Feinanalyse), bzw. 95% (Energieanalyse) des gesamten Stromverbrauchs zu analysieren. Der Unterschied besteht hauptsächlich in den Idealwerten, die für die Feinanalyse aus der Modellberechnung einer Kläranlage abgeleitet wurden und für die Energieanalyse durch die anlagenspezifischen Idealwerte berechnet werden. Ein weiterer Unterschied ist die Detailtiefe. Während in der Feinanalyse eher Anlagengruppen der verschiedenen Verfahrensstufen zusammen analysiert werden, wird in der Energieanalyse jedes einzelne Aggregat der Anlagengruppen betrachtet. Das bedeutet, dass in der Feinanalyse nach [Kün99] ganze Verfahrensgruppen mit den Kennwerten der Verfahrensgruppe der Modellanlage verglichen werden, z.B. eine bestehende Oberflächenbelüftung mit der Druckbelüftung aus der Modellanlage. Bei der Energieanalyse nach [KEK13] werden die einzelnen Aggregate einer jeden Verfahrensgruppe analysiert, z.B. die Oberflächenbelüfter mit den berechneten anlagenspezifischen Idealwerten für Oberflächenbelüfter.

Unterschiede für den dritten Bearbeitungsschritt: Erfolgskontrolle

Für die Erfolgskontrolle wird in beiden Verfahren eine erneute Analyse der optimierten Aggregate/Verfahren nach einem Zeitraum von ca. einem Jahr vorgesehen. In diesem Bearbeitungsschritt gibt es keine wesentlichen Unterschiede.

3.4 Begründung für die Wahl des Verfahrens nach DWA-A 216

2004 wurde auf dem Klärwerk bereits eine Energieanalyse auf Grundlage des Handbuchs „Energie in Kläranlagen“ durchgeführt. Inzwischen sind die aus der Energieanalyse stammenden Maßnahmen umgesetzt. Ein Grund für die in dieser Arbeit durchgeführte Energieanalyse ist eine Art Erfolgskontrolle der umgesetzten Maßnahmen. Der Grund, die aktuelle Energieanalyse nach DWA-A 216 durchzuführen, liegt in der angenommenen höheren Vergleichbarkeit einer Energieanalyse nach dem Arbeitsblatt DWA-A 216 mit anderen Kläranlagen begründet. Da die DWA Arbeitsblätter unter anderem in der Abwasserreinigung den Stand der Technik beschreiben, ist die Wahrscheinlichkeit, dass zukünftige Energieanalysen auf anderen Kläranlagen das Arbeitsblatt DWA-A 216 als Grundlage benutzen, sehr hoch.

KAPITEL 4

Energiecheck nach DWA-A 216

4.1 Grundlagen

Gegenstand des Energiechecks ist eine energetische Bestandsaufnahme einer Abwasseranlagen verbunden mit einer ersten Positionsbestimmung hinsichtlich Energieverbrauch und Eigenenergieerzeugung. Der Energiecheck ist als Mittel zur energetischen Selbsteinschätzung zu verstehen und daher so konzipiert, dass er vom Betreiber anhand weniger Kennzahlen selbst durchführbar ist. Aus den Ergebnissen des Energiechecks sind die augenscheinlichsten Defizite identifizierbar, jedoch ohne verlässliche quantitative Aussagen und ohne Detailtiefe Ursachenbestimmung. Zur eigenen Positionsbestimmung wird die Durchführung eines Energiechecks regelmäßig, mindestens jährlich empfohlen, z. B. im Rahmen der Selbstüberwachung, eines Benchmarkings bzw. zur Veranschaulichung von zwischenzeitlich erreichten Fortschritten. Damit liefert der Energiecheck Hinweise auf die zeitliche Entwicklung der Anlage. Im Rahmen des Energiechecks werden nur wenige, relativ einfach zu ermittelnde, energietechnische Kennwerte bestimmt. Auf Seite 14 in Tabelle 4.1 sind Messwerte, die zur Ermittlung der Kennwerte benötigt werden, zusammenfassend dargestellt. Die Kennwerte des Energiechecks dienen zur Verfolgung des Energieverbrauchs bzw. -einsatzes. Grundsätzlich ist dabei zwischen Kläranlagen mit Faulung und ohne Faulung zu unterscheiden. In Abhängigkeit der individuellen Anlagentechnik und der Datenverfügbarkeit kann der Umfang der Kennwerte des Energiechecks ergänzt werden. Die Bestimmung der Kennwerte spezifischer Gesamtstromverbrauch e_{ges} in kWh/(E*a) und spezifischer Stromverbrauch der Belüftung e_{Bel} in kWh/(E*a) erfordert die Kenntnis der tatsächlichen Belastung der Anlage. Zur ersten Orientierung können die ermittelten Kennwerte mit der zugehörigen Häufigkeitsverteilung aus dem Arbeitsblatt DWA-A 216 in Relation gesetzt werden. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Datenverfügbarkeit des spezifischen Gesamtstromverbrauchs der Kläranlagen zurzeit in Deutschland am größten ist. Für die übrigen Kennzahlen gibt es derzeit (Datenstand 2011) deutlich weniger zugängliche Datensätze. Daher wurden für die Häufigkeitsverteilungen der anderen Kennwerte keine Differenzierung hinsichtlich der Größenklasse von Kläranlagen vorgenommen.[Kün99]

Messwert	Beschreibung
$EW_{CSB,120}$	Einwohnerwert Probennahmenstelle: Zulauf (Vorklärung, Anlage)
E_{bel}	Stromverbrauch der Belüftung (ohne Umwälzaggregate)
E_{ges}	Gesamtstromverbrauch (Systemgrenzen)
Q_{FG}	Faulgasproduktion (normiert)
$moTR_{,zu}$	Jahresmittelwert oTR-Fracht zur Faulung
$E_{KWK,el}$	Jahresproduktion Strom aus KWK bzw. Direktantrieb
$E_{th,ext}$	extern zugeführte Wärmemenge
E_{PW}	Stromverbrauch Pumpwerk
h_{man}	Manometrische Förderhöhe
Q_{PW}	Fördermenge des Pumpwerks

Tab. 4.1: Kennwerte für den Energiecheck nach DWA-A 216

Für Kärnanlagen sind folgende Größenklassen definiert [Ver97]:

- GK1:<1.000 EW
- GK2:1.000 bis 5.000
- GK3:5.001 bis 10.000
- GK4:10.001 bis 100.000
- GK5:>100.000

Somit fällt das Klärwerk Hamburg in die GK5.

Ein Beispiel für die Interpretation der Häufigkeitsverteilung ist in Abb. 4.1 auf Seite 15 dargestellt. Der ermittelte Wert für e_{ges} wird durch abtragen an der x-Achse einer Unterschreitungshäufigkeit zugeordnet. Eine Unterschreitungshäufigkeit von z.B. 50% bedeutet, dass 50% der untersuchten Kläranlagen einen kleineren Wert und 50% der Kärnanlagen einen größeren Wert für e_{ges} aufweisen. Für die Interpretation der Ergebnisse wird in dieser Arbeit folgende Definition festgelegt:

- Unterschreitungshäufigkeit: <10%: kein Optimierungspotenzial vorhanden
- Unterschreitungshäufigkeit: >90%: sehr großes Optimierungspotenzial vorhanden, eine detaillierte Analyse sollte in jeden Fall durchgeführt werden.
- Unterschreitungshäufigkeit: 10-40%: Unterer Bereich der Häufigkeitsverteilung, Optimierungspotenzial vorhanden
- Unterschreitungshäufigkeit: 41-60%: mittlerer Bereich der Häufigkeitsverteilung, relevantes Optimierungspotenzial vorhanden
- Unterschreitungshäufigkeit: 61-90%: oberer Bereich der Häufigkeitsverteilung, großes Optimierungspotenzial vorhanden

Für bestimmte Kennwerte ist diese Definition genau anders herum anzuwenden. Auf diese Ausnahmen von der Definition wird an den betreffenden Stellen hingewiesen.

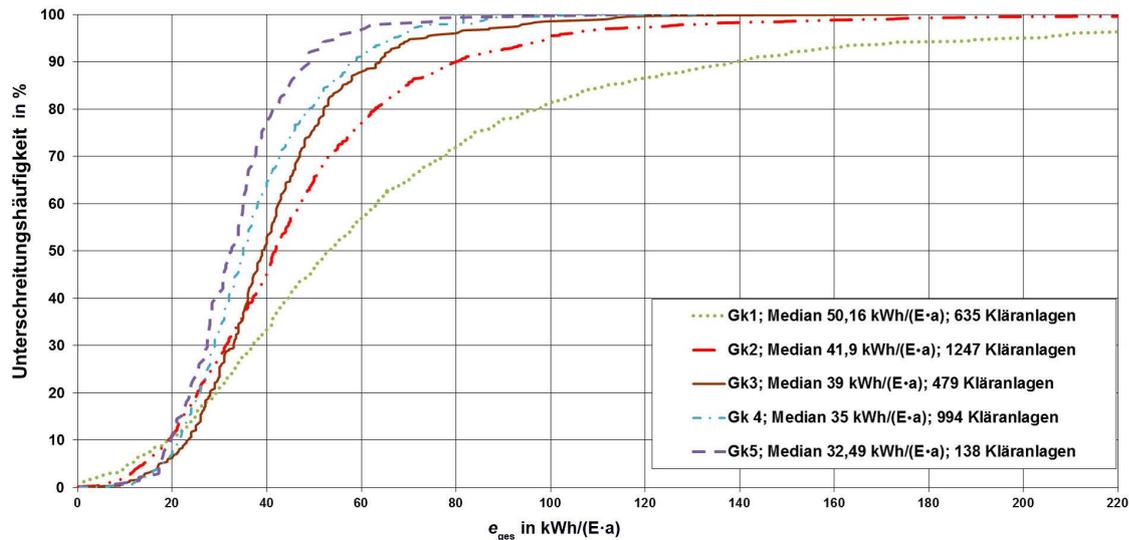


Abb. 4.1: Beispiel einer Häufigkeitsverteilung für den Kennwert e_{ges}

4.2 Berücksichtigung der verfahrenstechnischen Besonderheiten

Aufgrund der bautechnischen bzw. verfahrenstechnischen Besonderheiten des Klärwerks Hamburg, müssen diese bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden. Ein vereinfachtes Schema der Stoffströme, die unter anderem eine Auswirkung auf die Kennzahlen des Energiechecks haben, ist in Abb. 4.2 auf Seite 16 dargestellt.

Folgende Besonderheiten sind für die Bestimmung der Kennwerte zu berücksichtigen:

CSB-Schmutzfracht und Stoffströme

Auf dem Klärwerksgelände Köhlbrandhöft gibt es zwei Zuläufe. Den Zulauf Süd und den Zulauf Nord. Beide Abwasserströme werden getrennt mechanisch gereinigt. Ein Teilabwasserstrom des Zulaufs Süd wird auf dem Klärwerksgelände Köhlbrandhöft teilbiologisch behandelt. Der restliche Abwasserstrom des Zulaufs Süd, der gesamte Abwasserstrom des Zulaufs Nord und der teilbiologisch behandelte Abwasserstrom werden zur weiteren Abwasserbehandlung zusammengeführt und durch einen Düker auf das Klärwerksgelände Dradenau transportiert. Da die Belastung im Zulauf als Bezugsgröße für die spezifischen Verbräuche herangezogen wird, die verschiedenen Verfahrensstufen aber nur Teilströme behandelt, somit auch nur einer Teilbelastung ausgesetzt sind, wird der Einwohnerwert im Zulauf Nord, im Zulauf Süd und im Zulauf Dradenau getrennt ermittelt. Die getrennt ermittelten CSB-Schmutzfrachten, bzw. Einwohnerwerte werden für die jeweiligen zugehörigen Verfahrensstufen als Bezugswerte herangezogen.

Biologische Behandlung und Belüftungsverfahren der Belebung

Wie bereits erwähnt, wird ein Teilstrom auf dem Klärwerksgelände Köhlbrandhöft einer biologischen Behandlung zugeführt. In dieser Stufe wird hauptsächlich eine Kohlenstoffelimination

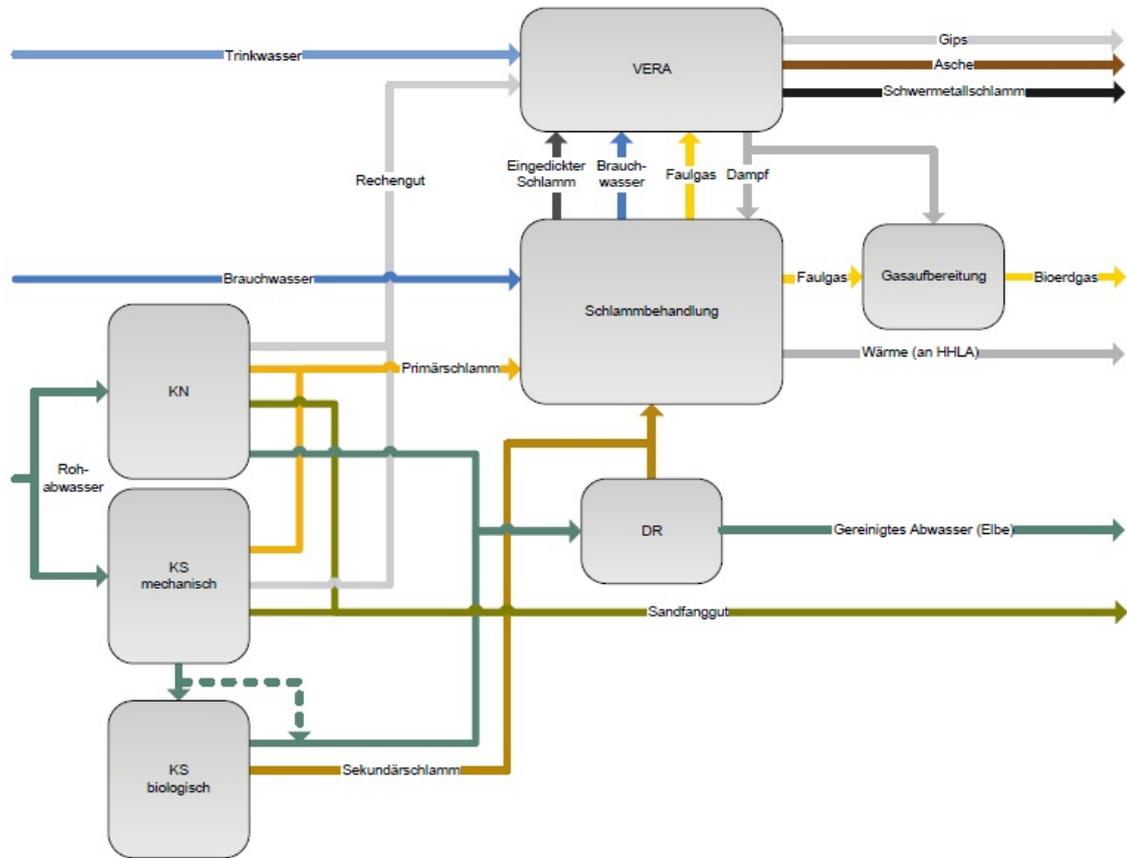


Abb. 4.2: Übersicht der Stoffströme auf dem Klärwerk Hamburg

durchgeführt, wobei die Belüftung mit Oberflächenbelüftern durchgeführt wird. Auf dem Klärwerksgelände Dradenau wird die gesamte Abwassermenge der weiteren biologischen Behandlung unterzogen. Die Belüftung der Belebung in Dradenau wird mit einer Druckbelüftung durchgeführt. Aus diesem Grund wird der Stromverbrauch der Belüftung für die Oberflächenbelüftung und für die Druckbelüftung getrennt ermittelt und bewertet.

Pumpwerke

Der gesamte Abwasserstrom des Zulaufs Nord setzt sich aus dem Abwasserstrom des Transportsiels Altona, dem Abwasserstrom des Geeststammsiels, des Kuhmühlenstammsiels und des Altonastammsiels zusammen. Der gesamte Abwasserstrom wird durch eine Dükerverbindung unter der Elbe, dem Zulauf Nord, auf dem Klärwerksgelände Köhlbrandhöft zugeführt. Der Abwasserstrom des Transportsiels Altona benötigt aufgrund der Höhendifferenz kein Pumpwerk, der Abwasserstrom aus den Stammsielen wird durch das Pumpwerk Hafenstrasse auf das Klärwerksgelände transportiert. Der Zulauf Süd hat ein eigenes Pumpwerk, bestehend aus sechs Schneckenpumpen, jeweils zwei als Kaskaden ausgeführt. Seit 2014 ist zusätzlich ein neues Kreiselpumpwerk für den Zulauf Süd gebaut worden, das allerdings noch nicht abschließend in Betrieb genommen wurde. Der Zulauf zum Klärwerksgelände Dradenau wird durch das Pumpwerk auf dem Klärwerksgelände

Dradenau bewerkstelligt. Aus diesem Grund werden der Stromverbrauch sowie die Förderhöhen und die Fördermengen, gesondert für jedes Pumpwerk, ermittelt.

4.3 Systemgrenzen des Energiechecks

Die Systemgrenzen werden im ersten Schritt mit den Grundstücksgrenzen des Klärwerksverbundes Köhlbrandhöft/Dradenau gleich gesetzt. Eine Erweiterung über die Grundstücksgrenzen hinaus ist nötig, da das Pumpwerk Hafenstrasse für den Zulauf Köhlbrandhöft-Nord zuständig ist, und der Zulauf im Allgemeinen zu den benötigten Verfahrensstufen für die Abwasserreinigung gezählt wird. Innerhalb der Grundstücksgrenzen des Klärwerks Köhlbrandhöft werden bestimmte Verbraucher und Erzeuger nur für die Plausibilitätskontrolle herangezogen, im weiteren Verlauf aber nicht mit in die Energieanalyse einbezogen:

Die Vera GmbH als Betreiber der Klärschlammverbrennung auf dem Gelände Köhlbrandhöft und die Windenergieanlage WEA^{1,2}, die durch Hamburg Energie auf dem Gelände Dradenau betrieben wird.

- Vera als Verbraucher
 - Die Vera GmbH deckt den größten Anteil ihres Energieverbrauches durch die von ihr betriebene Dampfturbine. Ein geringer Anteil wird extern über das Schalthaus KE10 bezogen.
- Vera als Erzeuger
 - Da die Vera einen bestimmten Teil des anfallenden Faulgases in einer Gasturbine verbrennt, wird der Anteil der mit der Gasturbine erzeugten Energie als Eigenerzeugung gerechnet und fließt somit in den Eigenversorgungsgrad ein. Der Dampf für den Betrieb der Dampfturbine stammt zum Großteil aus der Klärschlammverbrennung. Circa 30% wird durch den Abhitzeessel der Gasturbine bereitgestellt. Somit wird der Anteil der Stromproduktion aus der Dampfturbine, der von der Vera GmbH nicht genutzt wird und an das Klärwerk Hamburg geliefert wird, auch für die Berechnung des Eigenerzeugungsgrad herangezogen.

4.4 Datenerhebung

Zulauf Köhlbrandhöft Nord

Die CSB-Konzentration für den „Zulauf Nord“ wird als 24h durchflussproportionale Mischprobe vor dem Sandfang Nord ermittelt. Mit der jeweils zugehörigen 24h Summe der Abwassermenge wurde die CSB-Schmutzfracht bzw. der Einwohnerwert für den Zulauf Nord berechnet. Wie bereits erwähnt setzt sich die Abwassermenge im Zulauf Nord aus verschiedenen Zuleitungen zusammen, wobei die Menge, die auf das Transportsiel Altona entfällt, nicht durch das Zulaufpumpwerk Nord gefördert wird. Da die Probenahme für die CSB-Konzentration nur für die gesamte Abwassermenge im Zulauf des Sandfangs Nord ermittelt wird, wird unter der Annahme, dass die CSB-Konzentration

1 Windenergieanlage

des Transportsiels Altona und die des Zulaufpumpwerks Nord (PwH) identisch sind und unter der Berücksichtigung der Abwassermengenanteile die CSB-Schmutzfracht für das Pumpwerk Hafenstrasse berechnet. Dieser Bezugswert wird für die folgenden Verfahren als Bezugsgröße herangezogen:

- Zulaufpumpwerk Nord (PwH)

Zulauf Köhlbrandhöft Süd

Die CSB-Konzentration für den „Zulauf Süd“ wird als 24h durchflussproportionale Mischprobe im Zulauf Süd vor der Einleitung der örtlichen Entwässerung ermittelt. Mit der zugehörigen 24h Summe der Abwassermenge wurde die CSB-Schmutzfracht, bzw. der Einwohnerwert für den Zulauf Süd berechnet. Dieser Wert wird für folgende Verfahrensstufen als Bezugsgröße herangezogen:

- Zulaufpumpwerk Süd (Schneckenpumpwerk)
- Zulaufpumpwerk Süd (Kreiselpumpwerk)

Der teilbiologischen Behandlung in Köhlbrandhöft Süd wird wie bereits beschrieben nur ein Teilstrom zugeführt. Der verbleibende Teilstrom wird über das sogenannte Umlaufgerinne an der teilbiologischen Behandlung vorbei geführt. Aus diesem Grund wird als Bezugsgröße für die Belüftung der teilbiologischen Behandlung in Kö-Süd ein weiterer Wert für die Schmutzfracht, bzw. für den Einwohnerwert benötigt. Mit der gemessenen CSB-Konzentration im Zulauf Süd und der berechneten Abwassermenge im Zulauf der teilbiologischen Behandlung wurde der Einwohnerwert berechnet. Dieser Wert wird für die folgenden Verfahren als Bezugsgröße herangezogen:

- Belüftung (Kö-Süd)

Zulauf Dradenau

Im Zulauf Dradenau wird ebenfalls anhand einer 24h durchflussproportionalen Mischprobe die CSB-Konzentration ermittelt. Da für die Berechnung der Bezugsgröße die CSB-Konzentration des noch unbehandelten Abwassers benötigt wird, kann der mit dieser Konzentration berechnete Einwohnerwert allerdings nicht als Bezugsgröße für die Verfahrensstufen auf Dradenau herangezogen werden. Der gesamte Abwasserstrom aus dem Zulauf Nord sowie dem Zulauf Süd wird über einen Düker zur weiteren abwassertechnischen Behandlung dem Klärwerksgelände Dradenau zugeführt. Als Bezugsgröße für Dradenau gilt somit die Summe der Einwohnerwerte aus Nord und Süd. Aufgrund der verfahrenstechnischen Besonderheit, dass in Kö-Süd bereits eine teilbiologische Behandlung stattfindet, wird für die Bewertung der Verfahrensstufen auf Dradenau eine weitere Bezugsgröße, die dieses berücksichtigt, herangezogen. Hierfür wird der Abbau der CSB-Schmutzfracht durch die Teilbiologie in Kö-Süd von der ermittelten CSB-Schmutzfracht im Zulauf Süd abgezogen. Der so berechnete Wert soll eine bessere Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit anderen Abwasserbehandlungsanlagen ermöglichen. Die so ermittelten Werte werden für folgende Verfahrensstufen als Bezugsgröße herangezogen:

- Zulaufpumpwerk (Dradenau)
- Belüftung (Dradenau)

4.5 Ergebnisse

Alle Werte für die Berechnung der Kennwerte wurden messtechnisch ermittelt.

Spezifischer Gesamtstromverbrauch (ohne Schlamm-trocknung) $e_{ges,1}$

Das Arbeitsblatt DWA-A 216 sieht keinen anlagenspezifischen Vergleichswert für die Schlamm-trocknung vor. Folglich wird davon ausgegangen, dass der in der Häufigkeitsverteilung dargestellte spezifische Gesamtstromverbrauch, den Stromverbrauch für die Schlamm-trocknung nicht beinhaltet. Aus diesem Grund wurde der Stromverbrauch für die Schlamm-trocknung vom Gesamtstromverbrauch abgezogen. Für den spezifischen Gesamtstromverbrauch ist die Bezugsgröße die gesamte CSB-Fracht, die Summe aus der CSB-Fracht Zulauf Nord und Zulauf Süd.

Der Stromverbrauch für die Trocknung wurde aus den Messwerten für den Stromverbrauch der Schlamm-trockner ermittelt. $E_{Trocknung} = 4.290.728 \text{ kWh/a}$

$$EW_{CSB,ges} = EW_{CSB,Nord} + EW_{CSB,Süd} \quad (4.1)$$

$$EW_{CSB,ges} = 709.178 \text{ E} + 2.098.465 \text{ E}$$

$$\underline{EW_{CSB,ges}} = \underline{2.807.644 \text{ E}}$$

$$e_{ges,1} = \frac{E_{ges} - E_{Trocknung}}{EW_{CSB,ges}} \quad (4.2)$$

$$e_{ges,1} = \frac{79.430.000 \text{ kWh/a} - 4.290.728 \text{ kWh/a}}{2.807.643 \text{ E}}$$

$$\underline{e_{ges,1}} = \underline{26,76 \text{ kWh/(E*a)}}$$

Spezifischer Gesamtstromverbrauch (incl. Schlamm Trocknung) $e_{ges,2}$

$$e_{ges,2} = \frac{E_{ges}}{EW_{CSB,ges}} \quad (4.3)$$

$$e_{ges,2} = \frac{79.430.000 \text{ kWh/a}}{2.807.643 \text{ E}}$$

$$\underline{\underline{e_{ges,2} = 28,29 \text{ kWh/(E*a)}}}$$

spezifischer Stromverbrauch der Belüftung $e_{Bel,ges}$ (Kö-Süd+Dradenau)

Aus den in Kapitel 4.4 bereits erwähnten Gründen müssen für die Kennwerte der Belüftung in Kö-Süd und Dradenau die Einwohnerwerte rechnerisch ermittelt werden.

Der EW für die Belüftung in Kö-Süd wurde mit Formel 4.4 berechnet:

$$EW_{CSB,ZLKS,rech.} = EW_{CSB,Süd} - EW_{CSB,UGKS,rech.} \quad (4.4)$$

Die gemessene Fracht im UG¹ ist bereits um den Anteil der Fracht, die in der Vorklärung abgetrennt wurde verringert. Aus diesem Grund wurde, die Abbaurate der Vorklärung in Kö-Süd berechnet. Mit der berechneten Abbaurate wurde die Fracht im UG berechnet, wenn keine Vorklärung vorhanden wäre. Dieses Vorgehen ist notwendig, da als Bezugsgröße immer die Fracht im Zulauf der Kläranlage benutzt werden muss.

$$Abb_{VAKS} = 1 - \frac{EW_{CSB,VAAGKS,gem.}}{EW_{CSB,Süd}} \quad (4.5)$$

$$Abb_{VAKS} = 1 - \frac{1.305.433 \text{ E}}{2.098.465 \text{ E}}$$

$$Abb_{VAKS} = 37,80\%$$

$$EW_{CSB,UGKS,rech.} = EW_{CSB,UGKS,gem.} + EW_{CSB,UGKS,gem.} * (1 - Abb_{VAKS}) \quad (4.6)$$

$$EW_{CSB,UGKS,rech.} = 438.679 \text{ E} + 438.679 \text{ E} * (1 - 0,378)$$

$$EW_{CSB,UGKS,rech.} = 711.537 \text{ E}$$

1 Umgehungsgerinne

Mit Formel 4.4 folgt:

$$EW_{CSB,ZLKS,rech.} = 2.098.465 \text{ E} - 711.537 \text{ E}$$

$$\underline{\underline{EW_{CSB,ZLKS,rech.} = 1.386.928 \text{ E}}}$$

Der EW für die Belüftung in Dradenau wurde mit Formel 4.7 berechnet:

$$EW_{CSB,ZLDR,rech.} = EW_{CSB,Nord} + EW_{CSB,Süd} - EW_{CSB,BBKS,rech.} \quad (4.7)$$

Es wurde somit die gesamte Fracht (Zulauf Nord + Zulauf Süd) um die im Belebungsbecken Kö-Süd abgebaute Fracht verringert. Diese Vorgehensweise ist notwendig, um den Bezugswert für Dradenau zu bereinigen. Ein in Reihe geschaltete Teilbiologie würde die Werte ansonsten verfälschen.

Die im Belebungsbecken abgebaute Fracht wurde mit Formel 4.8 berechnet.

$$EW_{CSB,BBKS,rech.} = EW_{CSB,ZLBBKS,gem.} - EW_{CSB,AGBBKS,gem.} \quad (4.8)$$

$$EW_{CSB,BBKS,rech.} = 866.754 \text{ E} - 235.773 \text{ E}$$

$$EW_{CSB,BBKS,rech.} = 630.981 \text{ E}$$

Mit Formel 4.7 folgt:

$$EW_{CSB,ZLDR,rech.} = 709.178 \text{ E} + 2.098.465 \text{ E} - 630.981 \text{ E}$$

$$\underline{\underline{EW_{CSB,ZLDR,rech.} = 2.176.662 \text{ E}}}$$

Der Kennwert für den Gesamtstromverbrauch der Belüftung wurde mit Formel 4.9 berechnet

$$e_{Bel,ges} = \frac{E_{Bel,KS} + E_{Bel,DR}}{EW_{CSB,ZLKS,rech.} + EW_{CSB,ZLDR,rech.}} \quad (4.9)$$

$$e_{Bel,ges} = \frac{15.558.081 \text{ kWh/a} + 16.942.335 \text{ kWh/a}}{1.386.928 \text{ E} + 2.176.662 \text{ E}}$$

$$\underline{\underline{e_{Bel,ges} = 9,12 \text{ kWh}/(\text{E} \cdot \text{a})}}$$

Spezifischer Stromverbrauch der Belüftung Kö-Süd $e_{Bel,KS}$

Die biologische Verfahrensstufe auf dem Klärwerksgelände Köhlbrandhöft besteht aus 6 Belebungsbecken. Die Belüftung, bzw. der Sauerstoffeintrag, wird durch Oberflächenkreiselbelüfter durchgeführt. Jedes der 6 Belebungsbecken besitzt 5 Oberflächenkreiselbelüfter. Jeweils der erste wird nicht für den Sauerstoffeintrag verwendet, sondern dient zur Umwälzung des Abwassers. Der Kennwert für die Belüftung wird ohne Umwälzaggregate berechnet. Der Gesamtstromverbrauch der Belüftung Kö-Süd wurde aus der Summe der Einzelverbräuche der jeweils 4 Oberflächenkreiselbelüfter pro Becken berechnet.

Der spezifische Stromverbrauch der Belüftung Kö-Süd wurde mit Formel 4.10 berechnet.

$$e_{Bel,KS} = \frac{E_{Bel,KS}}{EW_{CSB,ZLKS,rech.}} \quad (4.10)$$

$$e_{Bel,KS} = \frac{15.558.081 \text{ kWh/a}}{1.386.928 \text{ E}}$$

$$\underline{\underline{e_{Bel,KS} = 11,22 \text{ kWh}/(\text{E} \cdot \text{a})}}$$

Spezifischer Stromverbrauch der Belüftung Dradenau $e_{Bel,DR}$

Die biologische Verfahrensstufe auf dem Klärwerksgelände Dradenau beinhaltet 16 Belebungsbecken. Die Belüftung, bzw. der Sauerstoffeintrag wird durch Druckbelüftung durchgeführt. Jedes der 16 Belebungsbecken ist an das Druckluftrohrnetz angeschlossen. Zur Erzeugung der Druckluft stehen 5 Turboverdichter zur Verfügung. Der Kennwert für die Belüftung wird ohne Umwälzaggregate berechnet. Der Gesamtstromverbrauch der Belüftung Dradenau wurde aus der Summe der Einzelverbräuche der 5 Turboverdichter berechnet.

Der spezifische Stromverbrauch der Belüftung Dradenau wurde mit Formel 4.11 berechnet.

$$e_{Bel,DR} = \frac{E_{Bel,DR}}{EW_{CSB,ZLDR,rech.}} \quad (4.11)$$

$$e_{Bel,DR} = \frac{16.942.335 \text{ kWh/a}}{2.176.662 \text{ E}}$$

$$\underline{\underline{e_{Bel,DR} = 7,78 \text{ kWh}/(\text{E} \cdot \text{a})}}$$

Spezifische Faulgasproduktion $e_{FG,2}$

Das Klärwerk Hamburg betreibt co-Fermentation. Das bedeutet, dass zusätzlich zum Klärschlamm auch Fremdschlämme, Glycerin und andere Stoffe der Faulung zugeführt werden. Aus diesem Grund kann für die Bezugsgröße nicht der EW benutzt werden. Für diesen Fall wird als Bezugsgröße, die zur Faulung zugeführte Masse an oTR verwendet. Die gesamte produzierte Faulgasmenge Q_{FG} ist die Summe der Faulgasverbräuche von:

- Kesselanlage
- Gala¹
- Gasturbine (inkl. Abhitzeessel und Wirbelschichtkessel)
- Gasmotor
- Fackel

Jedes der Aggregate besitzt einen Gasmengenzähler.

Die spezifische Faulgasproduktion wurde mit Formel 4.12 berechnet.

$$e_{FG,2} = \frac{Q_{FG}}{m_{oTR}} \quad (4.12)$$

$$e_{FG,2} = \frac{34.237.877.000 \text{ l}_N}{68.816.000 (\text{kg oTR})}$$

$$\underline{\underline{e_{FG,2} = 497,531 \text{ l}_N / (\text{kg oTR})}}$$

Grad der Faulgasumwandlung in Elektrizität $N_{FG,ges}$

Der Grad der Faulgasumwandlung $N_{FG,ges}$ ist die von Gasmotor und Gasturbine produzierte elektrische Energie, bezogen auf das Stromäquivalent $E_{FG,ges}$ der produzierten Faulgasmenge Q_{FG} . Der Heizwert des Faulgases wird 1-mal pro Monat ermittelt. Für die Berechnung wurde der Jahresmittelwert herangezogen. Der Grad der Faulgasumwandlung wurde mit Formel 4.13 berechnet.

$$N_{FG,ges} = \left(\frac{E_{GM} + E_{GT}}{E_{FG,ges}} \right) * 100 \quad (4.13)$$

$$E_{FG,ges} = Q_{FG} * H_{u,FG} \quad (4.14)$$

$$E_{FG,ges} = 34.237.877 \text{ m}^3/\text{a} * 6,1 \text{ kWh/m}^3$$

$$E_{FG,ges} = 208.851.050 \text{ kWh/a}$$

¹ Gasaufbereitungsanlage

Mit Formel 4.13 folgt:

$$N_{FG,ges} = \left(\frac{16.524.565 \text{ kWh/a} + 40.484.617 \text{ kWh/a}}{208.851.050 \text{ kWh/a}} \right) * 100$$

$$\underline{\underline{N_{FG,ges} = 27,30\%}}$$

Der Grad der Faulgasumwandlung ist wie in Formel 4.13 dargestellt, die mit Faulgas erzeugte elektrische Energie bezogen auf das Stromäquivalent des Faulgases. Dieser Kennwert stellt demnach je nach Bezugsgröße (Stromäquivalent der produzierten Faulgasmenge oder Stromäquivalent der im Aggregat zur Stromerzeugung verwerteten Faulgasmenge) den elektrischen Wirkungsgrad des Aggregats dar. Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass dieser Kennwert nicht mit dem in [Kün99] (N_1 oder N_2), Grad der Faulgasnutzung zu vergleichen ist.

Grad der Faulgasumwandlung in Elektrizität $N_{FG,el}$

Der Grad der Faulgasumwandlung $N_{FG,el}$ ist die von Gasmotor und Gasturbine produzierte elektrische Energie, bezogen auf das Stromäquivalent $E_{FG,GM+GT}$ der von Gasmotor und Gasturbine verbrauchten Faulgasmenge $Q_{FG,GM+GT}$. Der Grad der Faulgasumwandlung wurde mit Formel 4.15 berechnet.

$$N_{FG,el} = \left(\frac{E_{GM} + E_{GT}}{E_{FG,GM+GT}} \right) * 100 \quad (4.15)$$

$$E_{FG,GM+GT} = Q_{FG,GM+GT} * H_{u,FG} \quad (4.16)$$

$$E_{FG,GM+GT} = 30.379.624 \text{ m}^3/\text{a} * 6,1 \text{ kWh/m}^3$$

$$E_{FG,GM+GT} = 185.315.706 \text{ kWh/a}$$

Mit Formel 4.15 folgt:

$$N_{FG,el} = \left(\frac{16.524.565 \text{ kWh/a} + 40.484.617 \text{ kWh/a}}{185.315.706 \text{ kWh/a}} \right) * 100$$

$$\underline{\underline{N_{FG,el} = 30,76\%}}$$

Grad der Faulgasumwandlung in Elektrizität $N_{FG,el+Gala}$

Der Grad der Faulgasumwandlung $N_{FG,el+Gala}$ ist die von Gasmotor und Gasturbine produzierte elektrische Energie inkl. dem Stromäquivalent der Faulgasmenge, die der Gala zugeführt wird, bezogen auf das Stromäquivalent E_{FG} der produzierte Faulgasmenge Q_{FG} . Der Grad der Faulgasumwandlung wurde mit Formel 4.17 berechnet.

$$N_{FG,el+Gala} = \left(\frac{E_{GM} + E_{GT} + E_{FG,Gala}}{E_{FG,ges}} \right) * 100 \quad (4.17)$$

$$N_{FG,el+Gala} = \left(\frac{16.524.565 \text{ kWh/a} + 40.484.617 \text{ kWh/a} + 18.027.958 \text{ kWh/a}}{208.851.050 \text{ kWh/a}} \right) * 100$$

$$\underline{\underline{N_{FG,el+Gala} = 35,93\%}}$$

Eigenversorgungsgrad Elektrizität $V_{E,KWK}$ (ohne Schlamm Trocknung)

Der Eigenversorgungsgrad mit elektrischer Energie $V_{E,KWK}$ berücksichtigt die produzierte elektrische Energie von Gasmotor und Gasturbine. Die Abwärme der Gasturbine wird über einen Abhitzeessel zur Dampferzeugung genutzt. Der so produzierte Dampf wird zum Betreiben der Dampfturbine verwendet. Der Dampfanteil aus der Abwärme der Gasturbine stellt ca. 1/3 des Gesamtvolumens dar. Aus diesem Grund beinhaltet $V_{E,KWK}$ auch 1/3 der von der Dampfturbine produzierten elektrischen Energie. Der Eigenversorgungsgrad Elektrizität wurde mit Formel 4.18 berechnet.

$$V_{E,KWK} = \left(\frac{E_{KWK}}{E_{ges,2}} \right) * 100 \quad (4.18)$$

$$E_{KWK} = E_{GM} + E_{GT} + E_{DT} * 1/3 \quad (4.19)$$

$$E_{KWK} = 16.524.565 \text{ kWh/a} + 40.484.617 \text{ kWh/a} + 32.294.744 \text{ kWh/a} * 1/3$$

$$E_{KWK} = 67.774.097 \text{ kWh/a}$$

Mit Formel 4.18 folgt:

$$V_{E,KWK} = \left(\frac{67.774.097 \text{ kWh/a}}{75.139.272 \text{ kWh/a}} \right) * 100$$

$$\underline{\underline{V_{E,KWK} = 90,20\%}}$$

Eigenversorgungsgrad Elektrizität $V_{E,KWK+EE}$ (ohne Schlamm Trocknung)

Der Eigenversorgungsgrad mit elektrischer Energie $V_{E,KWK+EE}$ beinhaltet den Eigenversorgungsgrad Elektrizität $V_{E,KWK}$ zzgl. dem Eigenversorgungsgrad Elektrizität durch erneuerbare Energien (EE^1) (Photovoltaik (PV^2), Windkraft) $V_{E,EE}$. Der Eigenversorgungsgrad Elektrizität $V_{E,KWK+EE}$ wurde mit Formel 4.20 berechnet.

$$V_{E,KWK+EE} = \left(\frac{E_{KWK+EE}}{E_{ges,2}} \right) * 100 \quad (4.20)$$

$$E_{KWK+EE} = E_{KWK} + E_{EE} \quad (4.21)$$

$$E_{EE} = E_{PV,K\ddot{o}} + E_{PV,DR} + E_{WEA,3} + E_{WEA,1} \quad (4.22)$$

$$E_{EE} = 20.857 \text{ kWh/a} + 40.950 \text{ kWh/a} + 1.020.158 \text{ kWh/a} + 6.785.519 \text{ kWh/a}$$

$$E_{EE} = 7.867.484 \text{ kWh/a}$$

Mit Formel 4.21 folgt:

$$E_{KWK+EE} = 67.774.097 \text{ kWh/a} + 7.867.484 \text{ kWh/a}$$

$$E_{KWK+EE} = 75.641.581 \text{ kWh/a}$$

Mit Formel 4.20 folgt:

$$V_{E,KWK+EE} = \left(\frac{75.641.581 \text{ kWh/a}}{75.139.272 \text{ kWh/a}} \right) * 100$$

$$\underline{\underline{V_{E,KWK+EE} = 100,70\%}}$$

Spezifischer externer Wärmebezug e_{ext}

Bis zum Ende dieser Arbeit waren die Daten für den Heizöl- und Erdgasverbrauch 2014 nicht verfügbar.

1 Erneuerbare Energien

2 Photovoltaik

Spezifischer Stromverbrauch Pumpwerk (PwH) $e_{PW,PwH}$

Das PwH ist mit drei Zweikanalrad-Kreiselpumpen zur Abwasserförderung ausgerüstet. Die Summe der Verbräuche ist in $E_{PW,PwH}$ erfasst. Die Förderhöhe h_{PwH} wurde wie in der Abbildung 4.3 dargestellt, aus dem Jahresmittelwert der Niveaumessung im Pumpensumpf (Niveau im Siel), dem Jahresmittelwert der Niveaumessung im Druckturm und dem Jahresmittelwert der Niveaumessung im Zulauf der Rechananlage (Kö-Nord) berechnet.

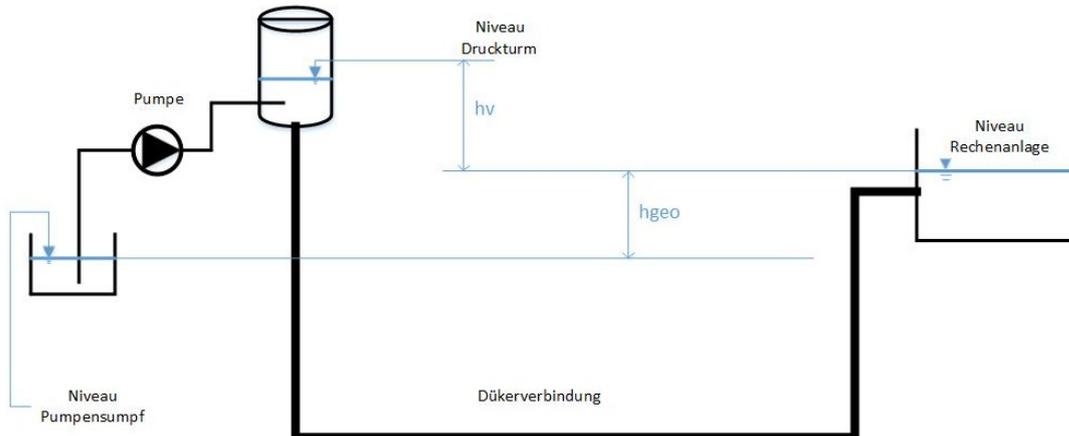


Abb. 4.3: Schema Förderhöhe PwH

$$h_{geo,PwH} = N_{ZRE,KN} - N_{PS,PwH}$$

$$h_{v,PwH} = N_{DT} - h_{geo,PwH}$$

$$h_{geo,PwH} = 4,45 \text{ mNN} - (-0,01 \text{ mNN})$$

$$h_{v,PwH} = 7,59 \text{ mNN} - 4,46 \text{ m}$$

$$\underline{h_{geo,PwH} = 4,46 \text{ m}}$$

$$\underline{h_{v,PwH} = 3,13 \text{ m}}$$

$$h_{PwH} = h_{geo,PwH} + h_{v,PwH}$$

$$h_{PwH} = 4,46 \text{ m} + 3,13 \text{ m}$$

$$\underline{h_{PwH} = 7,59 \text{ m}}$$

Der spezifische Stromverbrauch $e_{PW,PwH}$ wurde mit Formel 4.23 berechnet.

$$e_{PW} = \frac{E_{PW}}{Q_{PW} * h} \quad (4.23)$$

$$e_{PW,PwH} = \frac{1.210.076 \text{ kWh/a}}{30.153.606 \text{ m}^3/\text{a} * 7,59 \text{ m}}$$

$$\underline{e_{PW,PwH} = 5,29 \text{ Wh}/(\text{m}^3 * \text{m})}$$

Spezifischer Stromverbrauch Pumpwerk (Kö-Süd, Schneckenpumpen) $e_{PW,KS,Schnecken}$

Das Pumpwerk Kö-Süd, Schneckenpumpen fördert das Abwasser über drei Straßen. Jede Straße ist als Kaskade mit jeweils zwei Schneckenpumpen ausgeführt. Die Summe der Verbräuche ist in $E_{PW,KS,SP}$ erfasst. Die Förderhöhe $h_{KS,Schnecken}$ wurde aus dem Jahresmittelwert der Niveaumessung im Pumpensumpf (Niveau im Zulauf) und dem Jahresmittelwert der Niveaumessung im Zulauf der Rechenanlage berechnet.

$$h_{geo,KS,SP} = N_{ZRE,KS} - N_{PS,KS,SP}$$

$$h_{geo,KS,SP} = 4,94 \text{ mNN} - -14,04 \text{ mNN}$$

$$\underline{\underline{h_{geo,KS,SP} = 18,98 \text{ m}}}$$

Da eine Schneckenpumpenpumpe keine Druckverluste hat, folgt:

$$h_{KS,SP} = h_{geo,KS,SP}$$

$$\underline{\underline{h_{KS,SP} = 18,98 \text{ m}}}$$

Der spezifische Stromverbrauch $e_{PW,KS,SP}$ wurde mit Formel 4.23 berechnet.

$$e_{PW,KS,SP} = \left(\frac{7.316.312 \text{ kWh/a}}{(90.384.938 \text{ m}^3/\text{a} * 18,98 \text{ m})} \right)$$

$$\underline{\underline{e_{PW,KS,SP} = 4,26 \text{ Wh}/(\text{m}^3 * \text{m})}}$$

Spezifischer Stromverbrauch Pumpwerk (Kö-Süd, Kreiselpumpen) $e_{PW,KS,KP}$

Das Pumpwerk Kö-Süd, Kreiselpumpen, fördert das Abwasser über zwei Kreiselpumpen. Die Summe der Verbräuche ist in $E_{PW,KS,KP}$ erfasst. Die Förderhöhe $h_{KS,KP}$ wurde aus dem Jahresmittelwert der Niveaumessung im Pumpensumpf und dem Jahresmittelwert der Niveaumessung im Zulauf der Rechenanlage berechnet. Wegen fehlender Druckverlustmessungen wurden die Reibungsverluste h_v vernachlässigt und $h_{KS,KP} = h_{geo,KS,KP} + h_{v,KS,KP}$ vereinfacht sich zu $h_{KS,KP} = h_{geo,KS,KP}$.

$$h_{geo,KS,KP} = N_{ZRE,KS} - N_{PS,KS,KP}$$

$$h_{geo,KS,KP} = 4,94 \text{ mNN} - -11,61 \text{ mNN}$$

$$\underline{\underline{h_{geo,KS,KP} = 16,55 \text{ m}}}$$

und

$$h_{KS,KP} = h_{geo,KS,KP}$$

$$\underline{h_{KS,KP} = 16,55 \text{ m}}$$

Der spezifische Stromverbrauch $e_{PW,KS,KP}$ wurde mit Formel 4.23 berechnet.

$$e_{PW,KS,KP} = \left(\frac{11.303 \text{ kWh/a}}{(142.215 \text{ m}^3/\text{a} * 16,55 \text{ m})} \right)$$

$$\underline{e_{PW,KS,KP} = 4,80 \text{ Wh}/(\text{m}^3 * \text{m})}$$

Spezifischer Stromverbrauch Pumpwerk Dradenau $e_{PW,DR}$

Das Pumpwerk Dradenau fördert das Abwasser über acht Rohrgehäusepumpen. Die Summe der Verbräuche ist in $E_{PW,DR}$ erfasst. Die Förderhöhe h_{DR} wurde aus dem Jahresmittelwert der Niveaumessung im Pumpensumpf, dem Jahresmittelwert der Niveaumessung im „Schacht Kö“ und dem Jahresmittelwert der Niveaumessung im Zulaufgerinne berechnet.

$$h_{geo,DR} = N_{SK} - N_{ZG}$$

$$h_{v,DR} = N_{SK} - N_{PS}$$

$$h_{geo,DR} = 6,03 \text{ mNN} - 3,01 \text{ mNN}$$

$$h_{v,DR} = 3,01 \text{ mNN} - 2,57 \text{ mNN}$$

$$\underline{h_{geo,DR} = 3,02 \text{ m}}$$

$$\underline{h_{v,DR} = 0,44 \text{ m}}$$

$$h_{DR} = h_{geo,DR} + h_{v,DR}$$

$$h_{DR} = 3,02 \text{ m} + 0,44 \text{ m}$$

$$\underline{h_{DR} = 3,46 \text{ m}}$$

Der spezifische Stromverbrauch $e_{PW,DR}$ wurde mit Formel 4.23 berechnet.

$$e_{PW,DR} = \left(\frac{2.772.394 \text{ kWh/a}}{(136.365.700 \text{ m}^3/\text{a} * 3,46 \text{ m})} \right)$$

$$\underline{e_{PW,DR} = 5,88 \text{ Wh}/(\text{m}^3 * \text{m})}$$

4.6 Interpretation der Ergebnisse

Für die Interpretation der Ergebnisse werden die im Arbeitsblatt DWA-A 216 dargestellten Häufigkeitsverteilungen herangezogen. Aus den im Kapitel Grundlagen erwähnten Gründen kann dieser Vergleich nur eine grobe Bewertung der Ergebnisse sein. Allerdings können die Ergebnisse einen ersten Hinweis auf mögliche Optimierungspotenziale sein und die Grundlage für die Entscheidung einer detaillierten Energieanalyse darstellen.

Der spezifische Gesamtstromverbrauch $e_{ges,1}$ in Abb. B.1 auf Seite 89 mit 26,76 kWh/(E*a) und der spezifische Gesamtstromverbrauch $e_{ges,2}$ in Abb. B.2 auf Seite 90 mit 28,29 kWh/(E*a) liegen mit 22% bzw. 28% Unterschreitungshäufigkeit beide im unterem Bereich. Diese Werte deuten nicht auf ein großes Optimierungspotenzial hin.

Der spezifische Stromverbrauch der Belüftung $e_{Bel,ges}$ in Abb. B.3 auf Seite 90, hier als Summe der Stromverbräuche aus der Belüftung Kö-Süd und der Belüftung Dradenau, liegt mit 9,12 kWh/(E*a) unterhalb von 10% Unterschreitungshäufigkeit. Dieser Wert deutet nicht auf ein bestehendes Optimierungspotenzial hin. Allerdings beinhaltet dieser Wert zwei verschiedene Belüftungsverfahren, die auch noch in Reihe geschaltet sind und ist somit nur bedingt aussagekräftig. Der spezifische Stromverbrauch der Belüftung $e_{Bel,ges}$ wurde hier nur aus Gründen der Vollständigkeit aufgenommen.

Der spezifische Stromverbrauch der Belüftung in Kö-Süd $e_{Bel,KS}$ in Abb. B.4 Seite 91 liegt mit 11,22 kWh/(E*a) bei ca. 14% Unterschreitungshäufigkeit. Dieser Wert lässt nur auf ein sehr geringes Optimierungspotenzial schließen. Hier sei bereits angemerkt, dass die Belüftung in der Belegung Kö-Süd mit Oberflächenbelüftern durchgeführt wird. Ein Umbau auf Druckbelüftung ist in der Planungsphase.

Der spezifische Stromverbrauch der Belüftung in Dradenau $e_{Bel,DR}$ in Abb. B.5 Seite 91 liegt mit 7,78 kWh/(E*a) deutlich unterhalb von 10% Unterschreitungshäufigkeit. Dieser Wert deutet nicht auf ein bestehendes Optimierungspotenzial hin. Der signifikante Unterschied im spezifischen Stromverbrauch der Belüftung in Kö-Süd und in Dradenau von ca. 3,5 kWh/(E*a) zeigt bereits das bestehende Optimierungspotenzial der Belüftung in Kö-Süd durch den Umbau von Oberflächenbelüftung auf Druckbelüftung.

Die spezifische Faulgasproduktion $e_{FG,2}$ in Abb. B.6 auf Seite 92 liegt mit 497,53 l_N/(kg oTR) bei ca. 63% Unterschreitungshäufigkeit im oberen Bereich. Für diesen Kennwert ist eine möglichst hohe Unterschreitungshäufigkeit optimal. Dieser Wert lässt nur ein geringes Optimierungspotenzial vermuten.

Der Grad der Faulgasumwandlung in Elektrizität $N_{FG,ges}$ in Abb. B.7 auf Seite 92 liegt mit 27,30% und ca. 53% Unterschreitungshäufigkeit im mittleren Bereich. Für diesen Kennwert wird ein möglichst hoher Wert, eine „vollständige“ Umwandlung gewünscht. Ein optimaler Wert würde im oberen Bereich liegen. Somit lässt dieser Wert ein Optimierungspotenzial vermuten. Hier ist allerdings zu berücksichtigen, dass ca. 10% der produzierten Faulgasmenge einer Gasaufbereitungsanlage zugeführt werden. Diese Faulgasmenge wird in der Folge mit Hilfe des Heizwertes in ein Stromäquivalent umgerechnet und dem Grad der Faulgasumwandlung zugerechnet.

Der Grad der Faulgasumwandlung in Elektrizität $N_{FG,el}$ in Abb. B.8 auf Seite 93 liegt mit 30,76% und ca. 76% Unterschreitungshäufigkeit im oberen Bereich. Da hier die Bezugsgröße nicht die produzierte Faulgasmenge ist, sondern die verbrauchte Faulgasmenge von Gasmotor und Gasturbine, stellt dieser Wert lediglich einen Anhaltspunkt für die Stromkennzahl von BHKW und Gasturbine dar.

Der Grad der Faulgasumwandlung in Elektrizität inkl. des Stromäquivalents der verbrauchten Faulgasmenge in der Gasaufbereitungsanlage $N_{FG,el+Gala}$ in Abb. B.9 auf Seite 93 liegt mit 35,93% deutlich oberhalb von 90% Unterschreitungshäufigkeit. Eine möglichst hohe Unterschreitungshäufigkeit ist optimal. Dieser Wert lässt kein, bzw. nur ein sehr geringes Optimierungspotenzial vermuten.

Der Eigenversorgungsgrad $V_{E,KWK}$ in Abb. B.10 auf Seite 94 liegt mit 90,20% deutlich im oberen Bereich der Unterschreitungshäufigkeit. Eine möglichst hohe Unterschreitungshäufigkeit ist optimal. Mit einer Unterschreitungshäufigkeit von ca. 90% ist fast kein Optimierungspotenzial vorhanden. Maßgebend waren hier die produzierte elektrische Energie von Gasmotor und Gasturbine. Da die Abwärme der Gasturbine zur Dampferzeugung genutzt wird und somit zum Betrieb der Dampfturbine beiträgt wurde ca. 1/3 der produzierten elektrischen Energie der Dampfturbine mit berücksichtigt.

Der Eigenversorgungsgrad $V_{E,KWK+EE}$ in Abb. B.11 auf Seite 94 liegt mit 100,70% deutlich im oberen Bereich der Unterschreitungshäufigkeit. Für diesen Kennwert wird ein möglichst hoher Wert, eine vollständige Eigenversorgung gewünscht. Mit einer Unterschreitungshäufigkeit von über 90% ist fast kein Optimierungspotenzial vorhanden. Maßgebend waren hier die produzierte elektrische Energie von Gasmotor, Gasturbine und der bereits erwähnte Anteil der Dampfturbine. In diesem Fall wurde zusätzlich zum KWK-Strom noch die produzierte elektrische Energie der Windenergie- und Photovoltaikanlagen berücksichtigt. Ein Wert für $V_{E,KWK+EE}$ über 100% bedeutet, dass das Klärwerk mehr elektrische Energie produziert als verbraucht.

Der spezifische Stromverbrauch $e_{PW,PWH}$ in Abb. B.13 auf Seite 95 liegt mit 5,29 Wh/(m³*m) und ca. 14% Unterschreitungshäufigkeit deutlich im unteren Bereich. Aus diesem Wert lässt sich kein signifikantes Optimierungspotenzial ableiten.

Der spezifische Stromverbrauch $e_{PW,KS,SP}$ in Abb. B.14 auf Seite 96 liegt mit 4,26 Wh/(m³*m) unterhalb von 10% Unterschreitungshäufigkeit. Aus diesem Wert lässt sich kein Optimierungspotenzial ableiten.

Der spezifische Stromverbrauch $e_{PW,KS,KP}$ in Abb. B.15 auf Seite 96 liegt mit 4,80 Wh/(m³*m) unterhalb von 10% Unterschreitungshäufigkeit. Aus diesem Wert lässt sich kein Optimierungspotenzial ableiten. Mit einer geförderten Abwassermenge von ca. 11.000 m³ ist dieser Kennwert nur ein erster Ansatz.

Der spezifische Stromverbrauch $e_{PW,DR}$ in Abb. B.16 auf Seite 97 liegt mit 5,88 Wh/(m³*m) und ca. 28% Unterschreitungshäufigkeit im unteren Bereich der Häufigkeitsverteilung. Optimierungspotenzial ist vorhanden.

Zusammenfassung der Ergebnisse

Die spezifischen Stromverbräuche e_{ges} mit ca. 22%, $e_{ges,Trocknung}$ mit ca. 28%, $e_{Bel,KS}$ mit ca. 14%, $e_{PW,PwH}$ mit ca. 14% und $e_{PW,DR}$ mit ca. 28% liegen im Bereich von 10-40% der Unterschreitungshäufigkeit und weisen somit auf ein, wenn auch eher geringes, Optimierungspotenzial hin. Für die Kennwerte $e_{FG,2}$, $N_{FG,ges}$ und $N_{FG,el}$ ist eine möglichst hohe Unterschreitungshäufigkeit wünschenswert. $e_{FG,2}$ mit ca. 63% und $N_{FG,el}$ mit ca. 76% liegen im Bereich von 61-90% der Unterschreitungshäufigkeit und deuten auf ein eher geringes Optimierungspotenzial hin. $N_{FG,ges}$ mit ca. 53% liegt im Bereich von 40-61% der Unterschreitungshäufigkeit und deutet auf ein relevantes Optimierungspotenzial hin.

Auf diese Kennwerte sollte in der Energieanalyse ein besonderes Augenmerk gelegt werden. Alle Kennwerte, die nicht in der Zusammenfassung erwähnt sind, liegen entweder unterhalb von 10% der Unterschreitungshäufigkeit oder oberhalb von 90% (Kennwerte für die ein möglichst hoher Wert wünschenswert ist) und deuten somit nicht auf ein vorhandenes Optimierungspotenzial hin.

KAPITEL 5

Energieanalyse nach DWA-A 216

5.1 Allgemeine Anforderungen des Arbeitsblatts DWA-A 216

Für eine definierte Beurteilung des Energieverbrauchs eines Klärwerks müssen im Vorfeld die Systemgrenzen des zu untersuchenden Klärwerks bestimmt werden. Das Definieren der Systemgrenzen dient dem Zweck, dass wenn z.B. ein Pumpwerk im Kanalnetz über einem dem Klärwerk zugeschriebenem Verbrauchszähler erfasst wird, sicher gestellt werden kann, dass dieses Pumpwerk vor Auswertung der Daten raus gerechnet werden kann. Da der Energieverbrauch zum Teil stark von der Art der gewählten Verfahrenstechnik abhängig ist, ist für die Energieanalyse und dem damit verbundenen Ziel der Energieoptimierung eine Anlagen- und Verfahrensbeschreibung notwendig. Besonderes Augenmerk wird auch auf die Ermittlung der Zulaufbelastung gelegt, da dieser Messwert als Bezugsgröße für den spezifischen Energieverbrauch bzw. die Faulgaserzeugung herangezogen wird. Die Zulaufbelastung wird laut Arbeitsblatt DWA-A 216 als mittlere tägliche CSB-Schmutzfracht im Zulauf der Kläranlage bezogen auf die spezifische CSB-Fracht von $120 \text{ g}/(\text{E} \cdot \text{d})$ definiert. Die maßgebende mittlere Fracht ist aus der durchflussproportionalen 24h-Mischprobe der erhobenen Messdaten zu ermitteln. Die Jahresschmutzfracht ergibt sich damit als Mittelwert der Tagesfrachten.[KEK13]

5.2 Bestandsaufnahme des IST-Zustands

Die Bestandsaufnahme wird nach Verfahrensgruppen unterteilt durchgeführt. Hilfsmittel sind 1-Pol-Pläne, Datenbankauszüge aus dem Programm „E-Plan“ und Begehungen der Anlage. In Abb. 2.2 auf Seite 6 ist ein vereinfachtes Anlagenschema zu sehen. Auf eine detaillierte Beschreibung mit Bestandsplänen und verfahrenstechnischen Regelungen wird an dieser Stelle verzichtet, da diese Datenerfassung den Rahmen dieser Arbeit überschreiten würde.

Verfahrensgruppen auf dem Klärwerksgelände Köhlbrandhöft:

- Zulaufpumpwerk: (PwH(Nord) + Süd)
- Rechenanlage: (Nord + Süd)
- Sandfang: (Nord + Süd)
- Vorklärung: (Nord + Süd)
- Primärschlammsiebung: (Nord + Süd)
- Primärschlammeindickung: (Nord + Süd)
- Primärschlammumpwerk: (Nord + Süd)
- Belebung: Süd
- Nachklärung: Süd
- Überschussschlammeindickung: Mitte
- Zentratpumpwerk: Mitte
- Faulanlage: Mitte
- Klärschlammwässerung, Klärschlamm Trocknung: Mitte
- Klärschlamm-, Rechen- und Siebgutverbrennung
- Anlagen zur Energiegewinnung

Verfahrensgruppen auf dem Klärwerksgelände Dradenau:

- Zulaufpumpwerk
- Belebung
- Nachklärung
- Rücklaufschlammumpwerk
- Zentratbehandlung
- Anlagen zur Energiegewinnung

Eine detaillierte Aggregatliste der jeweiligen Verfahrensgruppen ist in den Tabellen [Tab. E.1](#) bis [Tab. F.6](#) im Anhang auf Seite 114 bis 135 abgebildet. Die Ergebnisse des Energiechecks sind in Kapitel 4.6 dargestellt.

5.3 Systemgrenzen der Energieanalyse

Es gelten die selben Systemgrenzen wie in Kapitel 4.3 für den Energiecheck.

5.4 Datenbeschaffung/Plausibilitätskontrolle

Das Klärwerk Hamburg verfügt über ein eigenes Mittel- und Niederspannungsnetz und hat somit auch diverse Schalthäuser und Verbraucherkreise. Eine Übersicht der Schalthäuser mit den zugehörigen Verbraucherkreisen für das Klärwerk Köhlbrandhöft ist in [Abb. 5.1](#) auf Seite 35 zu sehen.

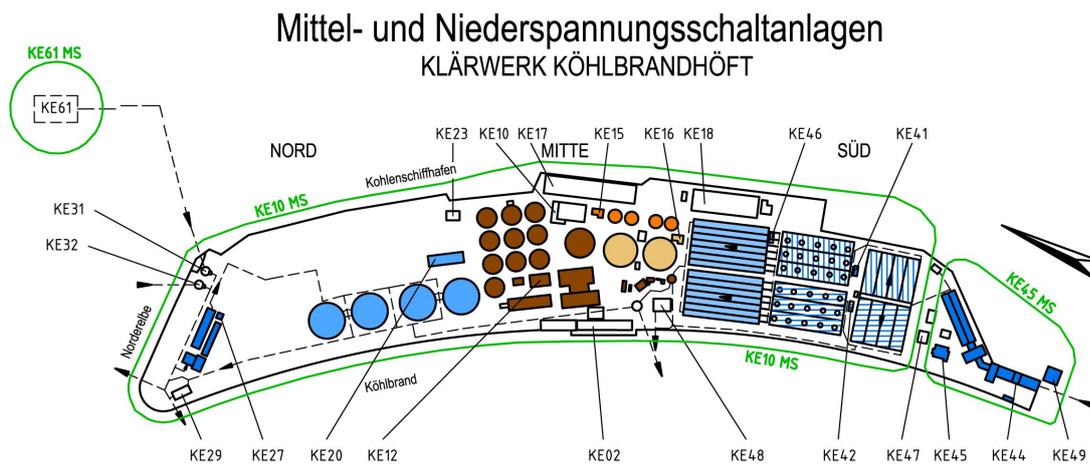


Abb. 5.1: Zuordnung von Verfahrensstufen und Schalthäuser für das Klärwerksgelände Köhlbrandhöft (Quelle: Hamburg Wasser)

Niederspannungsschaltanlagen Köhlbrandhöft

- KE20 Maschinenhaus Nord
- KE27 Rechenanlage Nord
- KE29 Hochwasserablaufpumpwerk Nord
- KE31 Dükerunterhaupt Ost, Entleerungspumpwerk
- KE32 Dükerunterhaupt West
- KE61 Pumpwerk Hafenstraße
- KE02 Betriebsgebäude 01 und Warte
- KE10 Überschussschlammeindickung, Pumpwerke
- KE12 Schlamm-, Faul-, Gas- und Brauchwasseranlage
- KE15 Rohschlammumpwerk
- KE16 Schlammbehandlung, Zentratpumpwerk
- KE17 KETA: Schlammwässerung und Schlamm Trocknung
- KE18 VERA: Schlammverbrennung (Vera GmbH)
- KE41 Belebungsbecken BB 4 bis 6
- KE42 Belebungsbecken BB 1 bis 3
- KE44 Zulauf Süd
- KE45 Rechengebäude Süd
- KE46 Nachklärbecken Süd
- KE47 Phosphatfällung
- KE48 Hochwasserablaufpumpwerk Süd
- KE49 Zulaufpumpwerk-Erweiterung „4.Straße“

Mittelspannungsanlagen Köhlbrandhöft

- KE61 Pumpwerk Hafenstraße
- KE10 Köhlbrandhöft
- KE45 Köhlbrandhöft Süd
- Windenergieanlage 3

Eine Übersicht der Schalthäuser mit den zugehörigen Verbraucherkreisen für das Klärwerk Dradenau ist in Abb. 5.2 zu sehen.

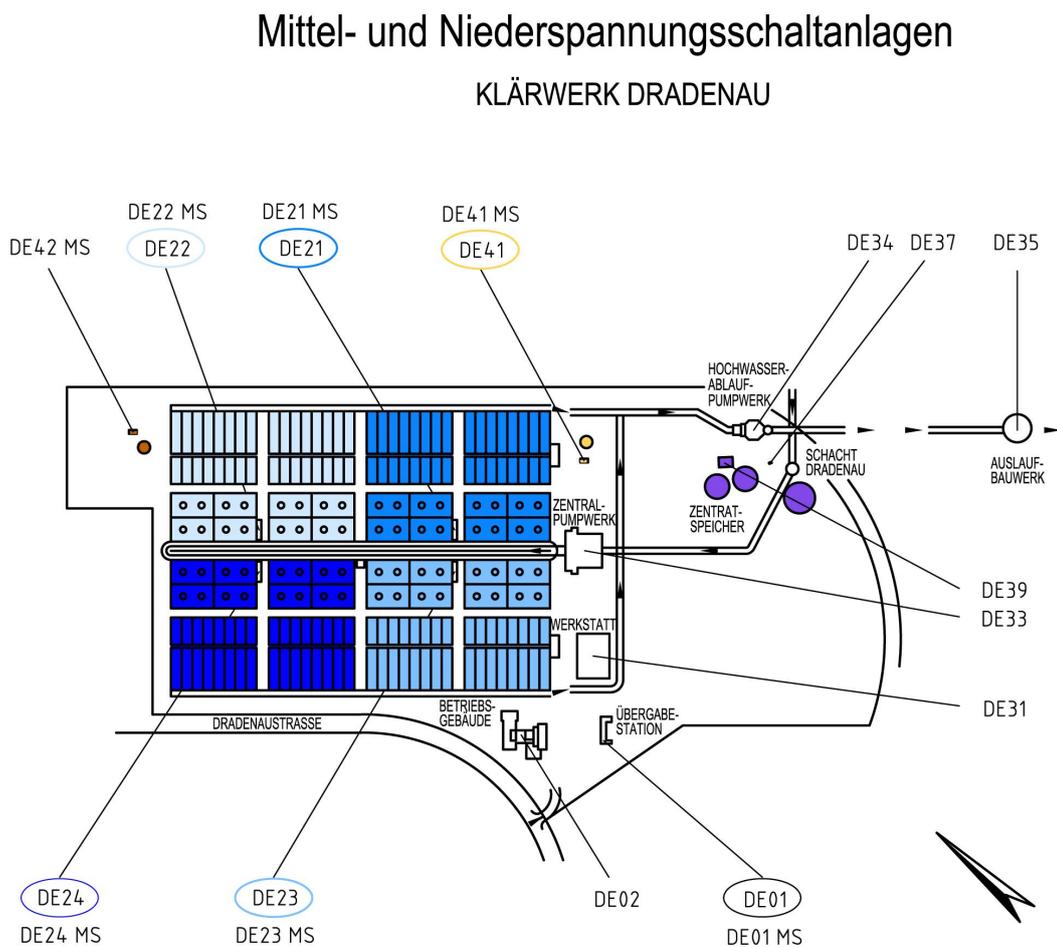


Abb. 5.2: Zuordnung von Verfahrensstufen und Schalthäuser für das Klärwerksgelände Dradenau (Quelle: Hamburg Wasser)

Niederspannungsschaltanlagen Dradenau

- DE01 Übergabestation
- DE02 Betriebsgebäude
- DE21 Belebungsbecken BB 1 bis 4
- DE22 Belebungsbecken BB 5 bis 8
- DE23 Belebungsbecken BB 9 bis 12
- DE24 Belebungsbecken BB 13 bis 16
- DE31 Werkstatt
- DE33 Zentrales Pumpwerk
- DE34 Hochwasserablaufpumpwerk
- DE35 Auslaufbauwerk
- DE37 Schacht Dradenau
- DE39 SAT-Anlage
- DE41 Windenergieanlage 1/2

Mittelspannungsanlagen Dradenau

- DE01 Übergabestation
- DE21 Belebungsbecken BB 1 bis 4
- DE22 Belebungsbecken BB 5 bis 8
- DE23 Belebungsbecken BB 9 bis 12
- DE24 Belebungsbecken BB 13 bis 16
- DE41 Windenergieanlage 1
- DE42 Windenergieanlage 2

Das Arbeitsblatt DWA-A 216 empfiehlt eine Plausibilitätskontrolle anhand von verfahrenstechnischen Kennzahlen, sowie Stoff-, Massen und Energiebilanzen. Entsprechend dem Schwerpunkt dieser Arbeit wird die Plausibilitätskontrolle anhand einer Energiebilanz der elektrischen Energie durchgeführt. Die für die Energiebilanz vorhandenen und relevanten Energiezähler, Strommessungen und Leistungsmessungen wurden mit Hilfe von 1-Pol-Plänen und dem Messdatenerfassungssystem „Tebis“ ermittelt und in die Abbildungen A.1 bis A.3 auf Seite 80 bis 82 eingezeichnet. Wie zu erkennen, gibt es einige Stellen an denen keine Zähler installiert sind, so dass in Abhängigkeit hiervon auch Abweichungen in der Plausibilitätskontrolle zu erwarten sind. Die Plausibilitätskontrolle für die drei Hauptverbraucherkreise KE61 (PwH), KE10 (Köhlbrandhöft) und DE01 (Dradenau) sind in Tabelle 5.1 auf Seite 37, Tabelle 5.4 auf Seite 38 und Tabelle 5.7 Seite 39 dargestellt. Die Plausibilitätskontrollen für die einzelnen Schalthäuser und Sammelschienen sind in den Tabellen Tab. A.1 bis Tab. A.6 im Anhang auf Seite 83 bis 88 dargestellt.

Einspeisung KE61MS	Abgang KE61MS	Differenz	Differenz
1.596.594 kWh/a	1.553.246 kWh/a	43.348 kWh/a	2,72%

Tab. 5.1: Plausibilitätskontrolle elektrische Energie für KE61

Für die in Tabelle 5.1 dargestellte Plausibilitätskontrolle, Verbraucherkreis „PwH“, wurde die vom EVU¹ in die 10 kV-Ebene eingespeiste Wirkarbeit den Verbrauchsmessungen nach den Transformatoren für die Niederspannungsebenen gegenübergestellt. Somit erfasst diese Betrachtung nicht die Wirkungsgradverluste und Eigenverbräuche der Transformatoren. In Tabelle 5.3 ist ein Eigenverbrauch von 1,1 kW und ein Wirkungsgrad von 99% berücksichtigt. Für die Berechnung des Eigenverbrauchs wurden aus den Messdaten der Transformatoren für die Niederspannungsebenen die Betriebsstunden ermittelt.

Einspeisung KE61MS	Wirkungsgradverluste	Eigenverbrauch (Trafo 01-06)	Einspeisung KE61NS
1.596.594 kWh/a	15.966 kWh/a	31.116 kWh/a	1.549.512 kWh/a

Tab. 5.2: Elektrische Energie für KE61NS inkl. Wirkungsgradverluste und Eigenverbrauch

Einspeisung KE61NS	Abgang KE61NS	Differenz	Differenz
1.549.512 kWh/a	1.553.246 kWh/a	-3734 kWh/a	-0,24%

Tab. 5.3: Plausibilitätskontrolle elektrische Energie für KE61 inkl. Wirkungsgradverluste und Eigenverbrauch

Der Verbraucherkreis „KE10“ wird über die Einspeisung aus dem Verbraucherkreis „DE01“ und Eigenerzeugungsanlagen versorgt. Somit kann die Summe der eingespeisten Wirkenergie nicht aus den Daten des EVU's bezogen werden, sondern wurde durch die drei Einspeisemessungen in die Mittelspannungsschienen KE10MS01-KE10MS03 und den Erzeugermessungen ermittelt. Die damit verbundenen Messabweichungen für die Einspeisung werden im nächsten Kapitel betrachtet. Für die Einspeisung in die Niederspannungsebene wurden die Wirkungsgradverluste und Eigenverbräuche der Transformatoren in der Tabelle 5.6 berücksichtigt.

Einspeisung KE10MS01-03	Abgang KE10MS01-03	Differenz	Differenz
66.812.600 kWh/a	65.455.625 kWh/a	1.356.975 kWh/a	2,03%

Tab. 5.4: Plausibilitätskontrolle elektrische Energie für KE10

Einspeisung KE10MS01-03	Wirkungsgradverluste	Eigenverbrauch (Trafo 01-16)	Einspeisung Niederspannungsebene
66.812.600 kWh/a	495.666 kWh/a	105.948 kWh/a	66.210.986 kWh/a

Tab. 5.5: Elektrische Energie für Niederspannungsebenen inkl. Wirkungsgradverluste und Eigenverbrauch

¹ Energieversorgungsunternehmen

Einspeisung Niederspannungsebenen	Abgang Niederspannungsebene	Differenz	Differenz
66.210.986 kWh/a	65.455.625 kWh/a	755.361 kWh/a	1,14%

Tab. 5.6: Plausibilitätskontrolle elektrische Energie für KE10 inkl. Wirkungsgradverluste und Eigenverbrauch

Der Verbraucherkreis „DE01“ wird über die Einspeisung vom EVU, Eigenerzeugungsanlagen und einer Rückeinspeisung aus dem Verbraucherkreis „KE10“ versorgt. Die Messdaten aus den Eigenerzeugungsanlagen und der Rückeinspeisung unterliegen den im nächsten Kapitel erwähnten Messabweichungen. Für die Einspeisung in die Niederspannungsebene wurden die Wirkungsgradverluste und Eigenverbräuche der Transformatoren in der Tabelle 5.9 berücksichtigt.

Einspeisung DE01MS01	Abgang DE01MS01	Differenz	Differenz
38.125.595 kWh/a	39.533.056 kWh/a	-1.407.461 kWh/a	-3,69%

Tab. 5.7: Plausibilitätskontrolle elektrische Energie für DE01

Einspeisung DE01MS01	Wirkungsgardverluste	Eigenverbrauch (Trafo 01-11)	Abgang DE01MS01
38.125.595 kWh/a	113.699 kWh/a	95.913 kWh/a	37.915.984 kWh/a

Tab. 5.8: Abgang Elektrische Energie für DE01 inkl. Wirkungsgradverluste und Eigenverbrauch

Einspeisung in DE-NS und weitere DE-MS	Abgang DE01MS01	Differenz	Differenz
37.915.984 kWh/a	39.533.056 kWh/a	-1.617.072 kWh/a	-4,26%

Tab. 5.9: Plausibilitätskontrolle elektrische Energie für DE01 inkl. Wirkungsgradverluste und Eigenverbrauch

5.5 Fehlergrenzen und Messabweichungen

Für jede Änderung der Spannungsebene werden Transformatoren benötigt. So wird bei der Einspeisung aus dem öffentlichen Hochspannungsnetz die Spannung von 110kV auf die Mittelspannungsebene von 10kV transformiert. Innerhalb des klärwerkseigenen Mittelspannungsnetz wird durch Transformatoren die Spannung von 10kV auf die Niederspannungsebene von 400/690 V transformiert. Zum elektronischen Schutz dieser Transformatoren werden Schütze eingesetzt. Jedes dieser Schütze ist in der Lage die Messgrößen Strom, Spannung, Wirkleistung zu messen. Alle Messwerte, die über einen Schütz, örtlich gesehen vor einem Transformator, erfasst wurden unterliegen den spezifischen Messfehlern der Schütze. Messwerte die innerhalb einer Spannungsebene, z.B. bei der Einspeisung aus einer Spannungsschiene in die nächste ermittelt wurden, werden mit den Messgeräten des Typs Simeas P erfasst. Weiterhin treten Fehler bei der Datenübertragung auf. Die in diesem Kapitel vorgenommene Fehlerbetrachtung, stellt nicht den Anspruch an eine hohe Genauigkeit, sondern soll vielmehr dazu dienen die Abweichungen in der Plausibilitätskontrolle

einzuordnen. Auf eine genauere Fehlerbetrachtung wurde verzichtet, da noch viele weitere Einflussfaktoren einen Fehler bei den Messwerten hervorrufen und der Anspruch dieser Energieanalyse nicht in der absoluten Genauigkeit liegt, sondern vielmehr sollen anhand der Ergebnisse Tendenzen und Ansätze für Energieeinsparungen abgelesen werden.

Tab. 5.10: Messunsicherheit Siemeas P

Bezeichnung	Einheit	Messbereich	Messunsicherheit
Spannung (Sternschaltung)	V	200...480 V	± 0,2%
Spannung (Dreiecksschaltung)	V	345...828 V	± 0,2%
Strom	A	0...1 A	± 0,2%
Strom	A	0...5 A	± 0,2%
Wirkleistung	P	200...4140 W	± 0,5%

Tab. 5.11: Messunsicherheit Stromwandler

Bezeichnung	Einheit	Messbereich	Messunsicherheit
Strom	A	5% ...120%I _N	± 1,5%

Die Messeinheit Siemeas P besitzt eine Fehlergrenze von 0,5% für die Messung der Wirkleistung. Für die Messung müssen Spannung und Strom über Messwandler auf geeignete Werte gewandelt werden. Diese unterliegen einer Fehlergrenze von 1,5%. Mit Formel 5.1 ergibt sich eine Gesamtfehlergrenze für die Messung der Wirkleistung innerhalb des Niederspannungsnetzes. Diese Fehlergrenze kann auf alle Wirkleistungsmessungen im Niederspannungsnetz angesetzt werden. [Müh08]

$$u_{\text{Wirkleistung,gesamt}} = 1 - \left(1 - \frac{u_{\text{SiemeasP}}}{100\%}\right) * \left(1 - \frac{u_{\text{Stromwandler}}}{100\%}\right) \quad (5.1)$$

$$u_{\text{Wirkleistung,gesamt}} = 1 - \left(1 - \frac{0,5\%}{100\%}\right) * \left(1 - \frac{1,5\%}{100\%}\right)$$

$$\underline{\underline{u_{\text{Wirkleistung,gesamt}} = 1,99\%}}$$

Tab. 5.12: Messunsicherheit Schütz

Bezeichnung	Einheit	Messbereich	Messunsicherheit
Spannung	V	10...120% U _N	± 0,5% von U _N
Strom	A	10...200% I _N	± 0,5% von I _N
Wirkleistung	W	0...120% S _N	± 1% von S _N

Werden die Fehlergrenzen auf die Einspeise-, und Verbrauchsmessungen der Plausibilitätskontrolle angewendet, ergeben sich folgende Abweichungen:

Messabweichungen KE61

Einspeisung: 1.549.512 kWh/a

Verbrauch: $1.553.246 \pm 15.532$ kWh/a

Somit liegt die maximale Differenz mit -1,24% leicht außerhalb der Fehlergrenzen, die minimale Differenz mit 0,76% innerhalb der Fehlergrenzen.

Messabweichungen KE10

Einspeisung: $66.210.986 \pm 668.126$ kWh/a

Verbrauch: $65.455.625 \pm 654.556$ kWh/a

Die maximale Differenz liegt mit 3,11% weit außerhalb der Fehlergrenzen, die minimale Differenz mit -0,87% innerhalb der Fehlergrenzen.

Messabweichungen DE01

Einspeisung: $37.915.984 \pm 300.666$ kWh/a

Verbrauch: $39.533.056 \pm 395.331$ kWh/a

Eine Überschneidung der Einspeise- und Verbrauchsmessung liegt selbst unter Berücksichtigung der Messabweichungen nicht vor. Im besten Fall:

Einspeisung: $37.915.984 \text{ kWh/a} + 300.666 \text{ kWh}$ und

Verbrauch: $39.533.056 \text{ kWh/a} - 395.331 \text{ kWh}$

liegt noch eine Differenz von -921.095 kWh/a , bzw. -2,41% vor.

Es konnte nicht abschließend geklärt werden, welche der Messungen für diese Abweichungen verantwortlich sind. Es wird empfohlen die Messungen des Verbraucherkreises „DE01“ noch einmal gesondert zu überprüfen. Für die Analyse der Einzelaggregate wurde diese Abweichung ignoriert, da diese mit Simeas P Einzelmessungen versehen sind und die Ursache für die Abweichung in den Erzeugungsmessungen der Eigenerzeugungsanlagen und der Rückeinspeisung aus dem Verbraucherkreis „KE10“ vermutet wird.

5.6 Energiebilanz des IST-Zustands

Die Plausibilitätskontrolle in Kapitel 5.4 stellt im selben Moment auch die Energiebilanz der elektrischen Energie dar. In den Tabellen 5.1, 5.4 und 5.7 ist der Bezug (EVU und Eigenerzeugungsanlagen) dem Verbrauch des Klärwerks gegenüber gestellt.

5.7 Bestimmung der anlagenspezifischen Idealwerte

Die anlagenspezifischen Vergleichswerte wurden nach den Ansätzen des Arbeitsblattes DWA-A 216 berechnet. Das Ziel der Vergleichswerte nach DWA-A 216 ist nicht einen Vergleichswert, der für jegliche Abwasserreinigungsanlagen gültig ist. Vielmehr werden Betriebsparameter bzw. Einflussfaktoren der zu untersuchenden Kläranlage, die maßgeblich den Energieverbrauch beeinflussen, wie die gewählte Verfahrenstechnik, die Betriebsführung und weitere anlagenspezifische Gegebenheiten berücksichtigt und so einen anlagenspezifischen Vergleichswert berechnet. Somit stellen die anlagenspezifischen Vergleichswerte in erste Linie eine quantitative Beschreibung dieser Einflussfaktoren dar. Im folgenden sind die Berechnungen der anlagenspezifischen Vergleichswerte beispielhaft für die Hauptverbraucher des Klärwerks Hamburg dargestellt. Weiterhin werden in diesem Kapitel nur die Berechnungsschritte und evtl. Besonderheiten, die bei der Berechnung zu berücksichtigen waren, erläutert. Die Bewertung bzw. der Vergleich der anlagenspezifischen Vergleichswerte mit den Verbrauchswerten des IST-Zustandes erfolgt im nächsten Kapitel. Für alle Berechnungen wurden die Berechnungsansätze des Regelwerks DWA-A 216 verwendet. Das Regelwerk macht weiterhin auch Vorschläge für geeignete Wirkungsgrade und spezifische Energieverbräuche der jeweiligen Aggregate. Unter der Annahme, dass eine Kläranlage zum großen Teil unter Teillast betrieben wird, schlägt das Regelwerk vor, Wirkungsgrade aus dem unteren Bereich, der im Anhang des Regelwerks vorgeschlagenen Wirkungsgradbereiche, zu verwenden. Aus diesem Grund wurde bei den folgenden Berechnungen für alle Motorwirkungsgrade ein Wert von 0,9 und für alle Pumpenwirkungsgrade der jeweils pumpenspezifische niedrigste Wert gewählt. Für alle Aggregate, die mit einem Frequenzumrichter betrieben werden, wurde zusätzlich ein Wirkungsgrad $\eta_{FU} = 0,95$ berücksichtigt.

5.7.1 Anlagenspezifischer Idealwert: Zulaufpumpwerk PwH

$$E_{PW} = \frac{Q_{PW} * h * e_{spez,Pumpe} * 1 \text{ kWh}}{1000 \text{ Wh}} \quad (5.2)$$

$$= \frac{Q_{PW} * h * 2,7 \text{ Wh}/(\text{m}^3 * \text{m}) * 1 \text{ kWh}}{\eta_{Pumpe} * \eta_{Motor} * \eta_{FU} * 1000 \text{ Wh}} \quad (5.3)$$

Dieser Berechnungsansatz basiert auf der Annahme, dass eine ideale Pumpe einen spezifischen Energiebedarf von $e_{spez,Pumpe} = 2,7 \text{ Wh}/(\text{m}^3 * \text{m})$ hat.

Der Wirkungsgrad für eine Mehrkanalradpumpe wird im Regelwerk mit 0,7-0,82 angegeben. Die geförderte Abwassermenge wurde aus der Durchflussmessung ermittelt. Die Förderhöhe wurde wie in Kapitel 4.5, Abschnitt „spezifischer Stromverbrauch Pumpwerk (PwH)“ berechnet.

Mit Formel 5.3 folgt:

$$E_{PW,PwH} = \frac{30.086.194 \text{ m}^3/\text{a} * 7,59 \text{ m} * 2,7 \text{ Wh}/(\text{m}^3 * \text{m})}{0,7 * 0,90 * 0,95 * 1000}$$

$$\underline{E_{PW,PwH}} = \underline{1.030.169 \text{ kWh/a}}$$

$$\underline{E_{PW,PwH}} = \underline{4,51 \text{ Wh}/(\text{m}^3 * \text{m})}$$

$$\underline{E_{PW,PwH}} = \underline{34,24 \text{ Wh}/\text{m}^3}$$

5.7.2 Anlagenspezifischer Idealwert: Zulaufpumpwerk Kö-Süd, Schneckenpumpen

Der Wirkungsgrad für eine Schneckenpumpenpumpe wird im Regelwerk mit 0,7-0,80 angegeben. Die geförderte Abwassermenge wurde aus der Durchflussmessung im Zulauf K"ö-Süd ermittelt. Die Förderhöhe wurde wie in Kapitel 4.5, Abschnitt „spezifischer Stromverbrauch Pumpwerk (Kö-Süd, Schneckenpumpen)“ berechnet. Da die jeweils erste Pumpe einer jeden Kaskade mit einem FU¹ betrieben wird, wurde der FU-Wirkungsgrad für die Hälfte der Förderhöhe berücksichtigt.

Mit Formel 5.3 folgt:

$$E_{PW,KS,SP} = \frac{90.384.938 \text{ m}^3/\text{a} * 9,43 \text{ m} * 2,7 \text{ Wh}/(\text{m}^3 * \text{m})}{0,70 * 0,90 * 0,95 * 1000} + \frac{90.384.938 \text{ m}^3/\text{a} * 9,43 \text{ m} * 2,7 \text{ Wh}/(\text{m}^3 * \text{m})}{0,70 * 0,90 * 1000} \quad (5.4)$$

$$\underline{E_{PW,KS,SP}} = \underline{7.497.940 \text{ kWh/a}}$$

$$\underline{E_{PW,KS,SP}} = \underline{4,40 \text{ Wh}/(\text{m}^3 * \text{m})}$$

$$\underline{E_{PW,KS,SP}} = \underline{82,96 \text{ Wh}/\text{m}^3}$$

5.7.3 Anlagenspezifischer Idealwert: Zulaufpumpwerk Kö-Süd, Kreiselpumpen

Der Wirkungsgrad für eine Mehrkanalradpumpe wird im Regelwerk mit 0,7-0,82 angegeben. Die geförderte Abwassermenge wurde aus der Durchflussmessung ermittelt. Die Förderhöhe wurde wie in Kapitel 4.5, Abschnitt „spezifischer Stromverbrauch Pumpwerk (Kö-Süd, Kreiselpumpen)“ berechnet. Wie bereits erwähnt, lässt die kurze Betriebsdauer des Pumpwerks nur eine eingeschränkte Aussage zu.

1 Frequenzumrichter

Mit Formel 5.3 folgt:

$$E_{PW,KS,KP} = \frac{142.215 \text{ m}^3/\text{a} * 16,55 \text{ m} * 2,7 \text{ Wh}/(\text{m}^3 * \text{m})}{0,70 * 0,90 * 0,95 * 1000}$$

$$\underline{E_{PW,KS,KP}} = \underline{10.618 \text{ kWh/a}}$$

$$\underline{E_{PW,KS,KP}} = \underline{5,51 \text{ Wh}/(\text{m}^3 * \text{m})}$$

$$\underline{E_{PW,KS,KP}} = \underline{74,66 \text{ Wh}/\text{m}^3}$$

5.7.4 Anlagenspezifischer Idealwert: Zulaufpumpwerk Dradenau

Der Wirkungsgrad für eine Rohrgehäusepumpe wird im Regelwerk mit 0,80-0,90 angegeben. Es gibt keinen FU-Betrieb, so dass der FU-Wirkungsgrad aus der Formel 5.3 entfällt. Die geförderte Abwassermenge wurde aus der Durchflussmessung ermittelt. Die Förderhöhe wurde wie in Kapitel 4.5, Abschnitt „spezifischer Stromverbrauch Pumpwerk Dradenau“ berechnet.

Mit Formel 5.3 folgt:

$$E_{PW,DR} = \frac{136.365.700 \text{ m}^3/\text{a} * 3,46 \text{ m} * 2,7 \text{ Wh}/(\text{m}^3 * \text{m})}{0,80 * 0,90 * 1000} \quad (5.5)$$

$$\underline{E_{PW,DR}} = \underline{1.769.345 \text{ kWh/a}}$$

$$\underline{E_{PW,DR}} = \underline{3,75 \text{ Wh}/(\text{m}^3 * \text{m})}$$

$$\underline{E_{PW,DR}} = \underline{12,98 \text{ Wh}/\text{m}^3}$$

5.7.5 Anlagenspezifischer Idealwert: Belüftung

Der Energieverbrauch der Belüftung in der biologischen Reinigung einer Kläranlage hängt von dem Sauerstoffbedarf ab. Der Sauerstoffverbrauch der Belüftung setzt sich zusammen aus dem Verbrauch der Kohlenstoffelimination (einschließlich endogener Atmung), dem Bedarf für die Nitrifikation sowie der Einsparung an Sauerstoff aus der Denitrifikation. [DWA09]

Der Energieverbrauch der Belüftung berechnet sich nach [KEK13] mit Formel:

$$E_{Bel} = \frac{SOTR * t}{SAE} \quad (5.6)$$

Mit:

$SOTR$ Standard Sauerstoffzufuhr in kg O₂/h

SAE Standard Sauerstoffertrag in kg O₂/kWh

t Dauer der Belüftung in h/a

$SOTR$ (Standard Oxygen Transfer Rate) in kg/h ist die Masse (kg) an Sauerstoff, die von einer Belüftungseinrichtung beim Sauerstoffgehalt von $C = 0$ mg/l, bei einer Wassertemperatur von $T_W = 20^\circ\text{C}$ und atmosphärischem Normaldruck ($p_N = 1,013$ hPa) in einer Stunde in einem mit Reinwasser gefüllten Becken bestimmter Größe (V in m³) gelöst wird. [KA-13]

$$SOTR = OV_h * \frac{f_d * C_{s,20}}{(f_d * C_{s,T} - C_x) * \Theta^{T-20^\circ\text{C}} * \alpha} \quad (5.7)$$

Mit:

α -Wert Grenzflächenfaktor

$\Theta^{T-20^\circ\text{C}}$ $1,024^{T-20^\circ\text{C}}$ = Temperaturkorrektur Belüftungskoeffizient

f_d $1 + h_d/150$ (Tiefenfaktor Oberflächenbelüftung)

f_d $1 + h_d/20,7$ (Tiefenfaktor Druckbelüftung)

h_d Eintauchtiefe (Oberflächenbelüftung), Einblaßtiefe(Druckbelüftung)

OV_h Mittlerer stündlicher Sauerstoffverbrauch im Jahresmittel

$C_{s,20}$ Sauerstoffsättigungskonzentration bei 20°C

$C_{s,T}$ Sauerstoffsättigungskonzentration bei $T_W^\circ\text{C}$

T_W Maßgebende Wassertemperatur im Belebungsbecken

C_x Sauerstoffkonzentration im Belebungsbecken.

Der mittlere stündliche Sauerstoffverbrauch im Jahresmittel wird mit Formel 5.8 berechnet.

$$OV_h = \frac{f_c * (OV_{d,C} - OV_{d,D}) + f_N * OV_{d,N}}{24} \quad (5.8)$$

Mit:

f_c	Stoßfaktor für die Kohlenstoffatmung
$OV_{d,C}$	Mittlerer täglicher Sauerstoffverbrauch für die Kohlenstoffatmung im Jahresmittel
$OV_{d,D}$	Mittlerer täglicher Sauerstoffverbrauch für die Kohlenstoffelimination, der durch die Denitrifikation gedeckt wird, im Jahresmittel
f_N	Stoßfaktor für die Ammoniumoxidation
$OV_{d,N}$	Mittlerer täglicher Sauerstoffverbrauch der Nitrifikation im Jahresmittel

Laut [KA 00] wird für die Nitrifikation der Sauerstoffverbrauch mit 4,3 kg O₂ pro kg oxidiertem Stickstoffs unter der Berücksichtigung des Stoffwechsels der Nitrifikation angenommen und mit Formel 5.9 berechnet:

$$OV_{d,N} = Q_d * 4,3 * \frac{S_{NO3,D} - S_{NO3,ZB} + S_{NO3,AN}}{1000} \quad (5.9)$$

Mit:

Q_d	Mittlerer täglicher Abwasserzufluss bei Trockenwetter
$S_{NO3,D}$	Zu denitrifizierender Nitratstickstoff
$S_{NO3,ZB}$	Konzentration des Nitratstickstoffs in der filtrierten Probe als N, im Zulauf der Belebung
$S_{NO3,AN}$	Konzentration des Nitratstickstoffs in der filtrierten Probe als N, im Ablauf der Nachklärung

Laut [KA 00] wird bei der Denitrifikation für den Kohlenstoffabbau mit 2,9 kg O₂ pro kg denitrifiziertem Stickstoff gerechnet. Somit berechnet sich der mittlere tägliche Sauerstoffverbrauch für die Kohlenstoffelimination, der durch die Denitrifikation gedeckt wird nach, Formel 5.10:

$$OV_{d,D} = Q_d * 2,9 * \frac{S_{NO3,D}}{1000} \quad (5.10)$$

Bei einem Verhältnis von $C_{CSB,ZB}/C_{BSB,ZB} \leq 2,2$ muss der Sauerstoffverbrauch der Kohlenstoffelimination mit Hilfe des CSB nach Anhang A2 und A3 des Regelwerks ATV-DVWK-A-131 berechnet werden. [KA 00]

Daraus folgt, dass der Sauerstoffverbrauch der Kohlenstoffelimination $OV_{d,C}$ mit Formel 5.11 berechnet wird:

$$OV_{d,C} = Q_d * \frac{C_{CSB,ZB} - S_{CSB,inert,AN} - X_{CSB,\ddot{U}S}}{1000} \quad (5.11)$$

Mit:

$C_{CSB,ZB}$	Konzentration CSB in der homogenisierten Probe im Zulauf der Belebung
$S_{CSB,inert,AN}$	Konzentration des inert gelösten CSB in der filtrierten Probe im Ablauf der Nachklärung
$X_{CSB,\ddot{U}S}$	Konzentration CSB des Filtrerrückstands im Überschussschlamm

Der gelöste inert CSB im Ablauf der Nachklärung $S_{CSB,inert,AN}$ und die Konzentration CSB im Zulauf der Belebung $C_{CSB,ZB}$ werden auf dem Klärwerk Hamburg messtechnisch ermittelt. Die Konzentration CSB des Filtrerrückstands im Überschussschlamm $X_{CSB,\ddot{U}S}$ wird auf dem Klärwerk Hamburg nicht messtechnisch ermittelt und muss daher mit Hilfe der CSB-Bilanz nach Anhang A2, ATV-DVWK-A 131 berechnet werden.

Der als CSB gemessene, produzierte Schlamm ($X_{CSB,\ddot{U}S}$) setzt sich aus dem inerten partikulären Zulauf-CSB, der gebildeten Biomasse ($X_{CSB,BM}$) und den vom endogenen Zerfall der Biomasse verbliebenen inerten Feststoffen ($X_{CSB,BM,inert}$) zusammen und berechnet sich nach Formel 5.12:

$$X_{CSB,\ddot{U}S} = X_{CSB,inert,ZB} + X_{CSB,BM} + X_{CSB,BM,inert} \quad (5.12)$$

Der CSB im Zufluss zu einer biologischen Anlage lässt sich in die gelöste und die partikuläre Fraktion unterteilen und lässt sich somit mit der Formel 5.13 beschreiben.

$$C_{CSB,ZB} = S_{CSB,ZB} + X_{CSB,ZB} \quad (5.13)$$

Jede der beiden Fraktionen besteht aus einer abbaubaren und einer inerten Fraktion:

$$C_{CSB,ZB} = S_{CSB,abb,ZB} + S_{CSB,inert,ZB} + X_{CSB,abb,ZB} + X_{CSB,inert,ZB} \quad (5.14)$$

Die gelöste inerte Fraktion kann näherungsweise mit der gelösten Ablaufkonzentration gleichgesetzt werden:

$$S_{CSB,inert,ZB} = S_{CSB,inert,AN} \quad (5.15)$$

Der inerte Teil des partikularen CSB kann als Anteil des gesamten partikularen CSB geschätzt werden:

$$X_{CSB,inert,ZB} = A * (C_{CSB,ZB} - S_{CSB,ZB}) \quad (5.16)$$

Der gelöste CSB im Zulauf der Belebung besteht wie oben beschrieben aus der abbaubaren und der partikularen Fraktion:

$$S_{CSB,ZB} = S_{CSB,abb,ZB} + S_{CSB,inert,ZB} \quad (5.17)$$

Sowohl $S_{CSB,abb,ZB}$, als auch $S_{CSB,inert,ZB}$ werden nicht messtechnisch ermittelt. Laut [KA 00] wurde die organische Trockensubstanz im Zulauf mit 1,45 g CSB/g oTS ermittelt. Mit dieser Annahme kann der Wert für $S_{CSB,ZB}$ mit Formel 5.18 abgeschätzt werden.

$$S_{CSB,ZB} = -(X_{TS,ZB} * 1,45 * (1 - B)) + C_{CSB,ZB} \quad (5.18)$$

Für die Bildung und den endogenen Zerfall des Schlammes gilt der folgende Zusammenhang:

$$X_{CSB,BM} = C_{CSB,abb,ZB} * Y * \frac{1}{1 + b * t_{TS} * F_T} \quad (5.19)$$

Mit:

$C_{CSB,abb,ZB}$	Konzentration des abbaubaren CSB in der homogenisierten Probe im Zulauf der Belebung
b	Zerfallskoeffizient
Y	Ertragsfaktor
F_T	Temperaturfaktor für die endogene Atmung
t_{TS}	Schlammalter bezogen auf V_{BB}
V_{BB}	Volumen des Belebungsbeckens.

Mit den oben beschriebenen Zusammenhängen und der Formel 5.14, kann $C_{CSB,abb,ZB}$ mit der Formel 5.20 beschrieben werden.

$$C_{CSB,abb,ZB} = C_{CSB,ZB} - S_{CSB,inert,AN} - X_{CSB,inert,ZB} \quad (5.20)$$

Nach [KA 00] kann unter der Annahme, dass die vom endogenen Zerfall verbleibende inerten Feststoffe ca 20% der zerfallenden Biomasse betragen, $X_{CSB,inert,BM}$ mit der Formel 5.21 berechnet werden.

$$X_{CSB,inert,BM} = 0,2 * X_{CSB,BM} * t_{TS} * b * F_T \quad (5.21)$$

Anlagenspezifischer Idealwert: Belüftung Kö-Süd

Mit messtechnisch ermittelten Jahresmittelwerten für $X_{TS,ZB}$, $C_{CSB,ZB}$ und $B = 0,2$ (für vorgeklärtes Abwasser, [KA 00]) folgt aus Formel 5.18:

$$S_{CSB,ZB} = -(163,03 \text{ mg/l} * 1,45 * (1 - 0,2)) + 711,37 \text{ mg/l}$$

$$\underline{\underline{S_{CSB,ZB} = 522,26 \text{ mg/l}}}$$

Mit Formel 5.16 und $A = 0,25$ für kommunales Abwasser ([KA 00]) folgt:

$$X_{CSB,inert,ZB} = 0,25 * (711,37 \text{ mg/l} - 522,26 \text{ mg/l})$$

$$\underline{\underline{X_{CSB,inert,ZB} = 47,28 \text{ mg/l}}}$$

Mit messtechnisch ermittelten Jahresmittelwerten für $S_{CSB,inert,AN}$ und $C_{CSB,ZB}$ folgt aus Formel 5.20:

$$C_{CSB,abb,ZB} = 711,37 \text{ mg/l} - 161,51 \text{ mg/l} - 47,28 \text{ mg/l}$$

$$\underline{\underline{C_{CSB,abb,ZB} = 502,58 \text{ mg/l}}}$$

Das Schlammalter t_{TS} für die Belebung in Kö-Süd kann mit Formel 5.22 berechnet werden.

$$t_{TS} = \frac{V_{BB} * TS_{BB}}{Q_{\dot{U}S,SP12} * TS_{\dot{U}S,SP12} - Q_{\dot{U}S,DR,KS} * TS_{\dot{U}S,DR,KS}} \quad (5.22)$$

Für Berechnung des Schlammalters muss berücksichtigt werden, dass ein Teil des Überschussschlammes aus Dradenau in den Zulauf der Belebung Kö-Süd geleitet wird.

Der Anteil, der in die Belebung eingeleitet wird, ergibt sich mit Formel 5.23:

$$Q_{\dot{U}S,DR,KS} = Q_{\dot{U}S,DR} - (Q_{\dot{U}S,UE10} - Q_{\dot{U}S,SP12}) \quad (5.23)$$

Mit:

$Q_{\dot{U}S,DR,KS}$	Volumenstrom Überschussschlamm aus Dradenau im Zulauf der Belebung Kö-Süd
$Q_{\dot{U}S,DR}$	Volumenstrom Überschussschlamm aus Dradenau gesamt
$Q_{\dot{U}S,UE10}$	Volumenstrom Überschussschlamm im Zulauf UE10 ¹
$Q_{\dot{U}S,SP12}$	Volumenstrom Überschussschlamm SP12 ² , entspricht der abgezogenen Menge an Überschussschlamm aus der Belebung Kö-Süd

Daraus folgt:

$$Q_{\dot{U}S,DR,KS} = 639,86 \text{ m}^3/\text{h} - (874,79 \text{ m}^3/\text{h} - 544,24 \text{ m}^3/\text{h})$$

$$Q_{\dot{U}S,DR,KS} = 309,31 \text{ m}^3/\text{h}$$

Mit Formel 5.22 folgt:

$$t_{TS} = \frac{36.650 \text{ m}^3 * 2,85 \text{ kg/m}^3}{544,24 \text{ m}^3/\text{h} * 6,28 \text{ kg/m}^3 - 309,31 \text{ m}^3/\text{h} * 6,99 \text{ kg/m}^3} * \frac{1}{24 \text{ h/d}}$$

$$\underline{t_{TS} = 3,47 \text{ d}}$$

Mit dem berechnetem Schlammalter, $b = 0,17 \text{ d}^{-1}$, $Y = 0,67$ und

$$F_T = 1,072^{T-15^\circ\text{C}} \quad (5.24)$$

[KA 00]

folgt aus Formel 5.19

$$X_{CSB,BM} = 502,58 \text{ mg/l} * 0,67 * \frac{1}{1 + 0,17 \text{ d}^{-1} * 3,47 \text{ d} * 1,072^{(17^\circ\text{C}-15^\circ\text{C})}}$$

$$\underline{X_{CSB,BM} = 200,68 \text{ mg/l}}$$

Mit Formel 5.12 folgt:

$$X_{CSB,\dot{U}S} = 47,28 \text{ mg/l} + 200,68 \text{ mg/l} + (0,2 * 200,58 \text{ mg/l} * 3,47 \text{ d} * 0,17 \text{ d}^{-1} * 1,072^{(17^\circ\text{C}-15^\circ\text{C})})$$

$$\underline{X_{CSB,\dot{U}S} = 275,17 \text{ mg/l}}$$

Der Sauerstoffverbrauch für die Kohlenstoffelimination kann nun nach Formel 5.11 berechnet werden.

$$OV_{d,C} = 161.264 \text{ m}^3/\text{d} * \frac{711,37 \text{ mg/l} - 161,51 \text{ mg/l} - 275,17 \text{ mg/l}}{1000}$$

$$\underline{OV_{d,C} = 44.297,61 \text{ kg O}_2/\text{d}}$$

Der zu denitrifizierende Nitratstickstoff wird mit Formel 5.25 berechnet.

$$S_{NO_3,D} = S_{NO_3,BA,ZL} - S_{NO_3,BA,AG} \quad (5.25)$$

$$S_{NO_3,D} = 77,94 \text{ mg/l} - 33,69 \text{ mg/l}$$

$$\underline{S_{NO_3,D} = 44,25 \text{ mg/l}}$$

Der Sauerstoffverbrauch für die Kohlenstoffelimination, der durch die Denitrifikation gedeckt wird, wird mit Formel 5.10 berechnet werden.

$$OV_{d,D} = 161.264 \text{ m}^3/\text{d} * 2,9 \text{ kg O}_2/\text{kg} * \frac{44,25 \text{ mg/l}}{1000}$$

$$\underline{OV_{d,D} = 20.694,20 \text{ kg O}_2/\text{d}}$$

Der Sauerstoffverbrauch für die Nitrifikation wird mit der Annahme, $S_{NO_3,ZB} = 0,0 \text{ mg/l}$ und mit Formel 5.9 berechnet.

$$OV_{d,N} = 161.264 \text{ m}^3/\text{d} * 4,3 \text{ kg O}_2/\text{kg} * \frac{44,25 \text{ mg/l} - 0 \text{ mg/l} + 7,20 \text{ mg/l}}{1000}$$

$$\underline{OV_{d,N} = 35.677,24 \text{ kg O}_2/\text{d}}$$

Für den mittleren stündlichen Sauerstoffverbrauch werden die Stoßfaktoren, nach [KEK13], auf $f_c = 1$ und $f_N = 1$ gesetzt. Somit ergibt sich der mittlere stündliche Sauerstoffverbrauch nach Formel 5.8:

$$OV_h = \frac{1 * (44.325,18 \text{ kg O}_2/\text{d} - 20.695,56 \text{ kg O}_2/\text{d}) + 1 * 35.679,51 \text{ kg O}_2/\text{d}}{24 \text{ h/d}}$$

$$\underline{OV_h = 2470,03 \text{ kg O}_2/\text{h}}$$

Mit dem mittleren stündlichen Sauerstoffverbrauch OV_h und den unten genannten Parametern kann die Standard Sauerstoffzufuhr $SOTR$ berechnet werden.

Sauerstoffkonzentration im Belebungsbecken $C_x = 1,20 \text{ mg/l}$
(Messwert)

Maßgebende Abwassertemperatur im Belebungsbecken (Messwert) Standard Sauerstoffertrag in $T = 17,00^\circ\text{C}$

Eintauchtiefe der Oberflächenbelüfter $h_d = 0,50 \text{ m}$

Grenzflächenfaktor (α -Wert) (Messwert) $\alpha = 0,95$

Sauerstoffsättigungskonzentration bei 20°C $C_{s,20} = 9,10 \text{ mg/l}$

$$f_d = 1 + h_d/150 \quad (5.26)$$

$$f_d = 1 + \frac{0,50}{150}$$

$$f_d = 1,003$$

$$C_{s,T} = \frac{2234,34}{(T + 45,93)^{1,31403}} \quad (5.27)$$

$$C_{s,T} = \frac{2234,34}{(17,00^\circ\text{C} + 45,93)^{1,31403}}$$

$$C_{s,T} = 9,67 \text{ mg/l}$$

Somit berechnet sich *SOTR* mit Formel 5.7 zu:

$$SOTR = 2470,03 \text{ kg O}_2/\text{h} * \frac{1,003 * 9,10 \text{ mg/l}}{(1,033 * 9,67 \text{ mg/l} - 1,20 \text{ mg/l}) * 1,024^{17^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}} * 0,95}$$

$$\underline{\underline{SOTR = 2899,18 \text{ kg O}_2/\text{h}}}$$

Der Standard Sauerstofftrag *SAE* ist ein aggregatabhängiger Parameter. Mit Oberflächenbelüftungssystemen (Kreisel und Walzen) kann unter günstigen Bedingungen eine Eintragseffizienz (*SAE*) von 1,8 (kg O₂)/kWh bis 2,0 (kg O₂)/kWh erreicht werden. Unter mittleren Verhältnissen liegt die Eintragseffizienz im Bereich von 1,6 (kg O₂)/kWh bis 1,8 (kg O₂)/kWh. [KA-13] Für die Berechnung wurde aufgrund von Alter der Aggregate und Betriebserfahrungen ein Wert von *SAE* = 1,8 (kg O₂)/kWh gewählt.

Aus Formel 5.6 folgt:

$$E_{Bel,KS} = \frac{2899,18 \text{ kg O}_2/\text{h} * 8760 \text{ h}}{1,8 \text{ (kg O}_2\text{)/kWh}}$$

$$\underline{\underline{E_{Bel,KS} = 14.109.343 \text{ kWh}}}$$

Anlagenspezifischer Idealwert: Belüftung Dradenau

Mit messtechnisch ermittelten Jahresmittelwerten für $X_{TS,ZB}$, $C_{CSB,ZB}$ und $B = 0,2$ (für vorgeklärtes Abwasser) folgt aus Formel 5.18:

$$S_{CSB,ZB} = -(249,89 \text{ mg/l} * 1,45 * (1 - 0,2)) + 504,71 \text{ mg/l}$$

$$\underline{\underline{S_{CSB,ZB} = 214,84 \text{ mg/l}}}$$

Mit Formel 5.16 und $A = 0,25$ für kommunales Abwasser folgt:

$$X_{CSB,inert,ZB} = 0,25 * (504,71 \text{ mg/l} - 214,84 \text{ mg/l})$$

$$\underline{X_{CSB,inert,ZB} = 72,47 \text{ mg/l}}$$

Mit messtechnisch ermittelten Jahresmittelwerten für $S_{CSB,inert,AN}$ und $C_{CSB,ZB}$ folgt aus Formel 5.20:

$$C_{CSB,abb,ZB} = 504,71 \text{ mg/l} - 53,42 \text{ mg/l} - 72,47 \text{ mg/l}$$

$$\underline{C_{CSB,abb,ZB} = 378,82 \text{ mg/l}}$$

Das Schlammalter für die Belegung in Dradenau beträgt $t_{TS} = 4 \text{ d}$ (Quelle: Hamburg Wasser).

Mit dem Schlammalter, $b = 0,17 \text{ d}^{-1}$, $Y = 0,67$ und

$$F_T = 1,072^{T-15^\circ\text{C}} \quad (5.28)$$

folgt aus Formel 5.19

$$X_{CSB,BM} = 378,82 \text{ mg/l} * 0,67 * \frac{1}{1 + 0,17 \text{ d}^{-1} * 4,0 \text{ d} * 1,072^{(17,69^\circ\text{C} - 15^\circ\text{C})}}$$

$$\underline{X_{CSB,BM} = 139,47 \text{ mg/l}}$$

Mit Formel 5.12 folgt:

$$X_{CSB,\ddot{U}S} = 72,47 \text{ mg/l} + 139,47 \text{ mg/l} + (0,2 * 139,47 \text{ mg/l} * 4 \text{ d} * 0,17 \text{ d}^{-1} * 1,072^{(17,69^\circ\text{C} - 15^\circ\text{C})})$$

$$\underline{X_{CSB,\ddot{U}S} = 234,81 \text{ mg/l}}$$

Der Sauerstoffverbrauch für die Kohlenstoffelimination, kann nun nach Formel 5.11 berechnet werden.

$$OV_{d,C} = 322.082 \text{ m}^3/\text{d} * \frac{504,71 \text{ mg/l} - 53,42 \text{ mg/l} - 234,81 \text{ mg/l}}{1000}$$

$$\underline{OV_{d,C} = 69.724,31 \text{ kg O}_2/\text{d}}$$

Der zu denitrifizierende Nitratstickstoff wird mit Formel 5.25 berechnet.

$$S_{NO_3,D} = S_{NO_3,BA,ZL} - S_{NO_3,BA,AG} \quad (5.29)$$

$$S_{NO_3,D} = 80,83 \text{ mg/l} - 13,53 \text{ mg/l}$$

$$\underline{S_{NO_3,D} = 67,30 \text{ mg/l}}$$

Der Sauerstoffverbrauch für die Kohlenstoffelimination der durch die Denitrifikation gedeckt wird, wird mit Formel 5.10 berechnet werden.

$$OV_{d,D} = 322.082 \text{ m}^3/\text{d} * 2,9 * \frac{67,31 \text{ mg/l}}{1000}$$

$$\underline{OV_{d,D} = 62.860,74 \text{ kg O}_2/\text{d}}$$

Der Sauerstoffverbrauch für die Nitrifikation wird mit der Annahme, $S_{NO_3,ZB} = 0,0 \text{ mg/l}$ und mit Formel 5.9 berechnet.

$$OV_{d,N} = 322.082 \text{ m}^3/\text{d} * 4,3 * \frac{67,31 \text{ mg/l} - 0 \text{ mg/l} + 10,12 \text{ mg/l}}{1000}$$

$$\underline{OV_{d,N} = 107.223,03 \text{ kg O}_2/\text{d}}$$

Für den mittleren stündlichen Sauerstoffverbrauch werden die Stoßfaktoren $f_c = 1$ und $f_N = 1$ gesetzt. Somit ergibt sich der mittlere stündliche Sauerstoffverbrauch nach Formel 5.8:

$$OV_h = \frac{1 * (69.722,25 \text{ kg O}_2/\text{d} - 62.868,86 \text{ kg O}_2/\text{d}) + 1 * 105.837,67 \text{ kg O}_2/\text{d}}{24 \text{ h/d}}$$

$$\underline{OV_h = 4754,03 \text{ kg O}_2/\text{h}}$$

Mit dem mittleren stündlichen Sauerstoffverbrauch OV_h und den unten genannten Parametern kann die Standard Sauerstoffzufuhr $SOTR$ berechnet werden.

Sauerstoffkonzentration im Belebungsbecken (Messwert)	$C_x = 2,05 \text{ mg/l}$
Maßgebende Abwassertemperatur im Belebungsbecken (Messwert)	Standard Sauerstoffertrag in $T = 17,69^\circ\text{C}$
Einblaßtiefe	$h_d = 4,80 \text{ m}$
Grenzflächenfaktor (α -Wert) (Messwert)	$\alpha = 0,70$
Sauerstoffsättigungskonzentration bei 20°C	$C_{s,20} = 9,10 \text{ mg/l}$

$$f_d = 1 + h_d/150$$

$$f_d = 1 + \frac{4,80}{20,70}$$

$$f_d = 1,23$$

$$C_{s,T} = \frac{2234,34}{(T + 45,93)^{1,31403}}$$

$$C_{s,T} = \frac{2234,34}{(17,69^\circ\text{C} + 45,93)^{1,31403}}$$

$$C_{s,T} = 9,53 \text{ mg/l}$$

Somit berechnet sich *SOTR* mit Formel 5.7 zu:

$$SOTR = 4695,46 \text{ kg O}_2/\text{h} * \frac{1,23 * 9,10 \text{ mg/l}}{(1,23 * 9,53 \text{ mg/l} - 2,05 \text{ mg/l}) * \Theta^{17,69^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}} * 0,70}$$

$$\underline{\underline{SOTR = 8302,17 \text{ kg O}_2/\text{h}}}$$

Der Standard Sauerstoffertrag *SAE* ist ein aggregatabhängiger Parameter. Mit Druckbelüftung kann bei flächendeckender Belegung unter günstigen Bedingungen eine Eintragungseffizienz (*SAE*) von 4,2 (kg O₂)/kWh bis 4,5 (kg O₂)/kWh erreicht werden. Unter mittleren Verhältnissen liegt die Eintragungseffizienz im Bereich von 3,3 (kg O₂)/kWh bis 3,4 (kg O₂)/kWh. [KA-13] Für die Berechnung wurde aufgrund von Betriebserfahrungen ein Wert von *SAE* = 4,3 (kg O₂)/kWh gewählt.

Aus Formel 5.6 folgt:

$$E_{Bel,DR} = \frac{8302,17 \text{ kg O}_2/\text{h} * 8760 \text{ h}}{4,3 (\text{kg O}_2)/\text{kWh}}$$

$$\underline{\underline{E_{Bel,DR} = 16.913.258 \text{ kWh}}}$$

5.7.6 Anlagenspezifischer Idealwert: Überschussschlammeindickung (Zentrifugen)

Der anlagenspezifische Idealwert „Überschussschlammeindickung“ beinhaltet die Elektrizitätsverbräuche der acht ÜS-Zentrifugen in der UE10.

Der anlagenspezifische Idealwert berechnet sich nach [KEK13]:

$$E = e_{spez} * Q_{\dot{U}S} \quad (5.30)$$

Mit:

e_{spez} Spezifischer Energiebedarf der Überschussschlammeindickung in kWh/m³

$Q_{\dot{U}S}$ Überschussschlammmenge in m³/a

Das Arbeitsblatt DWA-A 216 gibt einen Bereich für e_{spez} von 0,5 kWh/m³ – 1,3 kWh/m³ an. Dieser Wert wurde aus [Kün99] in das Arbeitsblatt übernommen. Auf dem Klärwerk Hamburg wird zur Verbesserung des Eindickungsgrads und der Zentratqualität dem Überschussschlamm ein Flockungshilfsmittel beigemischt. Die Beigabe von Flockungshilfsmittel verringert den Energieverbrauch, somit sollte für e_{spez} ein Wert aus dem unteren Bereich gewählt werden. [Kün99]

Für die Berechnung wurde die messtechnisch ermittelte Überschussschlammmenge $Q_{\dot{U}S} = 7.809.364 \text{ m}^3/\text{a}$, als Summe der pro Zentrifuge durchgesetzten Menge, herangezogen. Für den spezifischen Energiebedarf der Überschussschlammeindickung e_{spez} wurde ein Wert von 0,5 kWh/m³ gewählt.

Mit Formel 5.30 folgt:

$$E_{\dot{U}S} = 0,5 \text{ kWh/m}^3 * 7.809.364 \text{ m}^3/\text{a}$$

$$\underline{\underline{E_{\dot{U}S} = 3.904.682 \text{ kWh/a}}}$$

5.7.7 Anlagenspezifischer Idealwert: Faulschlammmentwässerung (Zentrifugen)

Der anlagenspezifische Idealwert "Faulschlammmentwässerung" beinhaltet die Elektrizitätsverbräuche der sechs Hochleistungs-Dekanterzentrifugen in der KETA¹.

Der anlagenspezifische Idealwert berechnet sich nach [KEK13]:

$$E = e_{spez} * Q_{FS} \quad (5.31)$$

Mit:

e_{spez} Spezifischer Energiebedarf der Faulschlammmentwässerung mit Zentrifugen, bei einem erreichbaren TS-Gehalt von 22-30%, in kWh/m³

Q_{FS} Faulschlammmenge in m³/a

Das Arbeitsblatt DWA-A 216 gibt einen Bereich für e_{spez} von 1,0kWh/m³ – 1,6kWh/m³ an. Für die Berechnung wurde die messtechnisch ermittelte zu entwässernde Faulschlammmenge $Q_{FS} = 1.372.971 \text{ m}^3/\text{a}$, als Summe der pro Zentrifuge durchgesetzten Menge, herangezogen. Der Austrags-TS-Gehalt im Betrieb liegt bei ca. 21%. Aus diesem Grund wurde der niedrigste Wert für den spezifischen Energiebedarf der Faulschlammmentwässerung e_{spez} von 1,0kWh/m³ gewählt. Die Zentrifugen werden mit einem FU betrieben, somit wurde die Formel 5.31 um den Wirkungsgrad der Frequenzumrichter ergänzt. Mit Formel 5.31 folgt:

$$E_{FS} = \frac{1,0 \text{ kWh/m}^3 * 1.372.971 \text{ m}^3/\text{a}}{0,95}$$

$$\underline{E_{FS}} = \underline{1.445.233 \text{ kWh/a}}$$

5.7.8 Anlagenspezifischer Idealwert: Rücklaufschlammförderung (Pumpwerk)

Das Rücklaufschlammumpwerk BA01SP30 auf dem Betriebsgelände Dradenau fördert den Schlamm aus dem Rücklaufschlamm-Kanälen Nord und Süd in den Zulauf der Belebung Dradenau. Der anlagenspezifische Idealwert wird nach den Berechnungsansätzen für Pumpen, Hebewerke nach [KEK13] durchgeführt. Die Rücklaufschlammmenge wurde über eine Durchflussmessung ermittelt. Die Förderhöhe wurde über die Jahresmittel der Niveaumessung im Pumpensumpf und dem Jahresmittel der Niveaumessung im Zulaufgerinne berechnet. Der Wirkungsgrad für Rohrgehäusepumpen mit einer maximalen Fördermenge von 1500l/s wird nach [KEK13] mit 0,70-0,80 angegeben.

1 Klärschlammmentwässerungs- und Trocknungsanlage

$$E_{PW,RSDR} = \frac{Q_{SP30} * h_{SP30} * 2,7 \text{ Wh}/(\text{m}^3 * \text{m}) * 1 \text{ kWh}}{\eta_{Pumpe} * \eta_{Motor} * 1000 \text{ Wh}} \quad (5.32)$$

Mit:

Q_{SP30} Rücklaufschlammmenge

Mit Formel 5.32 folgt:

$$E_{PW,RSDR} = \frac{208.035.793 \text{ m}^3/\text{a} * 2,1 \text{ m} * 2,7 \text{ Wh}/(\text{m}^3 * \text{m}) * 1 \text{ kWh}}{0,70 * 0,90 * 1000 \text{ Wh}}$$

$$\underline{\underline{E_{PW,RSDR} = 1.872.322 \text{ kWh/a}}} \quad (5.33)$$

Alle weiteren Berechnungen der anlagenspezifischen Idealwerte sind im Anhang C aufgeführt. Die Ergebnisse sind in den Tabellen 5.13 bis 5.16 enthalten

Abbildung 5.3 zeigt die Verteilung des IST-Gesamtstromverbrauchs auf die verschiedenen Verfahrensstufen.

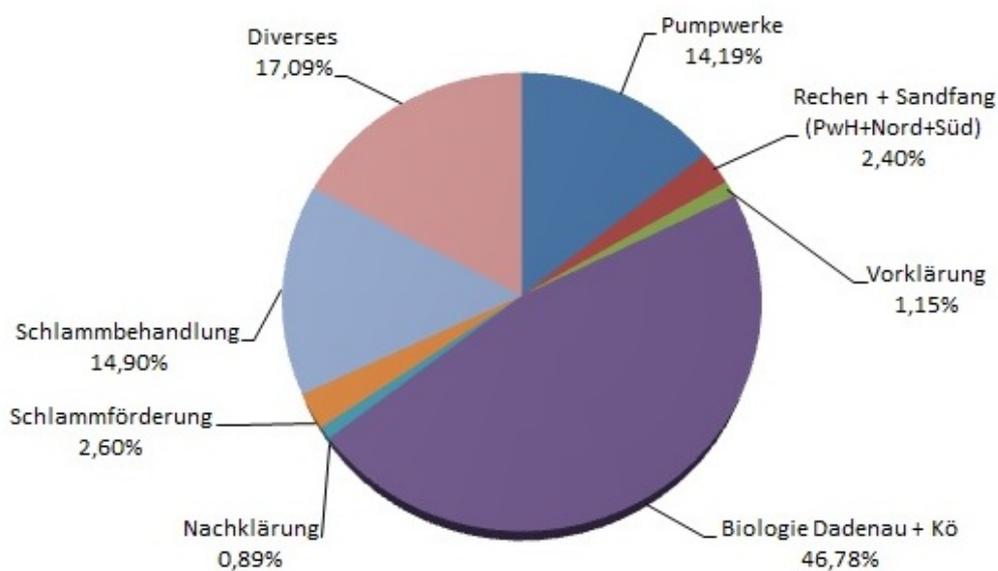


Abb. 5.3: Prozentualer Energieverbrauch der Verfahrensstufen

5.8 Bewertung des Ist-Zustands und Identifizierung von Maßnahmen

Für den Vergleich sind die realen Verbräuche den anlagenspezifischen Idealwerten gegenüber zu stellen. Es werden die prozentualen Abweichungen und die absoluten Einsparpotenziale ausgewertet. Wenn hier signifikante Abweichungen festgestellt werden, muss dieses Aggregat bzw. diese Aggregatgruppe weitergehend untersucht werden. Gegebenenfalls sind Maßnahmen zu entwickeln, die die Energieeffizienz verbessern und diese bestenfalls den anlagenspezifischen Idealwert unterschreiten. Tabelle 5.13 bis Tabelle 5.16 zeigen die Gegenüberstellungen von IST- und anlagenspezifischen Idealwert.

Für alle grün eingefärbten Aggregate bzw. Verfahrensstufen konnte der IST-Verbrauch durch Einzelmessungen und die für die Berechnung der anlagenspezifischen Idealwerte benötigten Betriebsparameter mit hinreichender Genauigkeit ermittelt werden.

Für alle orange eingefärbten Aggregate bzw. Verfahrensstufen konnte der IST-Verbrauch durch Einzelmessungen und die für die Berechnung der anlagenspezifischen Idealwerte benötigten Betriebsparameter nicht mit hinreichender Genauigkeit ermittelt werden. Somit sind diese Ergebnisse nur bedingt aussagekräftig. Auf die einzelnen Umstände wird im weiteren Verlauf eingegangen.

Für alle rot eingefärbten Aggregate bzw. Verfahrensstufen konnte der IST-Verbrauch nicht durch Einzelmessungen ermittelt werden. Zusätzlich konnten die für die Berechnung der anlagenspezifischen Idealwerte benötigten Betriebsparameter zum Teil nicht ermittelt werden und wurden durch Annahmen ergänzt. Diese Ergebnisse sind nicht aussagekräftig. Auf die einzelnen Umstände wird im weiteren Verlauf eingegangen.

Verfahrensschritt	IST Abso- lut kWh/a	IST spezi- fisch kWh/(EW* ^a)	IST spe- zifisch Wh/m ³	Anteil am Gesamt- verbrauch %	Anlagen spezifischer Idealwert kWh/a	Anlagen spezifischer Idealwert kWh/(EW* ^a)	Anlagen spezifischer Idealwert Wh/m ³	IST-Wert / anlagenspez. Idealwert %	Einsparpotenzial kWh/a
Zulaufhebwerke									
Einlaufhebwerk Kö-Süd (Schecken)	7.316.313	3,49	80,95	9,21%	7.497.940	3,57	82,96	97,58%	-181.627
Einlaufhebwerk Kö-Süd (Zweikanalradpumpen)	11.303	0,15	79,48	0,01%	10.618	0,14	74,66	106,46%	685
Einlaufhebwerk Kö-Nord (PwH)	1.210.076	2,60	40,22	1,52%	1.030.169	2,21	34,24	117,46%	179.907
Einlaufhebwerk Draudenau	2.772.394	2,00	20,33	3,49%	1.769.345	1,28	12,98	156,69%	1.003.049
Summe Einlaufhebwerk	11.310.086			14,24%					
Mechanische Stufe									
Rechen (PwH) inkl. Rechengut- presse, Rechengutwäsche, Lüfter	342.214	0,73	-	0,43%	186.372	0,20	-	183,62%	155842
Rechen + Sandfang (Kö-Nord)	393.091	0,84	-	0,49%	365.078	0,51	-	107,67%	28.013
Rechen (Kö-Süd) inkl. Nebenaggregate	1.055.592	0,50	-	1,33%	629.540	0,30	-	167,68%	426.052
Sandfang, belüftet (Kö-Süd)	123.700	0,06	-	0,16%	141.409	0,07	-	87,48%	-17.709
Vorklärung (Kö-Süd) inkl. Nebenaggregate	176.923	0,08	-	0,22%	35.040	0,02	-	504,92%	141.883
Vorklärung (Kö-Nord) inkl. PS-PW, PS-Erdickung, Schwimmschlamm-PW	737.556	1,04	-	0,93%	-	-	-	-	-
Summe Mechanische Stufe	2.829.076			3,57%					

Tab. 5.13: Vergleich IST-Wert und anlagenspezifischer Idealwert (Seite 01)

Verfahrensschritt	IST Absolut	IST spezifisch	IST spezifisch	Anteil am Gesamtverbrauch	Anlagen spezifischer Idealwert	Anlagen spezifischer Idealwert	Anlagen spezifischer Idealwert	IST-Wert / anlagenspez. Idealwert	Einsparpotenzial
-	kWh/a	kWh/(EW*a)	Wh/m ³	%	kWh/a	kWh/(EW*a)	Wh/m ³	%	kWh/a
Biologische Stufe									
Biologie Belüftung Kö-Stüd	15.558.081	-	-	19,59%	14.109.343	-	-	110,27%	1.448.738
Biologie Belüftung Dradenau	16.942.335	7,78	-	21,33%	16.913.258	7,77	-	100,17%	29.077
Biologie Umwälzung Kö-Stüd	662.923	-	-	0,83%	764.361	-	-	86,73%	-101.438
Biologie Umwälzung Dradenau	996.768	0,36	-	1,25%	614.952	0,22	-	162,09%	381.816
Biologie Rezirkulation Dradenau	993.848	0,46	-	1,25%	1.004.034	0,44	-	98,99%	-10.186
Rücklaufschlamm Kö-Stüd	296.183	-	-	0,37%	147.891	-	-	200,27%	148.292
Rücklaufschlamm Dradenau	1.838.654	0,84	-	2,31%	1.872.322	0,86	-	98,20%	-33.669
Summe Biologische Stufe	37.288.791			46,95%					
Nachklärung									
Nachklärung Kö-Stüd	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nachklärung Dradenau inkl. Nebenaggregate	711.509	0,33	-	0,90%	560.640	0,26	-	126,91%	150.869
Summe Nachklärung	711.509			0,90%					

Tab. 5.14: Vergleich IST-Wert und anlagenspezifischer Idealwert (Seite 02)

Verfahrensschritt	IST Abso- lut kWh/a	IST spezi- fisch kWh/(EW*a)	IST spe- zifisch Wh/m ³	Anteil am Gesamt- verbrauch %	Anlagen spezifischer Idealwert kWh/a	Anlagen spezifischer Idealwert kWh/(EW*a)	Anlagen spezifischer Idealwert Wh/m ³	IST-Wert / anlagenspez. Idealwert %	Einsparpotenzial kWh/a
Schlammförderung									
Überschussschlammumpfen Kö-Mitte	239.176	-	-	0,30%	203.826	-	-	117,34%	35.350
Überschussschlammumpfen Dradenau	951.841	0,44	-	1,20%	987.131	0,45	-	96,43%	-35.290
PS-PW (Kö-Süd)	90.934	0,04	-	0,11%	92.679	0,04	-	98,12%	-1.745
Rohschlammumpwerk (Kö- Nord)	681.172	0,24	-	0,86%	458.742	0,16	-	148,49%	222.430
Dosierpumpwerk	107.794	-	-	0,14%	100.318	-	-	107,45%	7.476
Summe Schlammförderung	2.070.917			2,61%					
Schlammbehandlung									
PS-Eindickung Kö-Süd inkl. Nebenaggregate	145.027	-	-	0,18%	92.281	-	-	157,16%	52.746
ÜS-Eindickung	3.942.849	-	-	4,96%	4.110.192	-	-	95,93%	-167.342
Umwälzpumpwerk (Faulung)	678.639	-	-	0,85%	475.996	-	-	142,57%	202.643
Mischer (Faulung)	1.155.041	-	-	1,45%	1.649.664	-	-	70,02%	-494.623
Durchmischung Faulbehälter (Mischer + Umälzung)	1.833.680	-	-	2,31%	2.125.660	-	-	86,26%	-291.980
Faulschlammwässerung	1.662.116	-	-	2,09%	1.445.233	-	-	115,01%	216.884
Faulschlammtrocknung	4.290.728	-	-	5,40%	-	-	-	-	-
Summe Schlammbehandlung	11.874.401			14,95%					

Tab. 5.15: Vergleich IST-Wert und anlagenspezifischer Idealwert (Seite 03)

Verfahrensschritt	IST Absolut	IST spezifisch	IST spezifisch	Anteil am Gesamtverbrauch	Anlagen spezifischer Idealwert	Anlagen spezifischer Idealwert	Anlagen spezifischer Idealwert	IST-Wert / anlagenspez. Idealwert	Einsparpotenzial
-	kWh/a	kWh/(EW*a)	Wh/m ³	%	kWh/a	kWh/(EW*a)	Wh/m ³	%	kWh/a
Diverses									
KETA ohne FS-Entwässerung und Trocknung	3.591.725	-	-	4,52%	-	-	-	-	-
Phosphatfällungsanlage (KE47NS01)	24.219	-	-	0,03%	-	-	-	-	-
KE41/42NS02 Nebenaggregate (Belebung Kö-Süd)	868.733	-	-	1,09%	-	-	-	-	-
KE46NS01 (Nachklärung Kö-Süd)									
KE45NS01 (Steuerung Schneckenpumpen) (Div. Abgänge)	396.584	-	-	0,50%	-	-	-	-	-
Zentraltropfen	72.207	-	-	0,09%	-	-	-	-	-
KE10NS01 (Nebenaggregate) (Heizung, Lüftung, etc.)	178.139	-	-	0,22%	-	-	-	-	-
KE12NS01 (Brauchwasser, Gala, Bega) (Klima- und Lüftungsanlage)	2.599.663	-	-	3,27%	-	-	-	-	-
Nebenaggregate Belüftung Dradenau	69.241	-	-	0,09%	-	-	-	-	-
Hochwasserpumpwerk Dradenau	1.349.137	-	-	1,70%	-	-	-	-	-
SAT-Anlage Nebenaggregate PW-Dradenau	4.472.318	-	-	5,36%	-	-	-	-	-
Summe Diverses	13.621.966			17,15%					
Summe Gesamt	79.706.747			100,35%	59.548.816				

Tab. 5.16: Vergleich IST-Wert und anlagenspezifischer Idealwert (Seite 04)

Aufgrund der Unsicherheiten bei der Ermittlung der IST-Werte, bzw. der Berechnung der anlagenspezifischen Idealwerte, werden für alle Aggregate und Verfahrensgruppen, die eine Überschreitung bis zu 10% aufweisen keine Maßnahmen erarbeitet.

Einlaufhebwerk Kö-Süd (Schnecken­tro­pumpen)

Der IST-Verbrauch der Schnecken­tro­pumpen ist ca. 2,4% geringer als der berechnete anlagenspezifische Idealwert. Es werden somit keine Maßnahmen abgeleitet.

Einlaufhebwerk Kö-Süd (Zweikanalradpumpen)

Der IST-Verbrauch der Zweikanalradpumpen ist ca. 6,5% größer als der berechnete anlagenspezifische Idealwert. Wie bereits erwähnt basiert die Datenbasis auf sehr wenigen Betriebsstunden und lässt somit keine belastbare Aussage zu. Beim Vergleich von Schnecken­tro­pumpen und Zweikanalradpumpen ist ein leichter „Vorteil“ im spezifischen Verbrauch von ca. $1,5 \text{ Wh/m}^3$ zu erkennen. Diese Entwicklung muss auf Grundlage von einer solideren Datenbasis noch bestätigt werden. Sollte sich diese Tendenz bestätigen, liegt in dem Betrieb der Zweikanalradpumpen anstatt der Schnecken­tro­pumpen ein Einsparpotenzial vor. Es werden keine Maßnahmen abgeleitet.

Einlaufhebwerk PwH (Zweikanalradpumpen)

Der IST-Verbrauch der Zweikanalradpumpen ist ca. 17,5% größer als der berechnete anlagenspezifische Idealwert. Es ergibt sich somit ein theoretisches absolutes Einsparpotenzial von ca. 179.900 kWh/a. Im Rahmen der Energieanalyse wurde festgestellt, dass die Niveaumessung im Druckturm keine Werte unterhalb von ca. 3 m erfassen kann. Weiterhin ist die Darstellung der Messung im Leitsystem „PSMX“ irreführend, da hier die Messung mit mNN bezeichnet ist, allerdings nur das absolute Niveau im Turm widerspiegelt. Die Sohle des Druckturms liegt auf ca. 3,6 mNN und müsste für eine korrekte Darstellung als Offset zu der Messung im PSMX addiert werden. Das PwH ist mit drei Zweikanalradpumpen mit einer Förderleistung von 2-mal $2 \text{ m}^3/\text{s}$ und einmal $1,2 \text{ m}^3/\text{s}$ ausgestattet. Im Trockenwetterfall wird nur die „kleinere“ der drei Pumpen betrieben. Im Jahresmittel liegt die zu fördernde Abwassermenge mit $0,72 \text{ m}^3/\text{s}$ unterhalb der maximalen Förderleistung, so dass die Pumpe im ungünstigerem Teillastbetrieb arbeitet. Aus betriebstechnischen Gründen muss die maximale Gesamtfördermenge bei $5,2 \text{ m}^3/\text{s}$ liegen, so dass ein Ersatz der Trockenwetterpumpe durch eine Pumpe mit geringerer maximaler Fördermenge nicht möglich ist. Betriebsintern bestehen Pläne zur Sanierung des Pumpwerks. Im Rahmen der Planungen sollte die maximale notwendige Förderleistung und der Einsatz von 2 „kleinen“ Trockenwetterpumpen überprüft werden. Es werden keine weiteren Maßnahmen abgeleitet.

Einlaufhebwerk Dradenau (Rohrgehäusepumpen)

Der IST-Verbrauch der Rohrgehäusepumpen ist ca. 57% höher als der berechnete anlagenspezifische Idealwert. Es ergibt sich ein theoretisches absolutes Einsparpotenzial von ca. 1.003.000 kWh/a. Aufgrund der Dükerverbindung vom „Schacht Köhlbrandhöft“ zum Pumpensumpf und der damit verbundenen Niveauregelung ist dieses Einsparpotenzial sehr wahrscheinlich nicht erreichbar. Im Rahmen der Instandhaltung liegen bei Herrn Bischoff Untersuchungen zur Modifizierung der Pumpen durch Direkt- oder FU-Antrieb vor. Im Rahmen dieser Untersuchung sollte das identifizierte Einsparpotenzial berücksichtigt werden. Es werden keine zusätzlichen Maßnahmen abgeleitet.

Rechen(PwH)

Die Antriebe der Rechen im PwH werden messtechnisch nicht einzeln erfasst. Der IST-Wert wurde aus der Wirkarbeitsmessung der Transformatoren KE61NS02: Trafo 1 und Trafo 2 ermittelt. Diese beiden Transformatoren versorgen die vier Hauptrechen, die drei Rechen des Regenauslasses, die gemeinsame Rechengutförderung/Rechengutpressung und diverse Nebenaggregate wie die Heizungs- und Lüftungsanlage. Der berechnete anlagenspezifische Idealwert bezieht sich auf die vier Hauptrechen inkl. der Rechengutförderung/Rechengutpressung. Ein Summenwert der anlagenspezifischen Idealwerte für alle restlichen angeschlossenen Aggregate, wie die Rechen des Regenauslasses und die Heizungs- und Lüftungsanlage konnte aufgrund fehlender Betriebsdaten nicht berechnet werden. Wie bereits im Anhang C auf Seite 99 im Zuge der Berechnung des anlagenspezifischen Idealwertes erwähnt wurde, liegt der Berechnung der höchste spezifische Energieverbrauch für Rechen zugrunde. Der Grund hierfür ist der Versuch die Rechen des Regenauslasses ansatzweise mit zu berücksichtigen. Trotz der signifikanten Abweichung von IST- und Idealwert, werden mit Bezug auf die oben genannten Gründe, keine Maßnahmen abgeleitet.

Rechen + Sandfang(Zulauf Kö-Nord)

Sowohl die Antriebe der Rechen und der Rechengutförderung/Rechengutpressung als auch die Aggregate des Sandfangs, wie die Gebläse der Belüftung und die Antriebe der Räumler, werden messtechnisch nicht einzeln erfasst. Die Versorgung dieser Verfahrensgruppe erfolgt über das Trafohaus „KE27“. Die zusätzlich angeschlossenen Nebenaggregate konnten aufgrund fehlender Dokumentation nicht ermittelt werden. Der im Vergleich angesetzte IST-Verbrauch ist die gesamte über die KE27NS01 erfasste Wirkarbeit. Der angesetzte Idealwert ist die Summe aus dem Idealwerte für Rechen und Rechengutförderung/Rechengutpressung und dem Idealwert für die Belüftung des Sandfangs. Der Vergleich zeigt eine Abweichung von ca. 8% zwischen IST- und Idealwert. Ein Hauptgrund wird in den fehlenden Anteilen der nicht berechneten Aggregate für den Summenparameter des Idealwertes vermutet. Interne betriebliche Planungen sehen eine Neukonzipierung der Rechen- und Sandfanganlage vor. Aus diesen Gründen werden keine weiteren Maßnahmen abgeleitet.

Rechen + Nebenaggregate (Zulauf Kö-Süd)

Der im Vergleich angesetzte IST-Wert ist die messtechnisch erfasste eingespeiste Wirkarbeit der Spannungsschiene „KE45NS01“, abzüglich der durch Strommessungen berechneten Wirkarbeit für die Belüftung des Sandfangs. Der IST-Wert umfasst demnach die Wirkarbeit für die Antriebe der Rechen und die Wirkarbeit für die Nebenaggregate(alle weiteren Aggregate die an die Spannungsschiene „KE45NS01“ angeschlossen sind), wie z.B. die Lüftungs- und Klimaanlage der Haustechnik und einen Luftwäscher. Für die Berechnung des Idealwertes wurde der kleinste spezifische Energieverbrauch für Rechen nach [KEK13] angewendet. Mit diesen Daten liegt der IST-Wert ca. 68% über dem Idealwert. Wenn zusätzlich berücksichtigt wird, dass der mit Nenndaten überschlägig berechnete Verbrauch der Nebenaggregate ca. 28% des IST-Verbrauches ausmacht, beträgt die Abweichung vom IST-Wert zum Idealwert nur noch ca. 20%.

Unter Verwendung des größten spezifische Energieverbrauchs für Rechen nach [KEK13] und ohne Berücksichtigung der Nebenaggregate, liegt der IST-Wert ca. 16% unter dem Idealwert. Diese Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass der IST-Verbrauch der Rechen innerhalb der nach[KEK13] gültigen Grenzen für den anlagenspezifischen Idealwert liegt. Aus diesem Grund werden keine Energie- und Verfahrensoptimierungen abgeleitet. Für die genauere Betrachtung im Rahmen zukünftiger Analysen wird die Installation von Wirkarbeitsmessungen für die Belüftung des

Sandfangs, die Rechenanlage (inkl. Rechengutförderung/Rechengutpressung) und die Klima- und Lüftungsanlage empfohlen und als Maßnahme aufgenommen.

Belüftung Sandfang (Zulauf Kö-Süd)

Der IST-Verbrauch der Gebläse ist ca. 13% geringer als der berechnete anlagenspezifische Idealwert. Es werden somit keine Maßnahmen abgeleitet. Es sei allerdings darauf hingewiesen, dass der IST-Verbrauch durch eine Strommessung und einer Annahme für den Leistungsfaktor ($\cos \phi$) berechnet wurde. Wie oben bereits beschrieben, wird für zukünftige genauere Betrachtungen die Installation einer Wirkarbeitsmessung als Maßnahme empfohlen.

Räumer Vorklärung + Nebenaggregate (Kö-Süd)

Der angesetzte IST-Verbrauch ist die Summe der Einspeisemessungen der Spannungsschienen KE41NS03 und KE42NS03, abzüglich des durch Wirkleistungsmessungen ermittelten Verbrauchs der zwei Exzentrerschneckenpumpen im Primärschlammumpwerk „KS10SE01SP01“. Weiterhin enthalten sind die vier Austragspumpen, die elektrische Beckenheizung, das Hydraulikaggregat der Schieber und der Lüfter im PS-PW¹ „KS10SE01SP01“. Die Abweichung von IST-Verbrauch zum anlagenspezifischen Idealwert liegt mit ca. +405% außerhalb des realistischen Bereichs und wird auf den beinhalteten Verbrauch der genannten Aggregate zurückgeführt. Auf Grund der großen Unsicherheiten innerhalb dieses Vergleichs werden keine Energie- und Verfahrensoptimierungen abgeleitet. Als Maßnahme wird die Installation einer Wirkarbeitsmessung für die vier Austragspumpen empfohlen.

Räumer Vorklärung + Nebenaggregate (Kö-Nord)

Die Räumer der Vorklärung Nord werden über das Trafohaus „KE20“ versorgt. Für die gesamte „KE20“ gibt es nur die Wirkarbeitsmessungen der Einspeisung in die Spannungsschiene „KE20NS01“ über die beiden Transformatoren „KE10MS02TR11“ und „KE10MS03TR12“. Somit beinhaltet der angesetzte IST-Wert den Verbrauch aller Aggregate, die über die „KE20“ versorgt werden. Angeschlossene Aggregate sind unter anderem die vier Exzentrerschneckenpumpen des PS-Eindickungs-PW „KN10SE02SP01/SP02“, die sechs Exzentrerschneckenpumpen des PS-PW „KN10VA02SP01/SP02“ sowie diverse Lüfter und andere Aggregate. Ein Summenparameter als Idealwert zu berechnen ist aufgrund der Vielzahl der angeschlossenen Aggregate, bzw. insbesondere aufgrund fehlender Betriebsparameter, wie Förderhöhe und Nenndaten nicht möglich. Da der Verbrauch der „KE20“ ca. 1% des Gesamtverbrauches ausmacht, wird als Maßnahme die Installation von Wirkarbeitsmessungen für alle relevanten Aggregate empfohlen.

Belüftung Biologie (Kö-Süd)

Der angesetzte IST-Verbrauch beinhaltet nicht den Verbrauch der pro Becken jeweils „ersten“ Oberflächenbelüftern, da diese nicht primär für die Belüftung, sondern für die Umrwälzung der Becken betrieben werden. Der so ermittelte IST-Verbrauch ist ca. 10% größer als der berechnete anlagenspezifische Idealwert. Wie bereits erwähnt, ist die Umrüstung auf Druckbelüftung intern in Planung und wird voraussichtlich 2017 umgesetzt. Es werden keine zusätzlichen Maßnahmen abgeleitet.

1 Pumpwerk

Belüftung Biologie (Dradenau)

Der angesetzte IST-Verbrauch beinhaltet den Verbrauch der fünf Turbogebläse. Der so ermittelte IST-Verbrauch entspricht dem berechneten anlagenspezifischen Idealwert. Es werden keine Maßnahmen abgeleitet.

Umwälzung Biologie (Kö-Süd)

Der angesetzte IST-Verbrauch beinhaltet den Verbrauch der pro Becken jeweils "ersten" Oberflächenbelüfter. Der so ermittelte IST-Verbrauch ist ca. 13% geringer als der berechnete anlagenspezifische Idealwert. Diese "Umwälzung" entspricht allerdings nicht einer Umwälzung nach [KEK13], womit der Vergleich nur bedingt aussagekräftig ist.

Umwälzung Biologie (Dradenau)

Der angesetzte IST-Verbrauch wurde über die Plausibilität der Spannungsschienen DE21NS01-DE24NS01 ermittelt. Durch die Unsicherheit in der Leistungsberechnung der Rezirkulationspumpen ist auch der IST-Verbrauch der Rührer für die Umwälzung mit einer Unsicherheit behaftet. Durch fehlende Daten der Betriebsstunden ist auch im Idealwert eine Unsicherheit vorhanden. Der mit diesen Wert durchgeführte Vergleich zeigt eine Abweichung des IST-Verbrauchs von +62% gegenüber dem Idealwert. Aufgrund der Unsicherheiten können keine Maßnahmen abgeleitet werden. Es wird empfohlen den Energieverbrauch der Rezirkulationspumpen aus den zuständigen FU's an Tebis anzubinden. Mit diesen Daten kann die Plausibilität der Spannungsschienen mit einer geringen Unsicherheit bestimmt werden und aus dieser auch der Verbrauch der Rührer, die für die Umwälzung zuständig sind, abgeleitet werden. Zusätzlich wird die Implementierung der Betriebsstundenerfassung der Rührer in Tebis empfohlen. So können mit sehr geringen Aufwand, Rührer und Rezirkulationspumpen, deren Verbrauch ca. 2,5% des Gesamtverbrauchs ausmachen, energetisch ausreichend genau analysiert werden.

Rezirkulation Biologie (Dradenau)

Der IST-Verbrauch der Propellerpumpen ist ca. 1% niedriger als der berechnete anlagenspezifische Idealwert. Es gelten die selben Empfehlung wie unter „Umwälzung Biologie (Dradenau)“ beschrieben.

Rücklaufschlammumpen (Kö-Süd)

Der angesetzte IST-Verbrauch wurde aus den Leistungsmessungen der drei Rohrgehäusepumpen ermittelt. Für die Berechnung des Idealwertes wurde die Förderhöhe aus einer einmaligen vor-Ort-Messung und den technischen Zeichnungen ermittelt und mit 0,5 m angesetzt. Der IST-Verbrauch ist ca. 100% höher als der berechnete anlagenspezifische Idealwert. Aufgrund der geringen geodätischen Förderhöhe und fehlenden Daten für die Reibungsverluste ist dieser Vergleich nur bedingt aussagekräftig. So würde z.B. der IST-Verbrauch dem Idealwert entsprechen, wenn die unbekannt Reibungsverluste und eine evtl. geringfügig größere geodätische Förderhöhe zusammen 0,5 m entsprechen. Aus diesem Grund werden keine Energie- und Verfahrensoptimierungen abgeleitet. Als Maßnahme wird die Installation einer Druckmessung Saug- und Druckseitig empfohlen. Mit den so gewonnen Daten kann die Förderhöhe ausreichend genau bestimmt werden.

Rücklaufschlammumpen (Dradeanu)

Der IST-Verbrauch der Rohrgehäusepumpen ist ca. 2% geringer als der berechnete anlagenspezifische Idealwert. Es werden somit keine Maßnahmen abgeleitet.

Nachklärung (Kö-Süd)

Ein Vergleich ist aufgrund fehlender Messdaten nicht möglich. Die gesamten Aggregate der Nachklärung werden über die Spannungsschiene „KE46NS01“ versorgt. Die Wirkarbeitsmessungen der beiden Einspeisungen in die Spannungsschiene haben bei ca. 6700 Messwerten zeitgleich einen Messwert von 0kWh, was bedeuten würde, dass die gesamte Nachklärung nicht in Betrieb ist. Somit sind ca. 75% der Messwerte unplausibel und es kann kein IST-Verbrauch für einen Vergleich ermittelt werden. Die Messungen, bzw. die Übertragung der Messwerte muss überprüft werden

Nachklärung (Dradenau)

Aufgrund fehlender Einzelmessungen der Räumler wurde der angesetzte IST-Verbrauch aus den Wirkarbeitsmessungen der Spannungsschienen „DE21NS21“ - „DE24NS21“ ermittelt. Somit beinhaltet der IST-Verbrauch zusätzlich zu den Räumern die Verbräuche der 64 Paddelwerke ($\dot{P}_N = 0,75\text{kW}$), der 64 Kipprinnen ($\dot{P}_N = 0,9\text{kW}$) und der 6 Schwimmschlammumpen ($\dot{P}_N = 5,5\text{kW}$). Diese zusätzlichen Aggregate werden täglich nur im Zeitraum von ca. 2 Stunden im Intervallbetrieb geschaltet.

Der IST-Verbrauch der Räumler ist ca. 4% höher als der berechnete anlagenspezifische Idealwert. Aufgrund der zusätzlich im IST-Verbrauch enthaltenen Aggregate ist davon auszugehen, dass der Verbrauch der Räumler dem Idealwert entspricht oder diesen sogar unterschreitet. Es werden keine Maßnahmen abgeleitet.

Es sei allerdings darauf hingewiesen, dass drei der vier Einspeisemessungen im Bereich zwischen 150.000kWh – 200.000kWh liegen. Die Messung „DE23NS21FE13MA01XP32“ allerdings nur bei ca. 40.000kWh. Diese Abweichung sollte noch einmal gesondert überprüft werden.

Überschussschlammumpen (Kö-Mitte)

Wie im Anhang C auf Seite 105 beschrieben, ist sowohl die Berechnung des IST-Wertes als auch die des Idealwertes mit einer nicht bestimmaren Unsicherheit behaftet. Der IST-Verbrauch der Kreiselpumpen ist ca. 17% höher als der berechnete anlagenspezifische Idealwert. Aufgrund der Unsicherheiten und dem aus diesem Vergleich geringem absoluten Einsparpotenzial von ca. 35.000kWh/a werden keine Maßnahmen abgeleitet. Es wird empfohlen die zwei Kreiselpumpen mit einer Wirkarbeitsmessung auszustatten. Somit könnte deren Verbrauch ausreichend genau bestimmt werden und mit der Einspeisemessung der Spannungsschiene „KE46NS01“ direkt der Verbrauch der Nachklärung ermittelt werden. Zusätzlich könnte mit einer saugseitigen Druckmessung und der bereits vorhandenen druckseitigen Messung die Förderhöhe für die Berechnung des Idealwertes bestimmt werden.

Überschussschlammumpen (Dradenau)

Der IST-Verbrauch der Schraubenzentrifugalradumpen ist ca. 4% geringer als der berechnete anlagenspezifische Idealwert. Es werden keine Maßnahmen abgeleitet.

Primärschlammumpen (Kö-Süd)

Der angesetzte IST-Verbrauch wurde aus den Leistungsmessungen der zwei Exzentrerschneckenpumpen ermittelt. Für die Berechnung des Idealwertes konnte aufgrund fehlender Druckmessungen die Förderhöhe nicht ermittelt werden. Für die Berechnung wurde die geodätische Förderhöhe anhand von Rohrleitungsplänen geschätzt. Die Abweichung vom IST-Verbrauch, zu dem mit den genannten Unsicherheiten berechnetem Idealwert, ist ca. -2%. Es werden keine Maßnahmen abge-

leitet. Durch die Installation einer saug- und druckseitigen Druckmessung könnte die Förderhöhe ausreichend genau bestimmt werden. Aufgrund des sehr niedrigen Anteils am Gesamtstromverbrauch von ca. 0,1% und dem damit verbundenen evtl. möglichem sehr geringem Einsparpotenzial wird hier keine Empfehlung für die Installation der Messung ausgesprochen.

Rohschlammumpen (Kö-Mitte)

Der angesetzte IST-Verbrauch wurde aus den Strommessungen der drei Schraubenzentrifugalradpumpen ermittelt. Aufgrund der Plausibilität der Spannungsschiene wurde ein Leistungsfaktor von $\cos \phi = 0,6$ angenommen. Betriebliche Erfahrungen haben gezeigt, dass die druckseitige Rohrleitung in Dosierpumpwerk ein Grund für hohe Reibungsverluste sein könnte. Mit einer Analyse der Druckverluste vor und nach einer Rohreinigung kann diese Annahme überprüft werden und bei signifikanten Unterschieden evtl. Maßnahmen erarbeitet werden. Der IST-Verbrauch der Schraubenzentrifugalradpumpen ist ca. 48% höher als der berechnete anlagenspezifische Idealwert. Die Unsicherheit der Strommessung, bzw. der Annahme des Leistungsfaktors kann durch die Plausibilität der Spannungsschiene eingegrenzt werden. Somit besteht hier ein Einsparpotenzial von ca. 185.000 kWh/a. Als Maßnahme wird empfohlen, die Pumpen mit einer Wirkleistungsmessung auszustatten und die Messung der Druckverluste zu überprüfen. Sollte sich die relativ große Abweichung bestätigen, so muss die Betriebsführung und die mögliche Optimierung der Aggregate untersucht werden.

Dosierpumpwerk

Der IST-Verbrauch der Exzentrerschneckenpumpen ist ca. 7% höher als der berechnete anlagenspezifische Idealwert. Aufgrund des geringen Anteil am Gesamtstromverbrauch und der Unsicherheit im Leistungsfaktor und der Mittlung des Druckverlustes über alle Pumpen werden keine Maßnahmen abgeleitet.

Primärschlammindickung (Süd)

Der angesetzte IST-Verbrauch wurde aus den beiden Wirkarbeitsmessungen der Einspeisung für die Spannungsschiene „KE15NS04“ ermittelt. Zusätzlich zu den sechs Exzentrerschneckenpumpen werden durch diese Spannungsschiene noch die vier Räumler und acht Lüfter der PS-Eindickung Süd versorgt. Die Förderhöhe für die Berechnung des Idealwertes wurde durch eine einmalige Vor-Ort-Ablesung der saug- und druckseitigen Manometer ermittelt und stellt somit „nur“ eine Momentaufnahme dar. Der IST-Verbrauch der Exzentrerschneckenpumpen ist ca. 57% höher als der berechnete anlagenspezifische Idealwert. Wie bereits beschrieben, liegt der reale IST-Verbrauch der Exzentrerschneckenpumpen niedriger als der angesetzte, da in diesem Vergleich auch die Wirkarbeit der Nebenaggregate enthalten ist. Die zusätzliche Unsicherheit in der Förderhöhe ermöglicht keine Ableitung energetischer- und verfahrenstechnischer Optimierungen. Interne in Planung befindliche Maßnahmen sind die Vergrößerung der Saugleitungsdurchmesser sowie regelmäßiges Spülen der Saugleitungen um den derzeitig vorherrschenden Unterdruck aufzuheben. Weiterhin sollen neue Räumler installiert werden. Zusätzlich wird für eine genauere Bestimmung der Förderhöhe die Anbindung der bereits vorhandenen Manometer an Tebis und die Installation einer Wirkarbeitsmessung der Nebenaggregate empfohlen.

Überschussschlammindickung (Kö-Mitte)

Der IST-Verbrauch der acht Zentrifugen ist ca. 4% geringer als der berechnete anlagenspezifische Idealwert. Es werden keine Maßnahmen abgeleitet.

Umwälzpumpwerk-Faulung (Kö-Mitte)

Der IST-Verbrauch der jeweils drei Schraubenzentrifugalradpumpen im UP¹01 und UP02 wurde mit Hilfe von Strommessungen der einzelnen Pumpen berechnet. Somit besteht zusätzlich zur Messabweichung eine Unsicherheit in der Annahme des Leistungsfaktor. Weiterhin wird die Messung der Pumpe 01 des UP01 nicht an Tebis weitergeleitet. Aus betrieblichen Gründen werden in jedem der beiden Pumpwerke zwei Pumpen gleichzeitig betrieben. Somit konnten die Betriebsstunden der Pumpe 01 (UP01) abgeleitet werden, indem der zeitgleiche Betrieb von Pumpe 02 und Pumpe 03 aus den Strommessungen ermittelt wurde. Mit Hilfe der so ermittelten Betriebsstunden für Pumpe 01 und der Annahme, dass diese der selben Betriebsführung wie Pumpe 02 und 03 unterliegt, wurde die Stromaufnahme von Pumpe 02/03 auf Pumpe 01 angewendet. Der so ermittelte IST-Verbrauch der sechs Schraubenzentrifugalradpumpen ist ca. 43% höher als der berechnete anlagenspezifische Idealwert. Aufgrund der Unsicherheiten in der Berechnung des IST-Verbrauches und des Idealwertes werden keine Energieeffizienz- und verfahrenstechnischen Optimierungen abgeleitet. Als Maßnahme wird empfohlen Wirkarbeitsmessungen für die sechs Pumpen zu installieren und den Energiebedarf der Pumpen weiter zu beobachten.

Mischer-Faulung (Kö-Mitte)

Der IST-Verbrauch der acht Mischer ist ca. 30% geringer als der berechnete anlagenspezifische Idealwert. Es werden keine Energieeffizienz- und verfahrenstechnischen Optimierungen abgeleitet. Zur Zeit werden in der Abteilung "Fachdienst Schlamm" Versuche zur Reihenschaltung der Faulbehälter durchgeführt. Im Rahmen dieser Versuche konnte festgestellt werden, dass aus theoretischer Sicht die Durchmischung der Faulbehälter, ohne Mischerbetrieb, nur durch das entstehende Faulgas sichergestellt werden kann. Aus betrieblicher Sicht muss diese Fahrweise noch weiter geprüft werden. Ein Betrieb der Faulung ohne Mischer würde ein Einsparpotenzial von ca. 1.150.000 kWh/a, bzw. ca. 1,4% des Gesamtverbrauches, beinhalten.

Faulschlamm entwässerung (Kö-Mitte)

Der IST-Verbrauch der sechs Hochleistungs-Dekantierzentrifugen ist ca. 15% höher als der berechnete anlagenspezifische Idealwert. Für die Entwässerung werden polymere Flockungsmittel hinzugefügt. Das Zusammenspiel von erreichbaren TS-Gehalt und dem damit verbundenen Energieverbrauch ohne und mit Flockungsmittel ist sehr komplex und wurde in dieser Analyse nicht betrachtet. Somit kann der wirtschaftliche Betrieb der Anlage mit höheren Energieverbrauch und gleichzeitig niedrigerem Flockungsmittelverbrauch durchaus gegeben sein. Zu diesem Thema werden zur Zeit interne Versuche durchgeführt. Es werden keine Maßnahmen abgeleitet.

Faulschlamm trocknung (Kö-Mitte)

Nach [KEK13] ist für die Faulschlamm trocknung kein Idealwert vorgesehen. Der IST-Verbrauch wurde nur für die Energiebilanz in die Tabelle 5.15 mit aufgenommen.

Diverses

Die IST-Verbräuche der Positionen in der Tabelle 5.16 unter „Diverses“ dienen ebenfalls nur der Energiebilanz.

1 Umwälzpumpwerk

5.9 Ermittlung des Einsparpotenzials und der Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen

Das gesamte theoretisch mögliche Einsparpotenzial beträgt 4.800.000 kWh/a. Wie bereits mehrfach erwähnt unterliegt dieser Wert einigen Unsicherheiten. Weiterhin müssten für die Ermittlung des realen Einsparpotenzials die Idealwerte unter der Berücksichtigung von konkreten Maßnahmen neu berechnet werden, um einen neuen Vergleich mit den IST-Werten aufzustellen. In Absprache mit Hamburg Wasser und aus den diversen bereits genannten Gründen wurden in dieser Arbeit keine konkreten Maßnahmen zur Energieoptimierung abgeleitet. Somit ergibt sich kein reales Einsparpotenzial und in Absprache mit Hamburg Wasser wurde auf eine Wirtschaftlichkeitsberechnung verzichtet. Durch die ermittelten Abweichungen wurden lediglich Maßnahmen zur genaueren messtechnischen Erfassung der Energieverbräuche abgeleitet. Somit sind die hier ermittelten Abweichungen Hinweise für bestehendes Einsparpotenzial, müssen aber durch die nach der Umsetzung der vorgeschlagene Maßnahmen hinreichend genauen Messdaten verifiziert werden.

KAPITEL 6

Zusammenfassung

Die Aufgabenstellung dieser Arbeit war ein Energiecheck und eine Energieanalyse des Klärwerks Hamburg nach dem Regelwerk DWA-A 216 durchzuführen. Bis zum Abschluss der Arbeit wurde die endgültige Fassung (Weißdruck) nicht veröffentlicht, so dass diese Arbeit auf den Inhalten des Gelbdruckes [KA-13] basiert. Durch die hohe Komplexität des Klärwerks Hamburg beschränkte sich der Inhalt dieser Arbeit nur auf die Analyse der elektrischen Energie und nicht wie im Regelwerk gefordert auch auf die Wärmeenergie. Anhand von 1-Pol-Plänen der elektrischen Verschaltung des Klärwerks wurden die vorhandenen Messstellen für Strom, Spannung, Frequenz, Wirkleistung und Wirkarbeit bestimmt. Zusätzlich konnten mit Hilfe der 1-Pol-Pläne die von den jeweiligen Messstellen erfassten Spannungsschienen und die an diesen Spannungsschienen angeschlossenen Aggregate ermittelt werden. Aus diesen Daten konnte die nach Verfahrensstufen unterteilte Aggregatliste erstellt werden. Aus dem internen Messdatenerfassungssystem „Tebis“ konnten zu den ermittelten Messstellen die benötigten Messdaten ausgelesen werden. Für jede Messstelle wurden für den Auswertungszeitraum 2014 die Messdaten in einer Auflösung von Stundenmittelwerten ermittelt. Jede Messreihe wurde auf Plausibilität der Messwerte geprüft. Mit Hilfe einer Energiebilanz wurde die Summe der bezogenen und selbst erzeugten Energie gegen die Summe der genutzten und ins öffentliche Netz eingespeisten Energie auf Plausibilität geprüft.

Durch den Energiecheck wurde mit einfach zu bestimmenden Kennwerten und deren Zuordnung zu den jeweiligen, im Regelwerk abgebildeten, Häufigkeitsverteilungen erste Hinweise auf Einsparpotenziale untersucht. Die Ergebnisse des Energiechecks weisen für die Kennwerte e_{ges} , $e_{ges,Trocknung}$, $e_{Bel,KS}$, $e_{PW,PwH}$, $e_{PW,DR}$, $e_{FG,2}$, $N_{FG,ges}$ und $N_{FG,el}$ auf ein, wenn auch eher geringes, Optimierungspotenzial hin. Für den Kennwert $e_{FG,2}$ deutet das Ergebnis des Energiechecks auf ein relevantes Optimierungspotenzial hin.

Für die Energieanalyse wurde nach den Berechnungsansätzen des Regelwerks DWA-A 216 anlagenspezifische Idealwerte berechnet und diese den IST-Verbräuchen gegenübergestellt. Ein signifikant höherer IST-Verbrauch im Vergleich zu dem anlagenspezifischen Idealwert bedeutet an dieser Stellen ein großes Einsparpotenzial an elektrischer Energie. Für das Einlaufhebewerk Kö-Nord (PwH) wurde ein Optimierungspotenzial, was auch schon durch den Energiecheck angedeutet wurde, festgestellt. Der Mehrverbrauch vom IST-Wert gegenüber dem anlagenspezifischen Idealwert liegt bei ca 17%. Für den gesamten Klärwerksbereich Nord, bzw. die Rechen- und Sandfanganlage Nord und das PwH sind intern Planungen für eine Sanierung angelaufen. Aus

diesem Grund und in Absprache mit Hamburg Wasser wurden in dieser Arbeit keine weiteren Maßnahmen abgeleitet. Es wird lediglich der Hinweis gegeben, dass unter Berücksichtigung der betrieblich notwendigen Eckdaten bei der Sanierung des PwH's ein Fokus auf der möglichen Energieeinsparung durch die Pumpen liegen sollte. Für das Zulaufpumpwerk Dradenau konnte ebenfalls ein erheblicher Mehrverbrauch von ca. 57% festgestellt werden. Dieser wurde ebenso wie der des PwH's im Energiecheck angedeutet. Die Abteilung Instandsetzung steht, für eine geplante Modifizierung der Pumpen, in engem Kontakt mit dem Pumpenlieferant. Auch hier werden keine zusätzlichen Maßnahmen abgeleitet und es gelten die selben Empfehlungen wie für das PwH. Für den Energieverbrauch der Zentrifugen in der Faulschlammentwässerung wurde ein Mehrverbrauch von ca. 15% festgestellt. Der Energieverbrauch der Zentrifugen steht in engem Zusammenhang mit der dem Faulschlamm zugesetzten Menge an Flockungsmitteln. Die Wirtschaftlichkeit der Faulschlammentwässerung ist durch den Energieverbrauch der Zentrifugen und den Flockungsmittelverbrauch geprägt. Somit kann eine wirtschaftliche Faulschlammentwässerung durchaus einen „relativ“ hohen Energieverbrauch, mit einem „relativ“ geringen Flockungsmittelverbrauch aufweisen. Zur Zeit werden in der Abteilung „Fachdienst Schlamm“ Versuche zum Flockungsmittelverbrauch durchgeführt. Es wurden keine zusätzlichen Maßnahmen abgeleitet.

Bei allen anderen Aggregaten bzw. Verfahrensstufen, die einen signifikanten Mehrverbrauch aufweisen, wurden in Absprache mit Hamburg Wasser und aufgrund der Unsicherheiten z.B. der Messabweichungen bei der Strommessung, der zusätzlich für die Leistungsberechnung nötigen Annahmen des Leistungsfaktors, der nicht vorhandenen Einzelmessungen der Aggregate und der Annahmen für die Berechnung der anlagenspezifischen Idealwerte keine Maßnahmen zur Energieoptimierung abgeleitet.

Im Vergleich zu einem Energiecheck, einer Energieanalyse nach [Kün99], ist der Aufwand für die Durchführung nach [KA-13] deutlich höher. Insbesondere die Berechnung des anlagenspezifischen Idealwertes für die Belüftung der biologischen Stufe nach [KA 00] und die hydraulischen Berechnungen für die anlagenspezifischen Idealwerte der Pumpen erfordern viele weitere Daten und Informationen der Anlage und sind nur durch gut ausgebildetes Fachpersonal durchführbar. Dieser Aufwand und das benötigte Fachwissen entfallen bei der Analyse nach [Kün99] weitestgehend, da die Vergleichswerte bereits durch das Handbuch bereitgestellt werden und nicht berechnet werden müssen. Bei der Wahl eines dieser beiden Verfahren muss in der Zukunft berücksichtigt werden, dass der Vergleich nach [Kün99] den IST-Verbrauch mit den Vergleichswerten, die aus einer Modellanlage abgeleitet wurden, vergleicht. Das bedeutet, dass es durchaus möglich ist das zwei verschiedenen Verfahren verglichen werden, z.B. eine Oberflächenbelüftung mit einer Druckbelüftung. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung des Handbuch „Energie auf Kläranlagen“, wurde das Modell aus dem die Vergleichswerte abgeleitet wurden mit den zu der Zeit nach dem Stand der Technik besten Verfahren modelliert. Dem entsprechend kann/konnte dieser Vergleich eine Optimierung der bestehenden Verfahren hinsichtlich der bestmöglichen Verfahren ermitteln. Die Analyse nach [KA-13] hingegen vergleicht das bestehende Verfahren mit dem für dieses Verfahren anlagenspezifischen Idealwert. Aus diesem Vergleich kann nur die Effizienz des bestehenden Verfahren ermittelt werden. Das evtl. ein anders Verfahren energieeffizienter als das bestehende ist, wird hingegen nicht untersucht und muss separat geprüft werden.

6.1 Ausblick

Für eine weitere Analyse nach [KEK13] sind die beschriebenen Maßnahmen, die insbesondere die Erfassung der Messdaten, die Bestimmung der theoretischen Druckverluste und die jeweiligen geodätischen Förderhöhen betreffen, umzusetzen. Eine automatisierte Plausibilitätskontrolle der Messdaten und eine automatisierte Analyse nach [KEK13] sind ein geeignetes Werkzeug, um frühzeitig Optimierungspotenziale zu erkennen. Aufgrund des geringen Anteils einiger Aggregate/Verfahrensstufen am Gesamtverbrauch und dem damit verbundenen geringem Einsparpotenzial kann die Analyse um diese verringert werden.

Literaturverzeichnis

- [DWA09] DWA: *Abwasserbehandlung - Gewässerbelastung, Bemessungsgrundlagen, Mechanische Verfahren, Biologische Verfahren, Reststoffe aus der Abwasserbehandlung, Kleinkläranlagen 3. überarbeitete Auflage*. Weiterbildendes Studium Wasser und Umwelt, Bauhaus-Universität Weimar, 2009 (Zitiert auf Seiten 5 und 44)
- [KA 00] KA 6, ATV-DVWK-Fachausschüsse KA 5.: *ATV-DVWK-A 131 Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen*. DWA (früher ATV-DVWK), 2000 (Zitiert auf Seiten 46, 47, 48, 49, 50 und 74)
- [KA-13] KA-6.5, DWA-Arbeitsgruppe: *Merkblatt DWA-M 229-1 Systeme zur Belüftung und Durchmischung von Belebungsanlagen Teil 1: Planung, Ausschreibung und Ausführung*. DWA, 2013 (Zitiert auf Seiten 45, 52, 55, 73 und 74)
- [KEK13] KEK-6.8, DWA-Arbeitsgruppe: *Arbeitsblatt DWA-A 216 (Gelbdruck) Energiecheck und Energieanalyse - Instrumente zur Energieoptimierung von Abwasseranlagen*. Deutsch Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., 2013 (Zitiert auf Seiten 1, 9, 12, 33, 45, 51, 56, 57, 65, 67, 70, 75, 99, 100, 101, 102, 104, 105, 106 und 107)
- [Kün99] KÜNTI, Ernst A. Müller; Dipl.-Ing. Beat Kobel; Dipl.-Ing. T. ; RÜDIGER SCHAAB; DIPL.-ING. KARL BÖCKER, Dr.-Ing. Johannes Pinnenkamp; Dr.-Ing. Gerhard Seibert-Erling; I. (Hrsg.): *Energie in Kläranlagen*. Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen, 1999 (Zitiert auf Seiten 1, 8, 12, 13, 24, 56, 74, 92 und 99)
- [Müh08] MÜHL, T.: *Einführung in die elektrische Messtechnik: Grundlagen, Messverfahren, Geräte*. Vieweg+ Teubner Verlag, 2008 http://www.amazon.de/Einführung-die-elektrische-Messtechnik-Messverfahren/dp/3835101897/ref=sr_1_1?ie=UTF8&s=books&qid=1267023312&sr=1-1 (Zitiert auf Seite 40)
- [Sch08] SCHMID, E.A. Müller; B. Kobel; F.: *Energie in ARA*. Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute, Neuauflage, 2008 (Zitiert auf Seite 7)
- [Ver76] VERBRAUCHERSCHUTZ, Bundesministerium der Justiz und f.: *Gesetz über Abgaben für das Einleiten von Abwasser in Gewässer (Abwasserabgabengesetz - AbwAG)*. Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz, 1976 (Zitiert auf Seite 3)

- [Ver97] VERBRAUCHERSCHUTZ, Bundesministerium der Justiz und f.: *Verordnung über Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer (Abwasserverordnung - AbwV)*. 21.03.1997 (Zitiert auf Seite [14](#))

ANHANG A

Plausibilität

Abb. A.1: Blockschaltbild KE61 mit Zählern

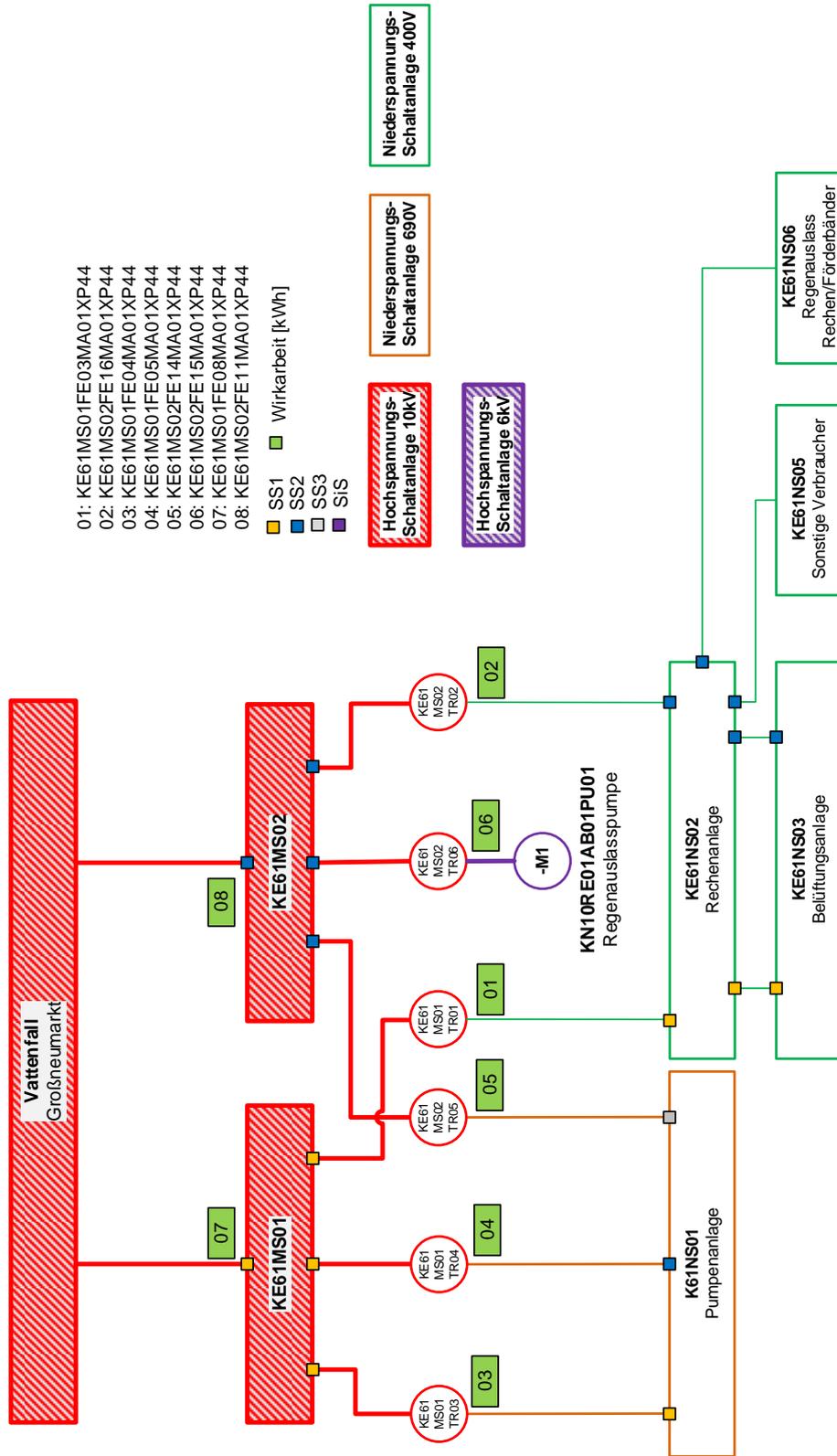
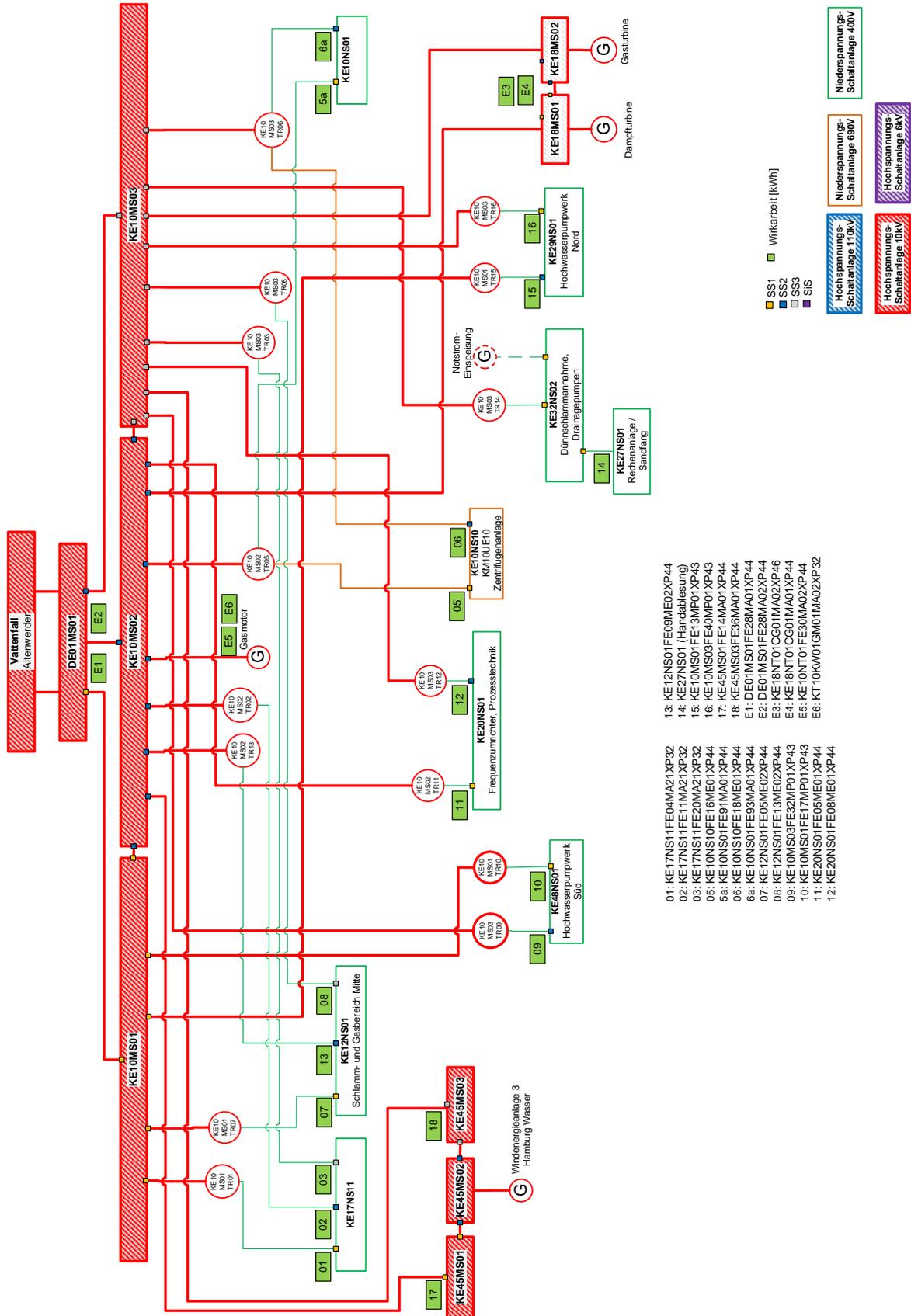
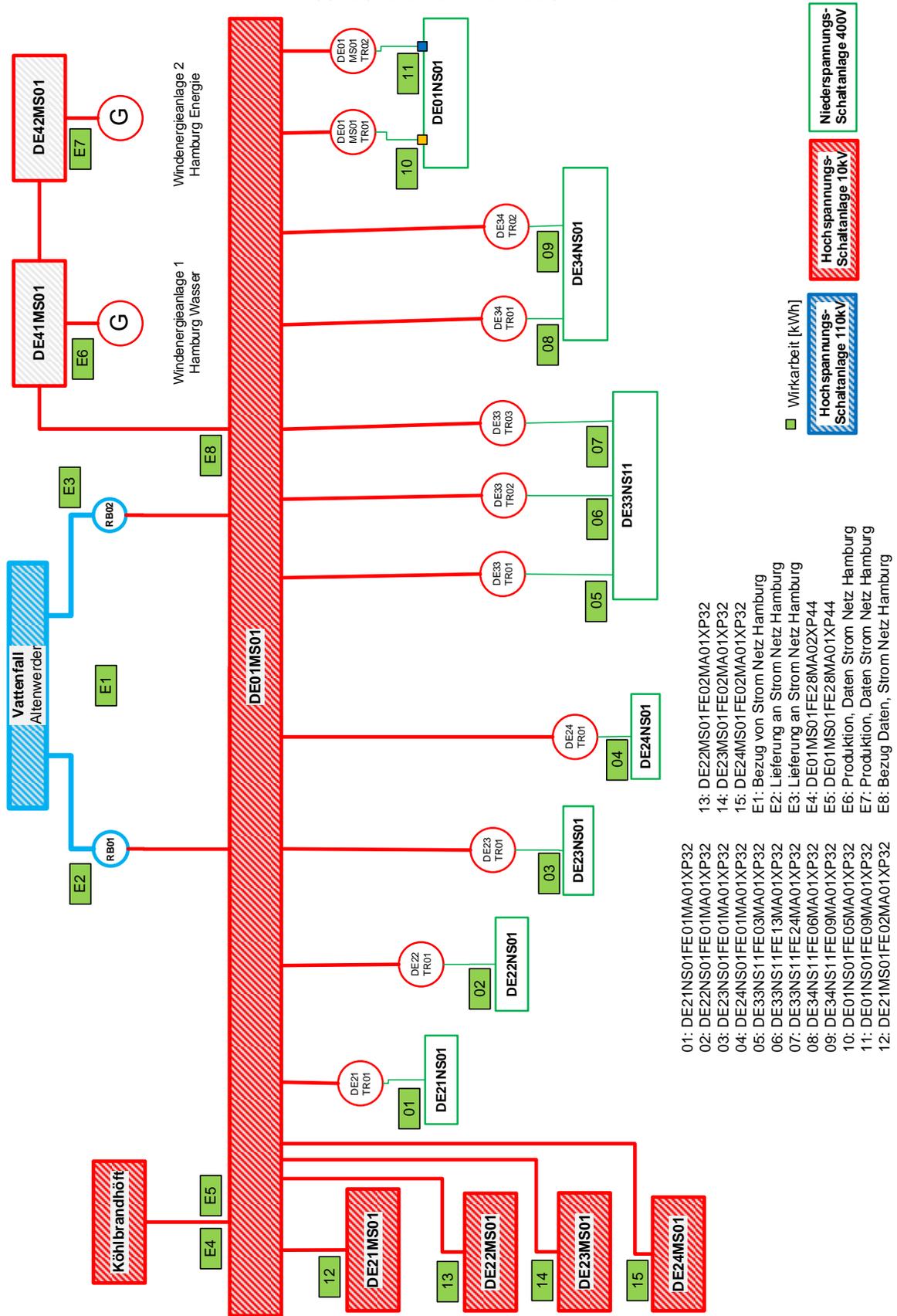


Abb. A.2: Blockschaltbild KE10 mit Zählern



- 01: KE17NS11FE04MA21XP32
- 02: KE17NS11FE11MA21XP32
- 03: KE17NS11FE20MA21XP32
- 05: KE10NS10FE16ME01XP44
- 5a: KE10NS01FE91MA01XP44
- 06: KE10NS10FE18ME01XP44
- 6a: KE10NS01FE09ME02XP44
- 07: KE12NS01FE09ME02XP44
- 08: KE12NS01FE13ME02XP44
- 09: KE10MS03FE32MP01XP43
- 10: KE10MS01FE17MP01XP43
- 11: KE20NS01FE05ME01XP44
- 12: KE20NS01FE08ME01XP44
- 13: KE12NS01FE09ME02XP44
- 14: KE27NS01 (Handablesung)
- 15: KE10MS01FE13MP01XP43
- 16: KE10MS03FE40MP01XP43
- 17: KE45MS01FE14MA01XP44
- 18: KE45MS03FE36MA01XP44
- E1: DE01MS01FE28MA01XP44
- E2: DE01MS01FE28MA02XP44
- E3: KE18NT01CG01MA02XP46
- E4: KE18NT01CG01MA01XP44
- E5: KE10NT01FE30MA02XP44
- E6: KE10KW01GM01MA02XP32

Abb. A.3: Blockschaltbild DE01 mit Zählern



Tab. A.1: Plausibilität KE61 (Detail)

Plausibilitätsprüfung KE61

Einspeisung von Vattenfall in Mittelspannungsebene KE61MS

Zählernummer	Zählerbeschreibung	Spannungsebene	Einheit	Summe 2014
KE61MS01FE08MA01XP44	Einspeisung 1 KE61MS01 von VF 9026	10kV	kWh	989.948
KE61MS02FE11MA01XP44	Einspeisung 2 KE61MS02 von VF 9027	10kV	kWh	604.110

Einspeisung von Vattenfall in Mittelspannungsebene KE61MS

Zählernummer	Zählerbeschreibung	Spannungsebene	Einheit	Summe 2014
Daten Stromnetz Hamburg	Einspeisung VF 9026	10kV	kWh	1.596.594

Abgang von Mittelspannungsebene KE61MS01 in Niederspannungsebene KE61NS

Zählernummer	Zählerbeschreibung	Spannungsebene	Einheit	Summe 2014
KE61MS01FE03MA01XP44	Abgang KE61NS02 Trafo 1	400V	kWh	56.229
KE61MS01FE04MA01XP44	Abgang KE61NS01 Trafo 3	690V	kWh	630.076
KE61MS01FE05MA01XP44	Abgang KE61NS01 Trafo 4	690V	kWh	287.238

Abgang von Mittelspannungsebene KE61MS02 in Niederspannungsebene KE61NS

Zählernummer	Zählerbeschreibung	Spannungsebene	Einheit	Summe 2014
KE61MS02FE16MA01XP44	Abgang KE61NS02 Trafo 02	400V	kWh	285.985
KE61MS02FE14MA01XP44	Abgang KE61NS01 Trafo 05	690V	kWh	292.763
KE61MS02FE15MA01XP44	Abgang Regenwasserpumpe Trafo 6	6kV	kWh	955

Summe Einspeisung KE61MS01	Summe Abgang KE61MS01	Differenz	Differenz
989.948	973.542	16.406	1,66%

Summe Einspeisung KE61MS02	Summe Abgang KE61MS02	Differenz	Differenz
604.110	579.704	24.406	4,04%

Summe Einspeisung KE61MS gesamt	Summe Abgang KE61MS gesamt	Differenz	Differenz
1.594.058	1.553.246	40.812	2,56%

Tab. A.2: Plausibilität KE10 (Detail 1)

Plausibilitätsprüfung KE10

Einspeisung von Dradenau in Mittelspannungsebene KE10MS

Zählernummer	Zählerbeschreibung	Spannungsebene	Einheit	Summe 2014
DE01MS01FE28MA01XP44	Summe Einspeisung KE10MS01 KE10MS02 KE10MS03 von DE01MS01	10kV	kWh	1.830.044

Einspeisung aus Erzeuger in Mittelspannungsebene KE10MS

Zählernummer	Zählerbeschreibung	Spannungsebene	Einheit	Summe 2014
KE10NT01FE30MA02XP44	Einsp. Gasmotor 01 KETA Wirkarbeit ZW850 +KE10ZT01FE01 ZW134	10kV	kWh	16.562.656
KE18NT01CG01MA02XP46	VERA - Lieferung an KE10 (Gasturbine, Dampfturbine)	10kV	kWh	48.419.900

Summe Einspeisung KE10MS

Summe	66.812.600
-------	------------

Abgang von Mittelspannungsebene KE10 Eigenbedarf Erzeuger

Zählernummer	Zählerbeschreibung	Spannungsebene	Einheit	Summe 2014
KT10KW01GM01MA02XP32	Gasmotor 01 Wirkleistung Eigenbed. 02	10kV	kWh	516.243

Abgang von Mittelspannungsebene KE10 Lieferung an Vera

Zählernummer	Zählerbeschreibung	Spannungsebene	Einheit	Summe 2014
KE18NT01CG01MA01XP44	VERA Bezug von KE10 Wirkarbeit +KE18NZ01CG02-A1 ZW4	10kV	kWh	26.110

Abgang von Mittelspannungsebene KE10 Lieferung an Dradenau

Zählernummer	Zählerbeschreibung	ebene	Einheit	Summe 2014
DE01MS01FE28MA02XP44	KE10 Lieferung an Draden. Wirkarbeit	10kV	kWh	16.703.690

Tab. A.3: Plausibilität KE10 (Detail 2)

Plausibilitätsprüfung KE10

Abgang von Mittelspannungsebene KE10MS01 in Niederspannungsebene KE10NS

Zählernummer	Zählerbeschreibung	Spannungsebene	Einheit	Summe 2014
KE12NS01FE05ME02XP44	Abgang KE12NS01 Trafo 07	400V	kWh	1.500.000
KE10MS01FE13MP01XP43	Abgang KE29NS01 Trafo 15	400V	kW	0
KE10MS01FE17MP01XP43	Abgang KE48NS01 Trafo 10	400V	kW	0
KE17NS11FE04MA21XP32	Abgang KE17NS11 Tr.01	400V	kWh	3.184.646

Abgang von Mittelspannungsebene KE10MS02 in Niederspannungsebene KE10NS

Zählernummer	Zählerbeschreibung	Spannungsebene	Einheit	Summe 2014
KE10NS01FE91MA01XP44	Abgang KE10NS01 Trafo 05	400V	kWh	1.355.903
KE10NS10FE16ME01XP44	Abgang KE10NS10 Trafo 05	690V	kWh	1.996.085
KE20NS01FE05ME01XP44	Abgang KE20NS01 Trafo 11	400V	kW	366.031
KE17NS11FE11MA21XP32	Abgang KE14NS11 Trafo 02	400V	kWh	3.234.070
KE12NS01FE09ME02XP44	Abgang KE12NS01 Trafo 13	400V	kWh	1.518.541
KE45MS01FE14MA01XP44	Abgang KE45MS02	10kV	kWh	13.427.503

Abgang von Mittelspannungsebene KE10MS03 in Niederspannungsebene KE10NS

Zählernummer	Zählerbeschreibung	Spannungsebene	Einheit	Summe 2014
KE10MS03FE32MP01XP43	Abgang KE48NS01 Trafo 09	400V	kW	1.050
KE20NS01FE08ME01XP44	Abgang KE20NS01 Trafo 12	400V	kWh	350.552
KE10NS10FE18ME01XP44	Abgang KE10NS10 Trafo 06	690V	kWh	1.947.068
KE10NS01FE93MA01XP44	Abgang KE10NS01 Trafo 06	400V	kWh	1.379.561
KE17NS11FE20MA21XP32	Abgang KE17NS11 Trafo 03	400V	kWh	3.125.403
KE10MS03FE40MP01XP43	Abgang KE29NS01 Tr.16	400V	kW	0
KE45MS03FE36MA01XP44	Abgang KE45MS03	10kV	kWh	12.906.580
KE12NS01FE13ME02XP44	Abgang KE12NS01 Trafo 08	400V	kWh	1.523.498
KE27NS01		400V	kWh	393.091

Summe Abgang KE10MS01

Summe	21.930.690
-------	------------

Summe Abgang KE10MS02

Summe	21.898.132
-------	------------

Summe Abgang KE10MS03

Summe	21.626.803
-------	------------

Summe Einspeisung KE10MS01/MS02/MS03	Summe Abgang KE10MS01/MS02/MS03	Differenz	Differenz
66.812.600	65.455.625	1.356.975	2,03%

Tab. A.4: Plausibilität DE01 (Detail 1)

Plausibilitätsprüfung DE01MS1

Einspeisung von Vattenfall in Mittelspannungsebene DE01MS01

Zählernummer	Zählerbeschreibung	Spannungsebene	Einheit	Summe 2014
Daten Stromnetz Hamburg	Einspeisung RB01+RB02	110kV	kWh	8.058.981

Einspeisung aus Erzeuger in Mittelspannungsebene DE01MS01

Zählernummer	Zählerbeschreibung	Spannungsebene	Einheit	Summe 2014
Stromnetz Hamburg	WEA 1 Wirkarbeit Lieferung ohne Trafoverluste	10kV	kWh	6.785.519
Stromnetz Hamburg	WEA 2 Wirkarbeit Lieferung ohne Travoverluste	10kV	kWh	6.536.456

Einspeisung aus Erzeuger in Niederspannungsebene DE01NS01

Zählernummer	Zählerbeschreibung	Spannungsebene	Einheit	Summe 2014
DE01NS01FE11MA10XP44	Lieferung von Photovoltaikanlage Wirkarbeit		kWh	40.950

Einspeisung aus Köhlbrandhöft in Mittelspannungsebene DE01MS01

Zählernummer	Zählerbeschreibung	Spannungsebene	Einheit	Summe 2014
DE01MS01FE28MA02XP44	Lieferung Köhlbrandhöft	10kV	kWh	16.703.690

Lieferung an Vattenfall von Mittelspannungsebene DE01MS01

Zählernummer	Zählerbeschreibung	Spannungsebene	Einheit	Summe 2014
Stromnetz Hamburg	Lieferung an RB01	10kV	kWh	3.130.958
Stromnetz Hamburg	Lieferung an RB02	10kV	kWh	4.752.157

Lieferung an Erzeuger in Mittelspannungsebene DE01MS01

Zählernummer	Zählerbeschreibung	Spannungsebene	Einheit	Summe 2014
Stromnetz Hamburg	Lieferung an WEA1+WEA2 an DE01MS01FE37	10kV	kWh	30.951

Lieferung an Köhlbrandhöft in Mittelspannungsebene KE10MS01

Zählernummer	Zählerbeschreibung	Spannungsebene	Einheit	Summe 2014
DE01MS01FE28MA01XP44	Lieferung Köhlbrandhöft	10kV	kWh	1.830.044

Summe Einspeisung DE01MS01

Summe	38.125.595
-------	------------

Summe Lieferung DE01MS01

Summe	9.744.111
-------	-----------

Tab. A.5: Plausibilität DE01 (Detail 2)

Plausibilitätsprüfung DE01MS1

Abgang von Mittelspannungsebene DE01MS01 in DE21MS01

Zählernummer	Zählerbeschreibung	Spannungsebene	Einheit	Summe 2014
DE21MS01FE02MA01XP32		10kV	kWh	10.102.742

Abgang von Mittelspannungsebene DE01MS01 in DE22MS01

Zählernummer	Zählerbeschreibung	Spannungsebene	Einheit	Summe 2014
DE22MS01FE02MA01XP32		10kV	kWh	401.930

Abgang von Mittelspannungsebene DE01MS01 in DE23MS01

Zählernummer	Zählerbeschreibung	Spannungsebene	Einheit	Summe 2014
DE23MS01FE02MA01XP32		10kV	kWh	6.197.317

Abgang von Mittelspannungsebene DE01MS01 in DE24MS01

Zählernummer	Zählerbeschreibung	Spannungsebene	Einheit	Summe 2014
DE24MS01FE02MA01XP32		10kV	kWh	309.587

Abgang von Mittelspannungsebene DE01MS01 in Niederspannungsebene DE01NS01

Zählernummer	Zählerbeschreibung	Spannungsebene	Einheit	Summe 2014
DE01NS01FE05MA01XP32	Abgang DE01-Tr.01	400V	kWh	295.531
DE01NS01FE09MA01XP32	Abgang DE01-Tr.02	400V	kWh	459.965

Abgang von Mittelspannungsebene DE01MS01 in Niederspannungsebene DE21NS01

Zählernummer	Zählerbeschreibung	Spannungsebene	Einheit	Summe 2014
DE21NS01FE01MA01XP32	Abgang DE21-Tr.01	400V	kWh	858.982

Abgang von Mittelspannungsebene DE01MS01 in Niederspannungsebene DE22NS01

Zählernummer	Zählerbeschreibung	Spannungsebene	Einheit	Summe 2014
DE22NS01FE01MA01XP32	Abgang DE22-Tr.01	400V	kWh	844.323

Tab. A.6: Plausibilität DE01 (Detail 3)

Plausibilitätsprüfung DE01MS1

Abgang von Mittelspannungsebene DE01MS01 in Niederspannungsebene DE23NS01

Zählernummer	Zählerbeschreibung	Spannungsebene	Einheit	Summe 2014
DE23NS01FE01MA01XP32	Abgang DE23-Tr.01	400V	kWh	853.186

Abgang von Mittelspannungsebene DE01MS01 in Niederspannungsebene DE24NS01

Zählernummer	Zählerbeschreibung	Spannungsebene	Einheit	Summe 2014
DE24NS01FE01MA01XP32	Abgang DE24-Tr.01	400V	kWh	871.532

Abgang von Mittelspannungsebene DE01MS01 in Niederspannungsebene DE33NS11

Zählernummer	Zählerbeschreibung	Spannungsebene	Einheit	Summe 2014
DE33NS11FE03MA01XP32	Abgang DE33-Tr.01	400V	kWh	2.457.062
DE33NS11FE13MA01XP32	Abgang DE33-Tr.02	400V	kWh	3.444.777
DE33NS11FE24MA01XP32	Abgang DE33-Tr.03	400V	kWh	1.342.873

Abgang von Mittelspannungsebene DE01MS01 in Niederspannungsebene DE34NS11

Zählernummer	Zählerbeschreibung	Spannungsebene	Einheit	Summe 2014
DE34NS11FE06MA01XP32	Abgang DE34-Tr.01	400V	kWh	682.289
DE34NS11FE09MA01XP32	Abgang DE34-Tr.02	400V	kWh	666.848

Summe Abgang DE01MS01

Summe	39.533.056
-------	------------

Summe Einspeisung DE01MS01	Summe Abgang DE01MS01	Differenz	Differenz
38.125.595	39.533.056	-1.407.461	-3,69%

ANHANG B

Häufigkeitsverteilungen - Energiecheck

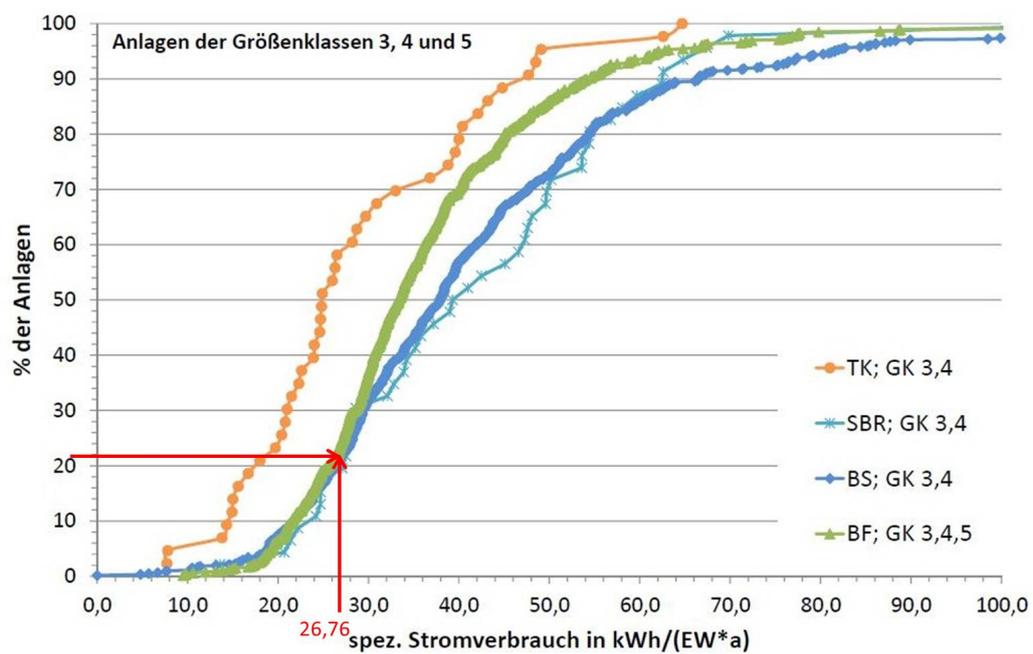


Abb. B.1: spezifischer Gesamtstromverbrauch $e_{ges,1}$ differenziert nach GK

TK: Tropfkörperanlagen; SBR: Belebungsanlage im Aufstaubetrieb; BS: Belebungsanlagen mit aerober Schlammstabilisierung; BF: Belebungsanlagen mit anaerober Schlammstabilisierung

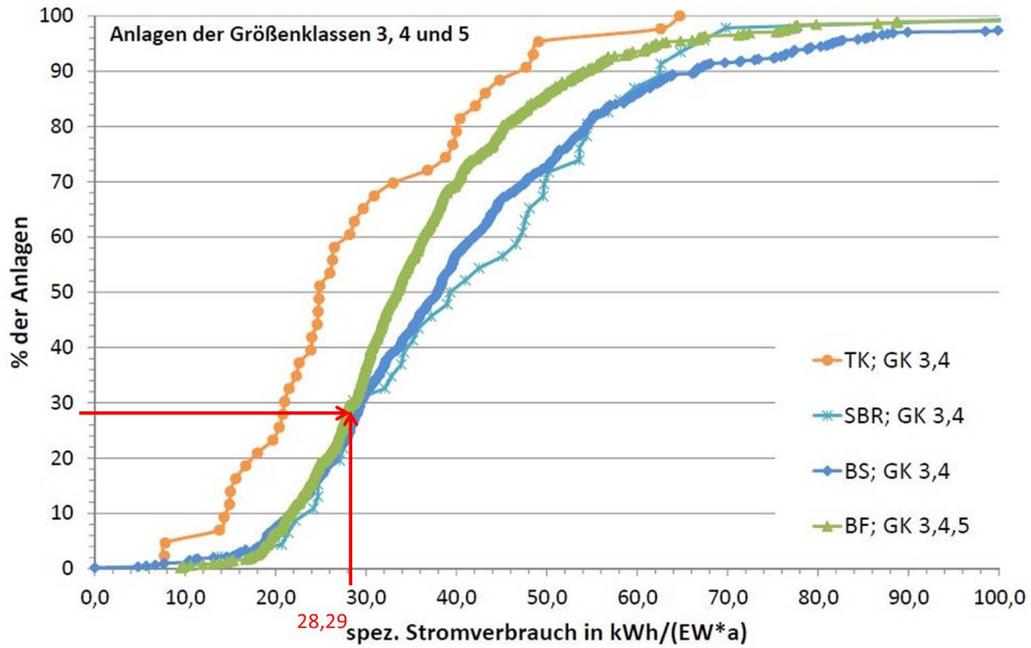


Abb. B.2: spezifischer Gesamtstromverbrauch $e_{ges,2}$ differenziert nach GK

TK: Tropfkörperanlagen; SBR: Belebungsanlage im Aufstaubetrieb; BS: Belebungsanlagen mit aerober Schlammstabilisierung; BF: Belebungsanlagen mit anaerober Schlammstabilisierung

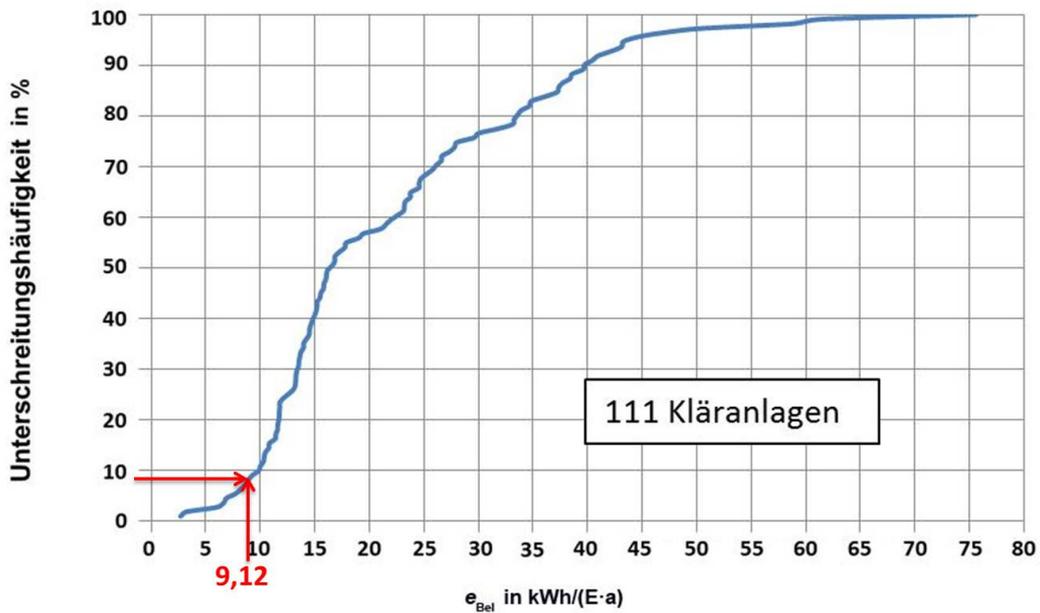


Abb. B.3: spezifischer Stromverbrauch der Belüftung (Kö-Süd+Dradenau) $e_{Bel,ges}$

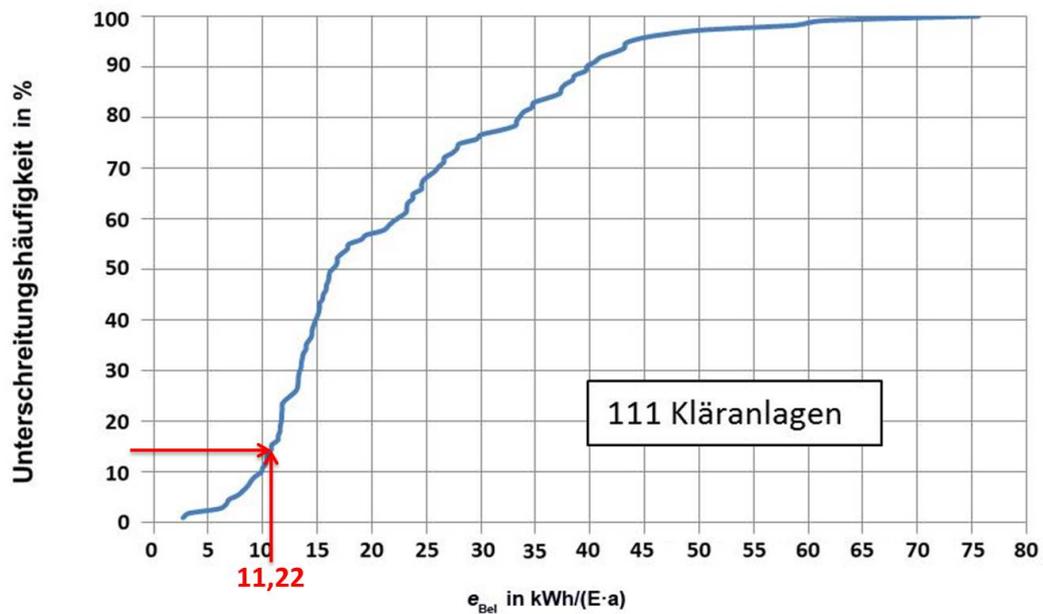


Abb. B.4: spezifischer Stromverbrauch der Belüftung Kö-Süd $e_{Bel,KS}$

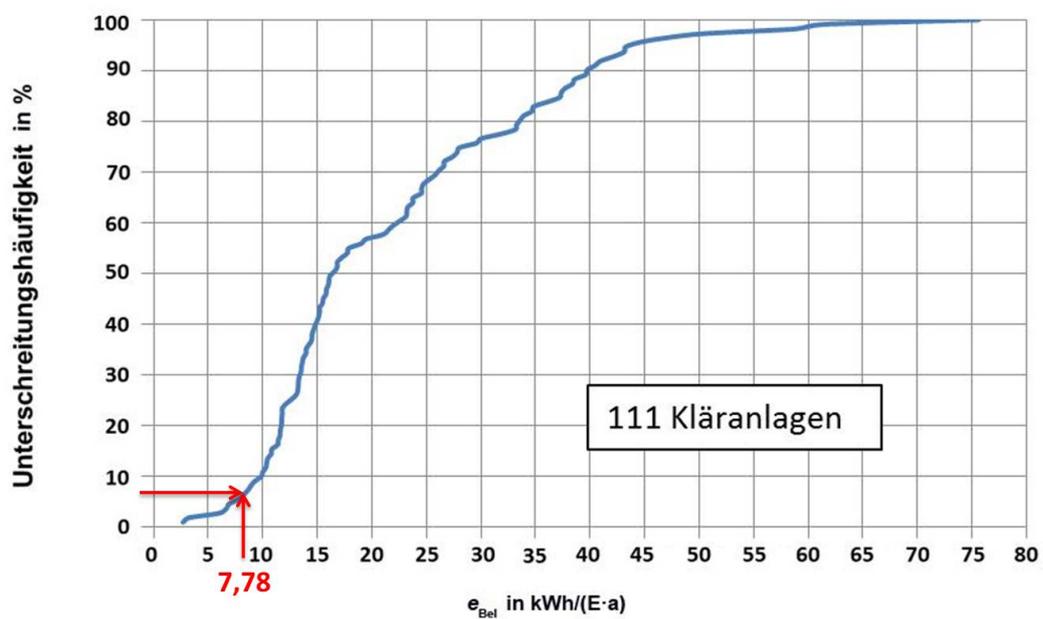


Abb. B.5: spezifischer Stromverbrauch der Belüftung Dradenau $e_{Bel,DR}$

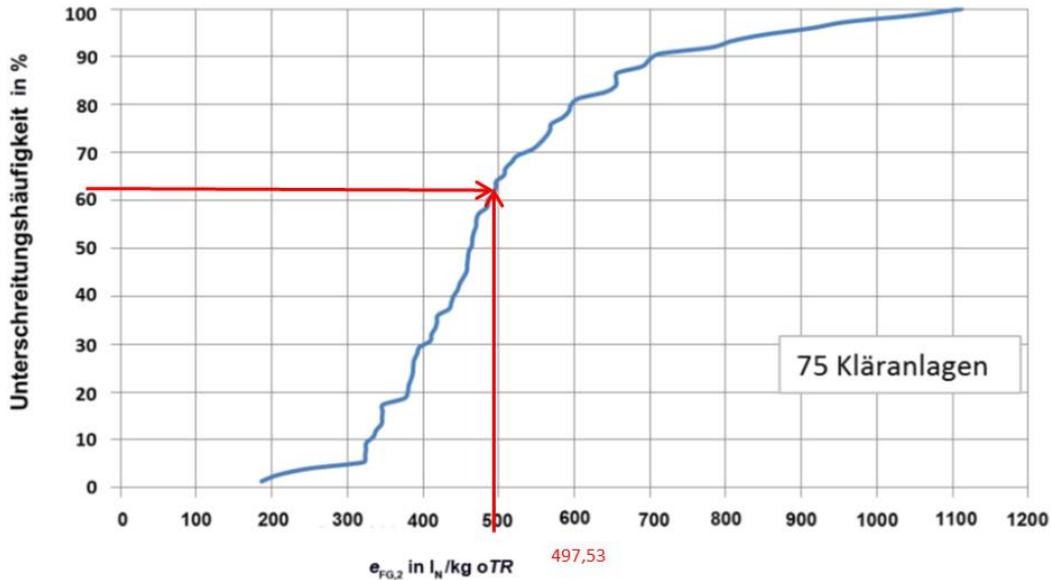


Abb. B.6: spezifische Faulgasproduktion $e_{FG,2}$ bezogen auf die zugeführte oTR-Fracht

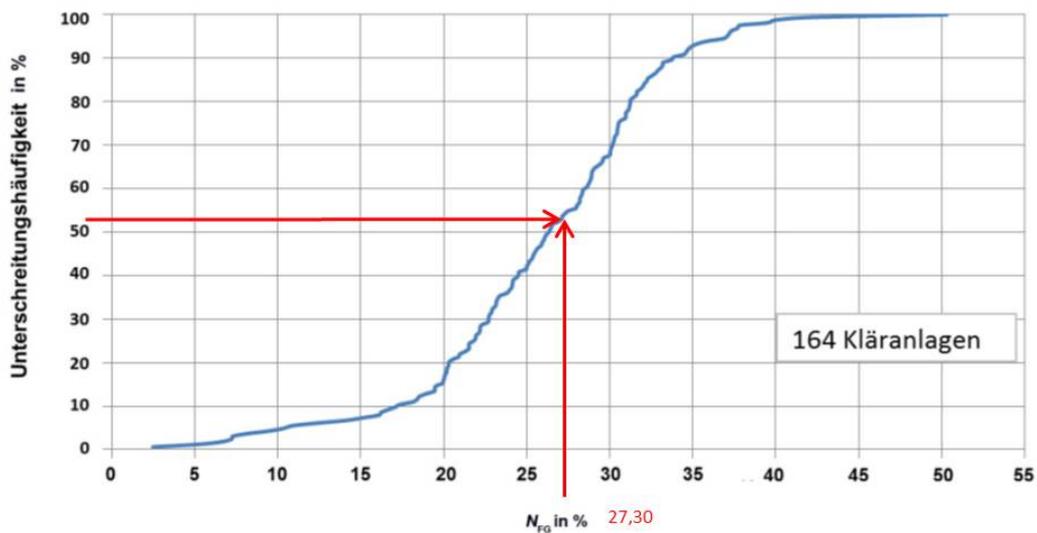


Abb. B.7: Grad der Faulgasumwandlung in Elektrizität $N_{FG,ges}$ (Stromproduktion von GT+GM bezogen auf gesamte Produzierte Faulgasmenge)

Der Grad der Faulgasumwandlung ist wie in Formel 4.13 dargestellt, die mit Faulgas erzeugte elektrische Energie bezogen auf das Stromäquivalent des Faulgases. Dieser Kennwert stellt demnach je nach Bezugsgröße (Stromäquivalent der produzierten Faulgasmenge oder Stromäquivalent der im Aggregat zur Stromerzeugung verwerteten Faulgasmenge) den elektrischen Wirkungsgrad des Aggregats dar. Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass dieser Kennwert nicht mit dem in [Kün99] (N_1 oder N_2) Grad der Faulgasnutzung, zu vergleichen ist.

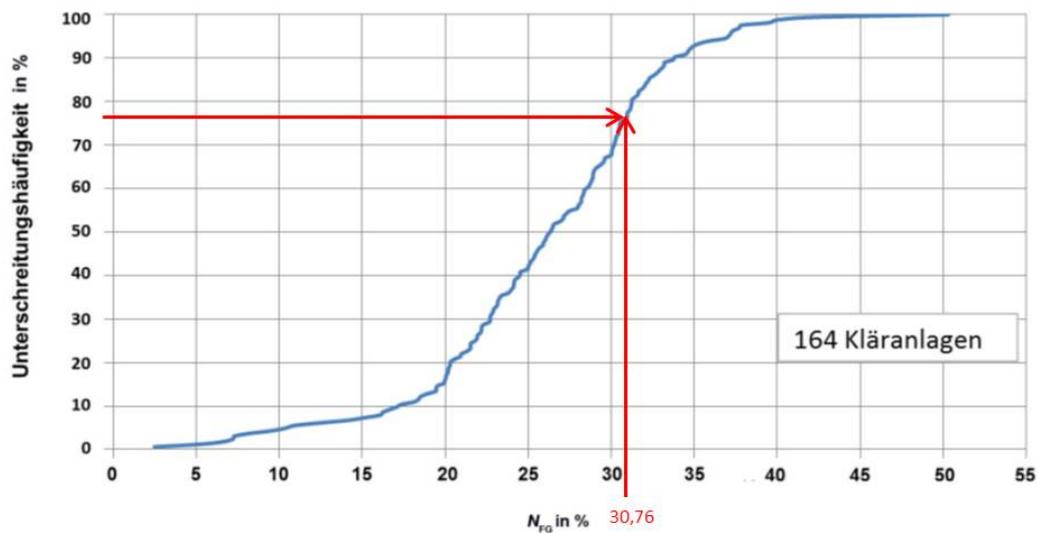


Abb. B.8: Grad der Faulgasumwandlung in Elektrizität $N_{FG,el}$ (Stromproduktion von GT+GM bezogen auf die von GM+GT verbrauchte Faulgasmenge)

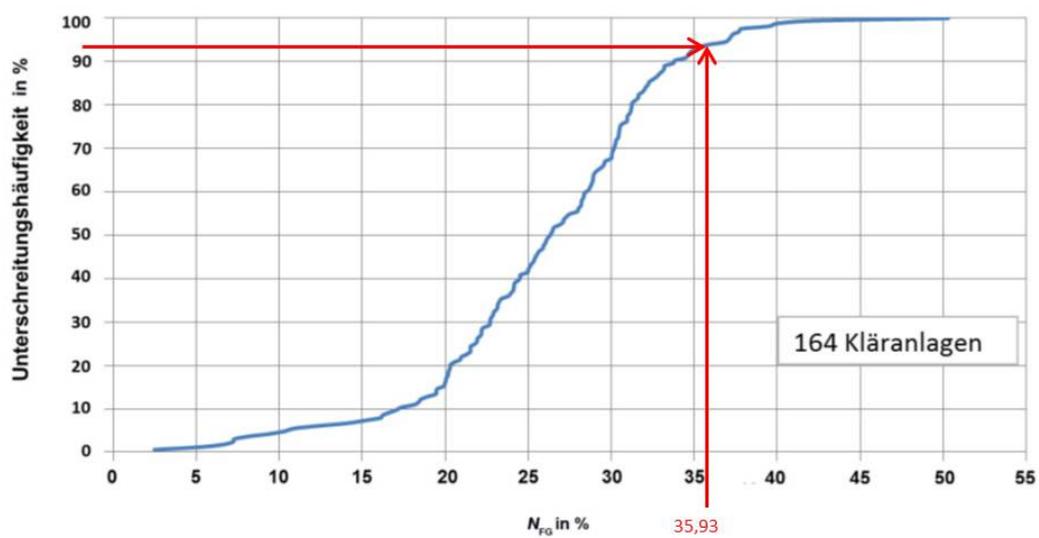


Abb. B.9: Grad der Faulgasumwandlung in Elektrizität $N_{FG,el+Gala}$ Stromproduktion von GT+GM+Equivalent-Gala, bezogen auf die gesamte produzierte Faulgasmenge

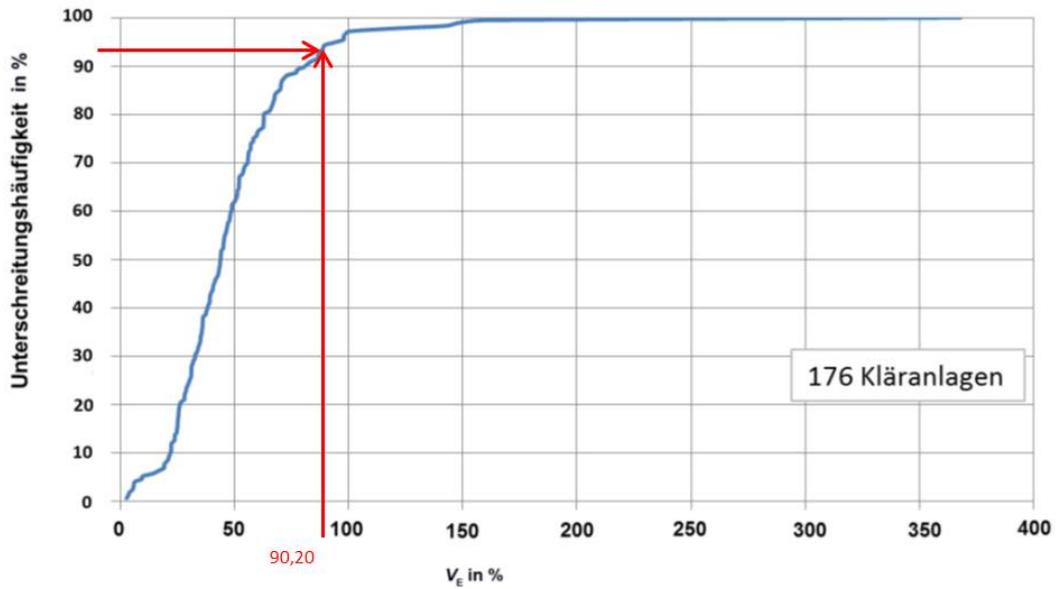


Abb. B.10: Eigenversorgungsgrad mit elektrischer Energie $V_{E,KWK}$

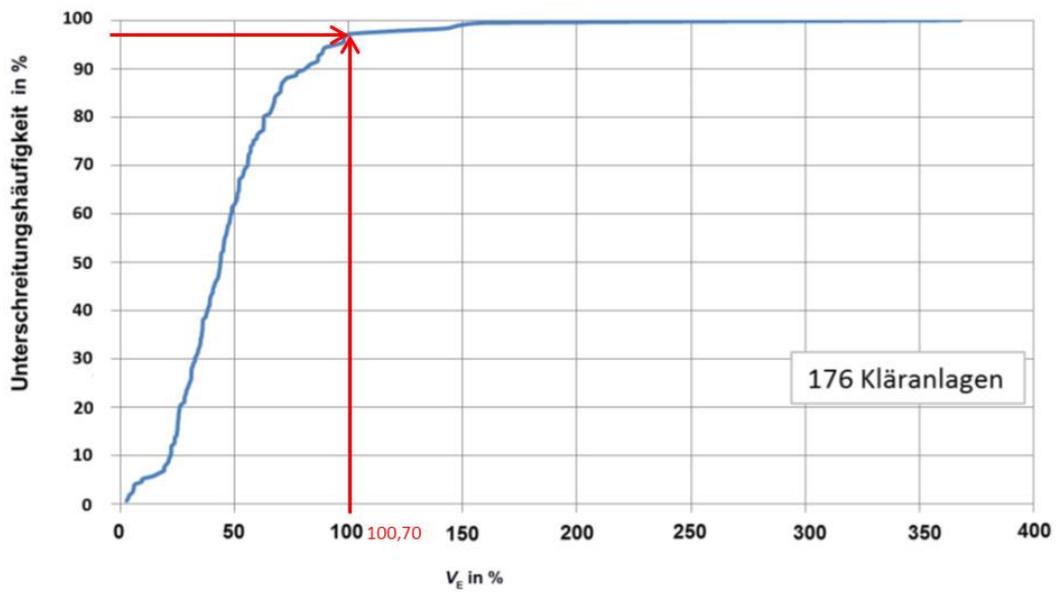


Abb. B.11: Eigenversorgungsgrad mit elektrischer Energie $V_{E,KWK+EE}$

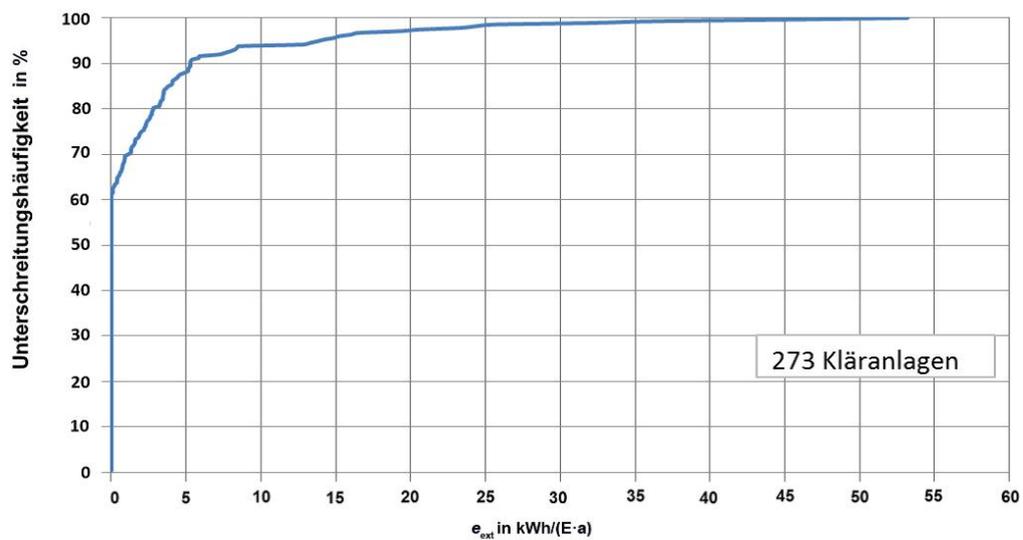


Abb. B.12: Spezifischer externer Wärmebezug e_{ext}
Zur Zeit keine Daten Vorhanden.

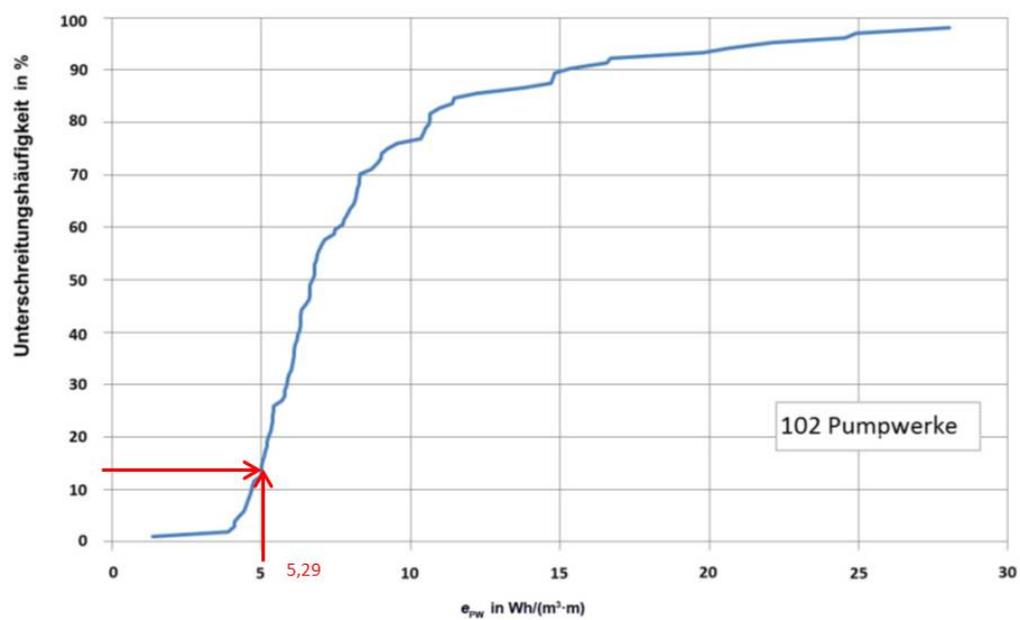


Abb. B.13: Spezifischer Stromverbrauch PwH $e_{PW,PwH}$

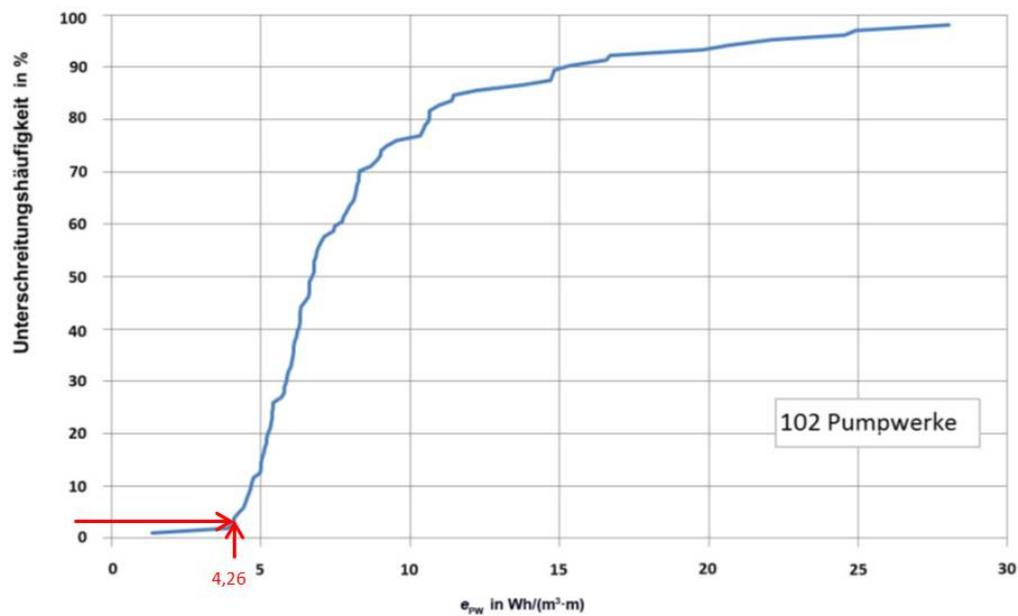


Abb. B.14: Spezifischer Stromverbrauch Pumpwerk Kö-Süd, Schneckenpumpen $e_{PW,KS,SP}$

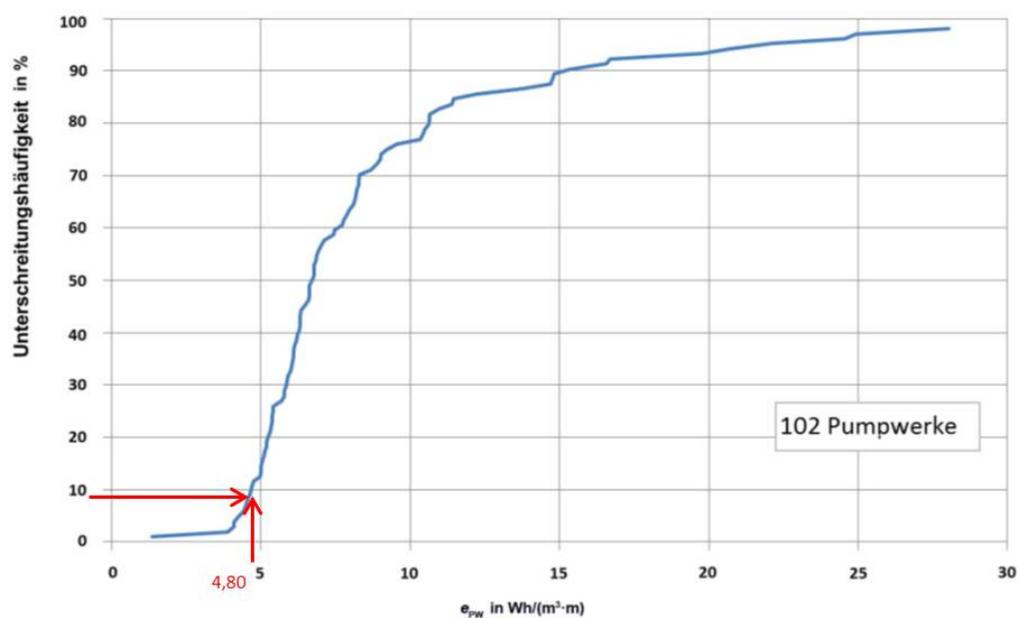


Abb. B.15: Spezifischer Stromverbrauch Pumpwerk Kö-Süd, Kreiselpumpen $e_{PW,KS,KP}$

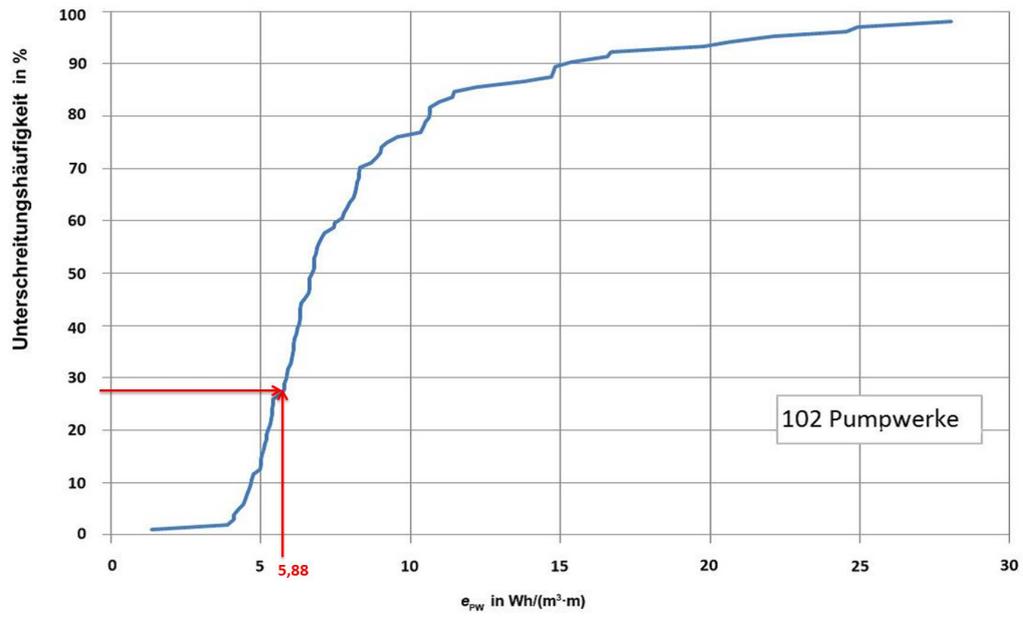


Abb. B.16: Spezifischer Stromverbrauch Pumpwerk Dradenau $e_{PW,DR}$

ANHANG C

Anlagenspezifische Idealwerte - Berechnung

Anlagenspezifischer Idealwert: Rechen (PwH)

Der anlagenspezifische Idealwert berechnet sich nach[KEK13]:

$$E = e_{spez} * EW_{CSB} \quad (C.1)$$

Mit:

e_{spez} Spezifischer Energiebedarf pro Rechen,
incl. Rechengutförderung, Rechengutwäsche und Rechnegutpressung.

Das Arbeitsblatt DWA-A 216 gibt einen Bereich für e_{spez} von $0,05 \text{ kWh}/(\text{E} * \text{a}) - 0,1 \text{ kWh}/(\text{E} * \text{a})$ an. Für die Berechnung wurde der messtechnisch ermittelte Einwohnerwert für den gesamten Zulauf-Nord, gemäß der prozentualen geförderten Abwassermenge vom Transportsiel-Altona und PwH berechnet. Das PwH fördert ca. $2/3$ der Abwassermenge, so dass für den Einwohnerwert $2/3$ vom Gesamtwert für die Berechnung angesetzt wurde. Nach [Kün99] ist der maximale spezifische Energiebedarf für die Installation von zwei Rechen anzusetzen. Das PwH hat zusätzlich zu den vier Rechen für die Abwasserförderung noch drei Rechen für den Regenauslass installiert. Weiterhin konnte der IST-Verbrauch nur für den gesamten Verfahrensschritt ermittelt werden, also incl. aller Nebenaggregate. Aus diesem Grund wurde der höchste Wert für den spezifischen Energiebedarf e_{spez} von $0,1 \text{ kWh}/(\text{E} * \text{a})$ gewählt. Zusätzlich wird die Anzahl der Rechen mit vier berücksichtigt und die Formel C.1 um die Anzahl der Rechen ergänzt. Mit Formel C.1 folgt:

$$E_{RPWH} = 0,1 \text{ kWh}/(\text{E} * \text{a}) * 465.930 \text{ E} * 4$$

$$\underline{E_{RPWH}} = \underline{186.372 \text{ kWh/a}}$$

Anlagenspezifischer Idealwert: Rechen (Nord) + Sandfang (Nord)

Der anlagenspezifische Idealwert für den Rechen Nord wurde nach Formel C.1 berechnet. Für die Berechnung wurde der messtechnisch ermittelte Einwohnerwert für der gesamten Zulauf Nord angesetzt. Für den spezifischen Energiebedarf e_{spez} wurde aus den selben Gründen wie oben, 0,1 kWh/(E*a) gewählt. Die Anzahl der Rechen wurde mit drei berücksichtigt und die Formel C.1 um die Anzahl der Rechen ergänzt. Mit Formel C.1 folgt:

$$E_{RN} = 0,1 \text{ kWh}/(\text{E} \cdot \text{a}) * 709.178 \text{ E} * 3$$

$$\underline{E_{RN}} = \underline{212.753 \text{ kWh/a}}$$

Der anlagenspezifische Idealwert für den Sandfang Nord wurde nach Formel C.2 berechnet.

$$E_{SN} = \frac{q_l * V_{SF} * h * t}{\eta_{\text{Gebläse}} * 367 * \eta_{FU}} \quad (\text{C.2})$$

Mit:

q_l spezifischer Lufteintrag in $\text{m}^3/(\text{m}^3_{\text{SF}} \cdot \text{h})$.

V_{SF} Volumen Sandfang in m^3

h Einblastiefe in m

t Laufzeit Gebläse in h/a

$\eta_{\text{Gebläse}}$ Wirkungsgrad Gebläse.

Die Einblastiefe h wurde aus Bauzeichnungen mit $h = 3,50 \text{ m}$ bestimmt. Für den spezifischen Lufteintrag gibt [KEK13] einen Bereich von $q_l = 0,5 \text{ m}^3/(\text{m}^3_{\text{SF}} \cdot \text{h})$ bis $q_l = 1,3 \text{ m}^3/(\text{m}^3_{\text{SF}} \cdot \text{h})$ an. Es wurde der niedrigste Wert gewählt. Die Betriebsstunden wurden aus einer vorhandenen Frequenzmessung abgeleitet. Das Volumen des Sandfanges wurde aus Bauzeichnungen ermittelt. Für den Wirkungsgrad wurde der niedrigste Wert nach [KEK13] gewählt.

$$E_{SN} = \frac{0,5 \text{ m}^3/(\text{m}^3_{\text{SF}} \cdot \text{h}) * 1930,50 \text{ m}^3 * 3,50 \text{ m} * 8646 \text{ h/a}}{0,55 * 367 * 0,95}$$

$$\underline{E_{SN}} = \underline{152.325 \text{ kWh/a}}$$

$$E_{RN+SN} = E_{RN} + E_{SN}$$

$$E_{RN+SN} = 212.753 \text{ kWh/a} + 152.325 \text{ kWh/a}$$

$$\underline{E_{RN+SN}} = \underline{365.078 \text{ kWh/a}}$$

Anlagenspezifischer Idealwert: Rechen (Süd)

Der anlagenspezifische Idealwert für den Rechen Süd wurde nach Formel C.1 berechnet. Für die Berechnung wurde der messtechnisch ermittelte Einwohnerwert für den gesamten Zulauf-Süd, angesetzt. Für den spezifischen Energiebedarf $e_{s,pez}$ wurde $0,05 \text{ kWh}/(\text{E} \cdot \text{a})$ gewählt. Die Anzahl der Rechen wurde mit sechs berücksichtigt und die Formel C.1 um die Anzahl der Rechen ergänzt. Mit Formel C.1 folgt:

$$E_{RS} = 0,05 \text{ kWh}/(\text{E} \cdot \text{a}) * 2.098.465 \text{ E} * 6$$

$$\underline{E_{RS}} = \underline{629.540 \text{ kWh/a}}$$

Anlagenspezifischer Idealwert: Sandfang (Süd)

Der anlagenspezifische Idealwert für den Sandfang Süd wurde nach Formel C.2 berechnet. Die Einblastiefe h wurde aus Bauzeichnungen mit $h = 3,40 \text{ m}$ bestimmt. Für den spezifischen Luftpfeintrag wurde $q_l = 0,5 \text{ m}^3/(\text{m}^3_{\text{SF}} \cdot \text{h})$ gewählt. Die Betriebsstunden wurden aus den Strommessungen der zwei Gebläse abgeleitet. Das Volumen des Sandfanges wurde aus Bauzeichnungen ermittelt. Für den Wirkungsgrad wurde der niedrigste Wert nach [KEK13] gewählt. Aus betrieblichen Gründen werden immer nur zwei der vier Becken gleichzeitig belüftet, so dass für das Volumen der Becken in der Berechnung nur die Hälfte des Gesamtvolumens angesetzt wurde.

$$E_{SS} = \frac{0,5 \text{ m}^3/(\text{m}^3_{\text{SF}} \cdot \text{h}) * 1836,8 \text{ m}^3 * 3,40 \text{ m} * 8684 \text{ h/a}}{0,55 * 367 * 0,95}$$

$$\underline{E_{SS}} = \underline{141.409 \text{ kWh/a}}$$

Anlagenspezifischer Idealwert: Vorklärung (Süd)

Die Vorklärung Süd besteht aus vier Becken. Jedes Becken ist mit einem Brückenräumer und 2 Bandräumer für die Boden- und Schwimmschlammräumung ausgestattet. Im Verteilgerinne ist zusätzlich noch ein Räumer installiert. Der anlagenspezifische Idealwert für die Vorklärung Süd wurde nach Formel C.3 berechnet.

$$E = P * t \tag{C.3}$$

Mit:

P Energiebedarf pro Becken in kW/Becken.

t Laufzeit in h/a

Für den Energiebedarf pro Becken gibt [KEK13] einen Bereich von $P = 0,3 \text{ kW/Becken}$ bis $P = 1,0 \text{ kW/Becken}$ an. Da drei Räumer pro Becken installiert sind wurde der höchste Wert gewählt. Aus betriebstechnischen Gründen werden die Räumer ununterbrochen betrieben, so dass die Laufzeit mit $t = 8760 \text{ h/a}$ angesetzt wurde. Zusätzlich wird die Anzahl der Becken mit vier

berücksichtigt und die Formel C.3 um die Anzahl der Becken ergänzt.

$$E_{VS} = 1,0 \text{ kW/Becken} * 8760 \text{ h/a} * 4$$

$$\underline{E_{VS}} = \underline{35.040 \text{ kWh/a}}$$

Anlagenspezifischer Idealwert: Biologie Umwälzung (Süd)

Der anlagenspezifische Idealwert für die Umwälzung Süd wurde nach Formel C.4 berechnet.

$$E_{BSU} = \frac{V_{BB} * e_{spez} * t}{1000} \quad (\text{C.4})$$

Mit:

V_{BB} Volumen umgewälztes Becken in m^3

e_{spez} spezifischer Energiebedarf der Rührwerke in W/m^3

Für den spezifischen Energiebedarf gibt [KEK13] bei einer Beckengröße von über 2000 m^3 $1,5 \text{ W/m}^3$ an. Es gibt sechs Belebungsbecken in der Biologie Kö-Süd.

$$E_{BSU} = \frac{(6110 \text{ m}^3 * 6) * 1,5 \text{ W/m}^3 * 13.900 \text{ h/a}}{1000}$$

$$\underline{E_{BSU}} = \underline{764.361 \text{ kWh/a}}$$

Anlagenspezifischer Idealwert: Biologie Umwälzung (Dradenau)

Der anlagenspezifische Idealwert für die Umwälzung Dradenau wurde nach Formel C.4 berechnet. Für den spezifischen Energiebedarf gibt [KEK13] bei einer Beckengröße von 1000 m^3 bis 2000 m^3 einen Bereich von $2,0 \text{ W/m}^3$ bis $1,5 \text{ W/m}^3$ an. Es gibt 16 Belebungsbecken in der Biologie Dradenau. Jedes Becken ist in vier Zonen eingeteilt. Nur die ersten beiden Zonen werden umgewälzt. Eine messtechnische Ermittlung der Betriebsstunden ist nicht möglich, so dass aus der „normalen“ Betriebsführung für die erste Zone eine permanente Umwälzung und für die zweite Zone nur eine Umwälzung für die Hälfte der Zeit angenommen wird. Das Volumen wurde aus Bauzeichnungen ermittelt. Für das Volumen pro Zone wurde $1/4$ des Gesamtvolumens pro Becken angesetzt. Für die spezifische Leistung wird $1,5 \text{ W/m}^3$ gewählt.

$$E_{BDU,Zone1} = \frac{1950 \text{ m}^3 * 1,5 \text{ W/m}^3 * 8760 \text{ h/a} * 16}{1000}$$

$$\underline{E_{BDU,Zone1}} = \underline{409.968 \text{ kWh/a}}$$

$$E_{BDU,Zone2} = \frac{1950\text{m}^3 * 1,5\text{W/m}^3 * 4380\text{h/a} * 16}{1000}$$

$$\underline{E_{BDU,Zone2}} = \underline{204.984\text{kWh/a}}$$

$$E_{BDU} = E_{BDU,Zone1} + E_{BDU,Zone2} \quad (\text{C.5})$$

$$\underline{E_{BDU}} = \underline{614.952\text{kWh/a}}$$

Anlagenspezifischer Idealwert: Biologie Rezirkulation (Dradenau)

Für die Rezirkulationspumpen gibt es nur eine Frequenzmessung. Für Propellerpumpen (Kreisel-pumpen) gilt der Zusammenhang, dass die Fördermenge proportional zur Drehzahl ist.

$$Q \sim n \quad (\text{C.6})$$

Mit der Annahme, dass bei Nenndrehzahl die maximale Menge gefördert wird, gilt:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad (\text{C.7})$$

Die Drehzahl wird mit Formel C.8 berechnet.

$$n = \frac{f}{p} \quad (\text{C.8})$$

Mit:

f Frequenz

p Polpaare

Somit ist $n \sim f$ und es kann folgende Beziehung aufgestellt werden:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{f_1}{f_2} \quad (\text{C.9})$$

und

$$Q_2 = Q_1 * \frac{f_2}{f_1} \quad (\text{C.10})$$

Mit:

Q_2 geförderte Menge

Q_1 maximale Fördermenge bei Nenndrehzahl

f_2 (Betriebs-) Frequenz

f_1 Nennfrequenz

Die geförderte Menge wurde mit Nenndaten, den Daten aus der Frequenzmessung und Formel C.10 berechnet. Der anlagenspezifische Idealwert für die Rezirkulation Dradenau wurde nach Formel C.12 berechnet.

$$E_{BDR} = \frac{Q * h * e_{spez,Pumpe} * 1 \text{ kWh}}{1000 \text{ Wh}} \quad (\text{C.11})$$

$$= \frac{Q * h * 2,7 \text{ Wh}/(\text{m}^3 * \text{m}) * 1 \text{ kWh}}{\eta_{Pumpe} * \eta_{Motor} * \eta_{FU} * 1000 \text{ Wh}} \quad (\text{C.12})$$

Der Wirkungsgrad für eine Propellerpumpe wird in [KEK13] mit 0,65-0,80 angegeben. Es wurde der niedrigste Wert gewählt. Sowohl Ein- und Austritt der Förderung liegen unterhalb des Wasserspiegels im Belebungsbecken. Somit ist die geodätische Förderhöhe mit dem geringen Niveauunterschied im Becken gleich zu setzen. Eine Messung der Reibungsverluste ist nicht vorhanden. Die gesamte Förderhöhe wird mit 0,5 m angesetzt.

$$E_{BDR} = \frac{413.327.131 \text{ m}^3/\text{a} * 0,5 \text{ m} * 2,7 \text{ Wh}/(\text{m}^3 * \text{m})}{0,65 * 0,90 * 0,95 * 1000}$$

$$\underline{\underline{E_{PW,PwH} = 1.004.034 \text{ kWh/a}}}$$

Anlagenspezifischer Idealwert: Rücklaufschlamm (Süd)

Der anlagenspezifische Idealwert für die Rücklaufschlammumpfen Kö-Süd wurde nach Formel C.12 berechnet. Da die Pumpen ohne FU betrieben werden, wurde der Wirkungsgrad für den FU aus der Formel gestrichen. Die geförderte Rücklaufschlammmenge wurde messtechnisch ermittelt. Der Wirkungsgrad für eine Rohrgehäusepumpe wird in [KEK13], für eine Fördermenge bis 1500l/s, mit 0,70-0,80 angegeben.

$$E_{RSS} = \frac{69.015.776 \text{ m}^3/\text{a} * 0,5 \text{ m} * 2,7 \text{ Wh}/(\text{m}^3 * \text{m})}{0,70 * 0,90 * 1000}$$

$$\underline{\underline{E_{RSS} = 147.891 \text{ kWh/a}}}$$

Anlagenspezifischer Idealwert: Nachklärung (Dradenau)

Jedes der 64 Becken der Nachklärung in Dradenau hat einen Bandräumer in der ersten Zone für Boden- und Schwimmschlammräumung und einen Bandräumer in der zweiten Zone für die Boden-

schlammräumung. Beide Räumler werden über einen gemeinsamen Antrieb mit einer Nennleistung von 1,1 kW betrieben.

Der anlagenspezifische Idealwert für die Nachklärung Dradenau wurde nach Formel C.13 berechnet.

$$E = P * t \quad (C.13)$$

Mit:

P Energiebedarf pro Becken in kW/Becken.

t Laufzeit in h/a

Für den Energiebedarf pro Becken gibt [KEK13] einen Bereich von $P = 0,3 \text{ kW/Becken}$ bis $P = 1,0 \text{ kW/Becken}$ an. Aufgrund der installierten Leistung des Antriebs von 1,1 kW wurde der höchste Wert gewählt. Aus betriebstechnischen Gründen werden die Räumler ununterbrochen betrieben, so dass die Laufzeit mit $t = 8760 \text{ h/a}$ angesetzt wurde.

$$E_{ND} = 1,0 \text{ kW/Becken} * 8760 \text{ h/a} * 64$$

$$\underline{E_{ND}} = \underline{560.640 \text{ kWh/a}}$$

Anlagenspezifischer Idealwert: Überschussschlamm pumpen (Kö-Mitte)

Der IST-Verbrauch wurde mit den Messdaten aus der Frequenzmessung und folgendem Zusammenhang berechnet.

$$P_2 = P_1 * \left(\frac{f_2}{f_1}\right)^3 \quad (C.14)$$

$$(C.15)$$

Mit:

P_2 aktuelle Leistung

P_1 Leistung bei Nenndrehzahl

f_2 (Betriebs-) Frequenz

f_1 Nennfrequenz

Die geförderte Schlammmenge wurde messtechnisch ermittelt. Die Förderhöhe wurde aus der druckseitigen Druckmessung und dem, aus dem Niveau des Ansaugstutzens und dem Niveau im Rücklaufschlammkanal, ermitteltem Vordruck berechnet. Der anlagenspezifische Idealwert für die Überschussschlamm pumpen Kö-Mitte wurde nach Formel C.12 berechnet. Der Wirkungsgrad für

eine Kreiselpumpe wird in [KEK13] mit 0,65-0,80 angegeben.

$$E_{USM} = \frac{4.767.531 \text{ m}^3/\text{a} * 8,8 \text{ m} * 2,7 \text{ Wh}/(\text{m}^3 * \text{m})}{0,65 * 0,90 * 0,95 * 1000}$$

$$\underline{E_{RSS}} = \underline{203.826 \text{ kWh/a}}$$

Anlagenspezifischer Idealwert: Primärschlammumpen (Kö-Süd)

Die PS-Fördermenge wurde messtechnisch ermittelt. Die geodätische Förderhöhe wurde aus Niveau des Ansaugstutzens und dem Niveau des Zulaufs zur PS-Siebanlage-Süd ermittelt (Schätzwerte). Ein Druckverlust wird messtechnisch nicht erfasst. Unter der Annahme, dass der IST-Verbrauch der Pumpen dem Ideal-Wert entspricht, müsste der Druckverlust ca. 1,2 Bar betragen. Dieser Wert wurde für die Berechnung eingesetzt. Der Wirkungsgrad für Exzentrerschneckenpumpen wird in [KEK13] mit 0,70-0,80 angegeben. Der anlagenspezifische Idealwert für die PS-Pumpen Kö-Süd wurde nach Formel C.12 berechnet.

$$E_{PSKS} = \frac{1.027.194 \text{ m}^3/\text{a} * 20 \text{ m} * 2,7 \text{ Wh}/(\text{m}^3 * \text{m})}{0,7 * 0,90 * 0,95 * 1000}$$

$$\underline{E_{PSKS}} = \underline{92.679 \text{ kWh/a}}$$

Anlagenspezifischer Idealwert: Rohschlammumpen (Kö-Nord)

Die Rohschlammfördermenge wurde messtechnisch ermittelt. Die Förderhöhe wurde aus den Jahresmittelwerten der saug- und druckseitigen Druckmessung ermittelt. Der Wirkungsgrad für Schraubenzentrifugalradpumpen wird in [KEK13] mit 0,65-0,85 angegeben. Der anlagenspezifische Idealwert für die Rohschlammumpen Kö-Nord wurde nach Formel C.12 berechnet.

$$E_{RoHKN} = \frac{1.791.733 \text{ m}^3/\text{a} * 52,7 \text{ m} * 2,7 \text{ Wh}/(\text{m}^3 * \text{m})}{0,65 * 0,90 * 0,95 * 1000}$$

$$\underline{E_{RoHKN}} = \underline{458.742 \text{ kWh/a}}$$

Anlagenspezifischer Idealwert: Dosierpumpen (Faulung)

Die Fördermenge wurde messtechnisch ermittelt. Die Förderhöhe wurde aus den Jahresmittelwerten der saug- und druckseitigen Druckmessung ermittelt. Der Wirkungsgrad für Exzentrerschneckenpumpen wird in [KEK13] mit 0,70-0,80 angegeben. Der anlagenspezifische Idealwert für die Dosierpumpen der Faulung wurde nach Formel C.12 berechnet.

$$E_{DPF} = \frac{1.389.821 \text{ m}^3/\text{a} * 16 \text{ m} * 2,7 \text{ Wh}/(\text{m}^3 * \text{m})}{0,70 * 0,90 * 0,95 * 1000}$$

$$\underline{E_{RoHKN}} = \underline{100.318 \text{ kWh/a}}$$

Anlagenspezifischer Idealwert: Primärschlammeindickung (Kö-Süd)

Die PS-Fördermenge wurde messtechnisch ermittelt. Die Förderhöhe wurde aus einer einmaligen Vor-Ort-Messung der saug- und druckseitigen Druckmessung ermittelt. Der Wirkungsgrad für Exzentrerschneckenpumpen wird in [KEK13] mit 0,70-0,80 angegeben. Der anlagenspezifische Idealwert für die Pumpen der Primärschlammeindickung Kö-Süd wurde nach Formel C.12 berechnet. Die Pumpen werden ohne FU betrieben, so dass η_{FU} aus der Formel gestrichen wurde.

$$E_{PSEDKS} = \frac{606.540 \text{ m}^3/\text{a} * 35,5 \text{ m} * 2,7 \text{ Wh}/(\text{m}^3 * \text{m})}{0,7 * 0,90 * 1000}$$

$$\underline{E_{PSEDKS} = 92.281 \text{ kWh/a}}$$

Anlagenspezifischer Idealwert: Umwälzpumpen (Faulung)

Die Fördermenge der Umwälzung wurde messtechnisch ermittelt. Die Förderhöhe wurde aus den Jahresmittelwerten der saug- und druckseitigen Druckmessung ermittelt. Der Wirkungsgrad für Schraubenzentrifugalradpumpen wird in [KEK13] mit 0,65-0,85 angegeben. Der anlagenspezifische Idealwert für die Umwälzpumpen der Faulung wurde nach Formel C.12 berechnet.

$$E_{UPF} = \frac{11.161.522 \text{ m}^3/\text{a} * 9,24 \text{ m} * 2,7 \text{ Wh}/(\text{m}^3 * \text{m})}{0,65 * 0,90 * 1000}$$

$$\underline{E_{UPF} = 475.996 \text{ kWh/a}}$$

Anlagenspezifischer Idealwert: Mischer (Faulung)

Der anlagenspezifische Idealwert für die Mischer der Faulung wurde nach Formel C.16 berechnet.

$$E_{MF} = V_{FB} * e_{spez} * t \quad (\text{C.16})$$

Mit:

V_{FB} Volumen der Faulbehälter m^3

e_{spez} spezifischer Energiebedarf der Rührwerke in Wh/m^3

t Laufzeit in d/a

Für den spezifischen Energiebedarf gibt [KEK13] einen Bereich von 72 $\text{Wh}/\text{m}^3 * \text{d}$ bis 144 $\text{Wh}/\text{m}^3 * \text{d}$ an. Das Volumen der 8 Faulbehlter wurde aus Betriebsunterlagen ermittelt. Die Laufzeit der 8 Mischer wurde über die Strommessung ermittelt.

$$E_{MF} = 8000 \text{ m}^3 * 8 * 72 \text{ Wh/d} * 358 \text{ d/a}$$

$$\underline{E_{MF} = 1.649.664 \text{ kWh/a}}$$

ANHANG D

Datenblätter

Überstromzeitschutz/7SJ602

Technische Daten

Allgemeine Gerätedaten	
Stromwandlerkreise	
Nennstrom I_N	1 oder 5 A (einstellbar)
Option: empfindlicher Erdschluss-Stromwandler	$I_{EE} < 1,6 A$ oder $< 8 A$ (einstellbar)
Nennfrequenz f_N	50/60 Hz (wahlweise)
Leistungsaufnahme	
Stromeingang bei $I_N = 1 A$	$< 0,1 VA$
bei $I_N = 5 A$	$< 0,3 VA$
für empf. Erdfehlererfassung bei 1 A	etwa 0,05 VA
Überlastbarkeit thermisch (effektiv)	100 x I_N für 1 s 30 x I_N für 10 s 4 x I_N dauernd
dynamisch (Stoßstrom)	250 x I_N für eine Halbschwingung
Überlastbarkeit, falls mit empf. Erdfehler-Stromwandler ausgestattet	
thermisch (effektiv)	300 A für 1 s 100 A für 10 s 15 A dauernd
dynamisch (Stoßstrom)	750 A (Halbschwingung)
Spannungswandler	
Nennspannung U_N	100 bis 125 V
Leistungsaufnahme bei $U_N = 100 V$	$< 0,3 VA$ pro Phase
Belastbarkeit im Spannungspfad (Leiter-Erde-Spannung) thermisch (effektiv)	230 V dauernd
Stromversorgung	
Stromversorgung über integrierten Umrichter	
Nennhilfsspannung U_H / zulässige Spannungsbereiche	DC 24/48 V/± 20 % DC 60/110 V/± 20 % DC 110/125/220/250 V/± 20 % AC 115 V/- 20%, + 15 % AC 230 V/- 20%, + 15 %
Überlagerte Wechsellspannung, Spitze-Spitze	
bei Nennspannung	≤ 12 %
an den Spannungsbereichsgrenzen	≤ 6 %
Leistungsaufnahme	etwa 3 bis 6 W, abhängig vom Betriebszustand und der gewählten Hilfsspannung
Überbrückungszeit bei Ausfall / Kurzschluss der Hilfsspannung	≥ 50 ms bei $U_H \geq AC/DC 110 V$ ≥ 20 ms bei $U_H \geq DC 24 V$
Binärausgänge	
Auslöserelais	4 (rangierbar)
Kontakte pro Relais	1 Schließer / Form A (zwei Kontakte können zu Öffner / Form B geändert werden, über Steckbrücken)
Schaltleistung	
EIN	1000 W/VA
AUS	30 VA, 40 W ohmsch 25 VA bei $L/R \leq 50 ms$
Schaltspannung	250 V
Zulässiger Strom dauernd	5 A
für 0,5 s	30 A
Zulässiger Gesamtstrom für gewurzelte Kontakte: dauernd	5 A
für 0,5 s	30 A
Alarmrelais	
Kontakte pro Relais	1 Schließer / Öffner (Form A/B)
Schaltleistung	
EIN	1000 W/VA
AUS	30 VA, 40 W ohmsch 25 VA bei $L/R \leq 50 ms$
Schaltspannung	250 V
Zulässiger Strom	5 A dauernd
Binäreingänge	
Anzahl	3 (rangierbar)
Betriebsspannung	DC 24 bis 250 V
Stromaufnahme, unabhängig von Betriebsspannung	etwa 1,8 mA
Anregeschwelle, umsteckbar über Brücken	
Nennhilfsspannung	
DC 24/48/60/110 V	$U_{Anrege} \geq DC 19 V$
DC 110/125/220/250 V	$U_{Anrege} \geq DC 88 V$
Maximal zulässige Spannung	DC 300 V
Anschlüsse (mit Schrauben)	
Stromklemmen	
Anschluss Ringkabelschuh	$W_{max} = 11 mm, d_1 = 5 mm$
Leitungsquerschnitt	2,0 – 5,3 mm ² (AWG 14-10)
Direktanschluss	Massivleiter, Litze, Aderendhülse
Leitungsquerschnitt	2,0 – 5,3 mm ² (AWG 14-10)
Spannungsklemmen	
Anschluss Ringkabelschuh	$W_{max} = 10 mm, d_1 = 4 mm$
Leitungsquerschnitt	0,5 – 3,3 mm ² (AWG 20-12)
Direktanschluss	Massivleiter, Litze, Aderendhülse
Leitungsquerschnitt	0,5 – 3,3 mm ² (AWG 20-12)
Konstruktive Ausführung	
Gehäuse 7XP20	Abmessungen siehe Maßbilder, Teil 14
Schutzart nach EN 60529 für das Gerät im Aufbaugeschütz im Einbaugeschütz vorne hinten	IP 51 IP 51 IP 20
Personenschutz	IP 2x mit aufgesetzter Abdeckkappe
Gewicht	
Einbau / Schrankeinbau	etwa 4 kg
Aufbaugeschütz	etwa 4,5 kg
Serielle Schnittstellen	
Bedienschnittstelle	
Anschluss	frontseitig, nicht abgeriegelt, RS232, 9-polige SUB-D-Buchse
Bedienung	mit DIGSI 4.3 oder Folgeversion
Übertragungsgeschwindigkeit	Lieferstellung 19.200 Bd, Parität: 8E1 min. 1200 Bd max. 19.200 Bd
Entfernung	15 m

5

Abb. D.1: Datenblatt Siemens SIPROTEC 7SJ602 (Seite 1)

Überstromzeitschutz / 7SJ602

Technische Daten

Motorschutz		Thermobox (anstatt Systemschnittstelle) (ANSI 38)	
Einstellbereiche / Stufung Motormennstrom / Wandler-nennstrom	$I_{Motor} / I_N = 0,2 \text{ bis } 1,2$ (Stufung 0,1)	Anzahl der Temperatursensoren	max. 6
Anlaufstrom des Motors	$I_{Start} / I_{Motor} = 0,4 \text{ bis } 20$ (Stufung 0,1)	Messart	Pt 100 Ω oder Ni 100 Ω oder Ni 120 Ω „Öl“ oder „Umgebung“ oder „Ständer“ oder „Lager“ oder „Andere“
Zulässige Anlaufzeit $t_{Start \text{ max}}$	1 bis 360 s (Stufung 0,1 s)	Einbaukennzeichnung	
Anlaufzeitüberwachung (ANSI 48)		Meldungsgrenzwerte für jede Messstelle	-50 °C bis 250 °C (Stufung 1 °C) oder ∞ (keine Meldung)
Einstellbereiche / Stufung Anregeschwelle	$I_{Anr} / I_{Motor} = 0,4 \text{ bis } 20$ (Stufung 0,1)	Warntemperatur (Stufe 1)	-50 °C bis 250 °C (Stufung 1 °C) oder ∞ (keine Meldung)
Auslösekennlinie	$t_{AUS} = \left(\frac{I_{Start}}{I_{eff}} \right)^2 \cdot t_{Start \text{ max}}$ Bei $I_{eff} > I_{Anr}$. I_{Start} = Anlaufstrom des Motors I_{eff} = Tatsächlich fließender Strom I_{Anr} = Anregeschwelle ab welcher der Motoranlauf erkannt wird $t_{Start \text{ max}}$ = Max. zulässige Anlaufzeit t_{AUS} = Auslösezeit	Warntemperatur (Stufe 2)	-50 °C bis 250 °C (Stufung 1 °C) oder ∞ (keine Meldung)
Rückfallverhältnis I_{eff} / I_{Anr}	etwa 0,94	Zusatzfunktionen	
Toleranzen		Betriebsmesswerte	
Ansprechwerte	5 % vom Messwert bzw. 5 % vom Nennwert	Für Ströme	$I_{L1}, I_{L2}, I_{L3}, I_E$ in A (Ampere) primär oder in % I_N 10 bis 240 % I_N 3 % vom Messwert
Verzögerung	5 % bzw. 330 ms	Bereich Toleranz	3 % vom Messwert
Wiedereinschaltperre für Motoren (ANSI 66/86)		Für Spannungen	U_{L1-E} in kV primär oder in % 10 bis 120 % von U_N ≤ 3 % vom Messwert
Einstellbereiche / Stufung Rotortemperatur-Ausgleichszeit T_{COMP}	0 bis 60 Min. (Stufung 0,1 Min.)	Bereich Toleranz	≤ 3 % vom Messwert
Mindestsperrzeit $T_{min \text{ Sperrzeit}}$	0,2 bis 120 Min. (Stufung 0,1 Min.)	Für empfindliche Erdfehler- erfassung	$I_{EE}, I_{EEac}, I_{EEreac}$ (eff., Wirk- und Blindstrom) in A (kA) primär oder in % 0 bis 160 % I_{EN} ≤ 3 % vom Messwert
Maximal zulässige Anzahl von Warmstarts n_w	1 bis 4 (Stufung 1)	Bereich Toleranz	
Differenz zwischen Kalt- und Warmstarts $n_{kalt} - n_w$	1 bis 2 (Stufung 1)	Leistung / Arbeit	
Verlängerungsfaktor für die Abkühlungsnachbildung des Läufers bei Stillstand und Betrieb	1 bis 10 (Stufung 0,1)	S, Scheinleistung	in kVA, MVA, GVA
Wiedereinschaltgrenze	$\Theta_{WES} = \Theta_{L \text{ max zul}} \cdot \frac{n_{kalt} - 1}{n_{kalt}}$ Θ_{WES} = Temperaturgrenze unterhalb der das Wiedereinschalten möglich ist $\Theta_{L \text{ max zul}}$ = Max. zulässige Läuferüber-temperatur (= 100 % in Betriebs-messwert $\Theta_L / \Theta_{L \text{ AUS}}$) n_{kalt} = Anzahl zulässiger Kaltstarts	S/VA (Scheinleistung)	für $U / U_N, I / I_N = 50 \text{ bis } 120 \%$ typischerweise < 6 %
Unterstromüberwachung (ANSI 37)		P, Wirkleistung	in kW, MW, GW
Schwelle	$I_L < I_N = 0,1 \text{ bis } 4$ (Stufung 0,01)	P/Watt (Wirkleistung)	für $ \cos \phi = 0,707 \text{ bis } 1$, typischerweise < 6 %, für $U / U_N, I / I_N = 50 \text{ bis } 120 \%$
Verzögerungszeit für $I_L <$	0 bis 320 s (Stufung 0,1 s)	Q, Blindleistung	in kvar, Mvar, Gvar
		Q/Var (Blindleistung)	für $ \sin \phi = 0,707 \text{ bis } 1$, typischerweise < 6 %, für $U / U_N, I / I_N = 50 \text{ bis } 120 \%$
		cos φ, gesamt und phasenge- trennt	-1 bis +1
		Leistungsfaktor cos φ	für $ \cos \phi = 0,707 \text{ bis } 1$, typischerweise < 5 %
		Zählung	
		+ W_p kWh	in kWh, MWh, GWh vorwärts
		- W_p kWh	in kWh rückwärts
		+ W_q kvarh	in kvarh induktiv
		- W_q kvarh	in kvarh, Mvarh, Gvarh kapazitiv
		Langzeit-Mittelwerte	
		Mittelwerte	15, 30, 60 Minuten
		$I_{L1 \text{ dmd}}$ in A, kA	P_{dmd} in kW
		$I_{L2 \text{ dmd}}$ in A, kA	Q_{dmd} in kvar
		$I_{L3 \text{ dmd}}$ in A, kA	S_{dmd} in kVA

5

Abb. D.2: Datenblatt Siemens SIPROTEC 7SJ602 (Seite 2)

1.8 Messgrößen

Messgröße	Messpfad ¹	Auswahl	Fehlergrenzen ²
Spannung	L1-N, L2-N, L3-N, (N-E)	▼ ■ ●	± 0,2%
Spannung	L1-L2, L2-L3, L3-L1, Σ ³	▼ ■ ●	± 0,2%
Strom	L1, L2, L3, N, Σ ³	▼ ■ ●	± 0,2%
Wirkleistung P + Bezug, - Lieferung	L1, L2, L3, Σ	▼ ■ ●	± 0,5%
Blindleistung Q + kap, - ind	L1, L2, L3, Σ	▼ ■ ●	± 0,5%
Scheinleistung S	L1, L2, L3, Σ	▼ ■ ●	± 0,5%
Leistungsfaktor $ \cos\phi $ ⁴	L1, L2, L3, Σ	▼ ■ ●	± 0,5%
Wirkfaktor $\cos\phi$ ⁴	L1, L2, L3, Σ	▼ ■ ●	± 0,5%
Phasenwinkel ⁴	L1, L2, L3, Σ	▼ ■ ●	± 2°
Netzfrequenz ⁵	L1-N	▼ ■ ●	± 10 mHz
Wirkenergie E Bezug	L1, L2, L3, Σ	▼ ■	± 0,5%
Wirkenergie E Lieferung	L1, L2, L3, Σ	▼ ■	± 0,5%
Wirkenergie absolut	L1, L2, L3, Σ	▼ ■	± 0,5%
Wirkenergie Saldo	Σ	▼ ■	± 0,5%
Blindenergie Q kap	L1, L2, L3, Σ	▼ ■	± 0,5%
Blindenergie Q ind	L1, L2, L3, Σ	▼ ■	± 0,5%

ANHANG E

Aggregate/Zähler Köhlbrandhöft

Tab. E.1: Aggregate Köhlbrandhöft (Seite 01)

Hauptzähler (Einspeisung aus MS) TaBiS-Name	Gemessene Verfahrensstufen	Zähler "Schalthaus" /Aggregatzähler (Einspeisung aus NS) TaBiS-Name	Ort/Trafostu- se	Spannungsebene	Stamm- Schleife	AKZ	Aggregattyp	Pn [kW]	In[A]	U / Volt [Ac/DC]
KE41NS01FE06MA01XP44	Belebung		KE41	NS01		KS10BA01BB04OL44	Oberflächenbelüfter	110	110	
KE41NS01FE06MA01XP44	Belebung		KE41	NS01		KS10BA01BB04OL41	Oberflächenbelüfter	110	110	
KE41NS01FE06MA01XP44	Belebung		KE41	NS01		KS10BA01BB04OL42	Oberflächenbelüfter	110	110	
KE41NS01FE06MA01XP44	Belebung		KE41	NS01		KS10BA01BB04OL45	Oberflächenbelüfter	110	110	
KE41NS01FE06MA01XP44	Belebung		KE41	NS01		KS10BA01BB04OL43	Oberflächenbelüfter	110	110	
KE41NS01FE13MA01XP44	Belebung		KE41	NS01		KS10BA01BB05OL54	Oberflächenbelüfter	110	110	
KE41NS01FE13MA01XP45	Belebung		KE41	NS01		KS10BA01BB05OL51	Oberflächenbelüfter	110	110	
KE41NS01FE13MA01XP46	Belebung		KE41	NS01		KS10BA01BB05OL52	Oberflächenbelüfter	110	110	
KE41NS01FE13MA01XP47	Belebung		KE41	NS01		KS10BA01BB05OL55	Oberflächenbelüfter	110	110	
KE41NS01FE13MA01XP48	Belebung		KE41	NS01		KS10BA01BB05OL53	Oberflächenbelüfter	110	110	
KE41NS01FE15MA01XP44	Belebung		KE41	NS01		KS10BA01BB06OL64	Oberflächenbelüfter	110	110	
KE41NS01FE15MA01XP44	Belebung		KE41	NS01		KS10BA01BB06OL61	Oberflächenbelüfter	110	110	
KE41NS01FE15MA01XP44	Belebung		KE41	NS01		KS10BA01BB06OL62	Oberflächenbelüfter	110	110	
KE41NS01FE15MA01XP44	Belebung		KE41	NS01		KS10BA01BB06OL65	Oberflächenbelüfter	110	110	
KE41NS01FE15MA01XP44	Belebung		KE41	NS01		KS10BA01BB06OL63	Oberflächenbelüfter	110	110	
KE41NS02FE06MA01XP44	Belebung		KE41	NS02		KS10SH41OG04EH01	Heizung			
KE41NS02FE06MA01XP44	Belebung		KE41	NS02		KE41HT01KN01EH11	Heizung			
KE41NS02FE06MA01XP44	Belebung		KE41	NS02		KE41HT01KN01EH12	Heizung			
KE41NS02FE06MA01XP44	Belebung		KE41	NS02		KE41HT01KN01EH21	Heizung			
KE41NS02FE06MA01XP44	Belebung		KE41	NS02		KE41HT01KN01EH13	Heizung			
KE41NS02FE06MA01XP44	Belebung		KE41	NS02		KE41HT01KN01EH14	Heizung			
KE41NS02FE06MA01XP44	Belebung		KE41	NS02		KE41HT01KN01EH22	Heizung			
KE41NS02FE06MA01XP44	Belebung		KE41	NS02		KS10BA01DP01PU01	Pumpe	22	54	
KE41NS02FE06MA01XP44	Belebung		KE41	NS02		KS10BA01DP01PU02	Pumpe	22	54	
KE42NS01FE06MA01XP44	Belebung		KE42	NS01		KS10BA01BB01OL14	Oberflächenbelüfter	110	110	
KE42NS01FE06MA01XP44	Belebung		KE42	NS01		KS10BA01BB01OL11	Oberflächenbelüfter	110	110	
KE42NS01FE06MA01XP44	Belebung		KE42	NS01		KS10BA01BB01OL12	Oberflächenbelüfter	110	110	
KE42NS01FE06MA01XP44	Belebung	KE42NS01FE02MA01XP44	KE42	NS01		KS10BA01SP31PU11	Pumpe	37	40	
KE42NS01FE06MA01XP44	Belebung		KE42	NS01		KS10BA01BB01OL15	Oberflächenbelüfter	110	110	
KE42NS01FE06MA01XP44	Belebung		KE42	NS01		KS10BA01BB01OL13	Oberflächenbelüfter	110	110	
KE42NS01FE09MA01XP44	Belebung		KE42	NS01		KS10BA01SP31PU21	Pumpe	40		
KE42NS01FE13MA01XP44	Belebung		KE42	NS01		KS10BA01BB02OL24	Oberflächenbelüfter	110	110	
KE42NS01FE13MA01XP44	Belebung		KE42	NS01		KS10BA01BB02OL21	Oberflächenbelüfter	110	110	
KE42NS01FE13MA01XP44	Belebung		KE42	NS01		KS10BA01BB02OL22	Oberflächenbelüfter	110	110	
KE42NS01FE13MA01XP44	Belebung	KE42NS01FE09MA01XP44	KE42	NS01		KS10BA01SP31PU21	Pumpe	37	40	
KE42NS01FE13MA01XP44	Belebung		KE42	NS01		KS10BA01BB02OL25	Oberflächenbelüfter	110	110	
KE42NS01FE13MA01XP44	Belebung		KE42	NS01		KS10BA01BB02OL23	Oberflächenbelüfter	110	110	
KE42NS01FE15MA01XP44	Belebung		KE42	NS01		KS10BA01BB03OL34	Oberflächenbelüfter	110	110	
KE42NS01FE15MA01XP44	Belebung		KE42	NS01		KS10BA01BB03OL31	Oberflächenbelüfter	110	110	
KE42NS01FE15MA01XP44	Belebung		KE42	NS01		KS10BA01BB03OL32	Oberflächenbelüfter	110	110	
KE42NS01FE15MA01XP44	Belebung	KE42NS01FE17MA01XP44	KE42	NS01		KS10BA01SP31PU31	Pumpe	37	40	
KE42NS01FE15MA01XP44	Belebung		KE42	NS01		KS10BA01BB03OL35	Oberflächenbelüfter	110	110	
KE42NS01FE15MA01XP44	Belebung		KE42	NS01		KS10BA01BB03OL33	Oberflächenbelüfter	110	110	
KE42NS02FE06MA01XP44	Belebung		KE42	NS02		KS10SH42OG04EH01	Heizung			
KE42NS02FE06MA01XP44	Belebung		KE42	NS02		KE42HT01KN01EH11	Heizung			
KE42NS02FE06MA01XP44	Belebung		KE42	NS02		KE42HT01KN01EH12	Heizung			
KE42NS02FE06MA01XP44	Belebung		KE42	NS02		KE42HT01KN01EH21	Heizung			
KE42NS02FE06MA01XP44	Belebung		KE42	NS02		KE42HT01KN01EH13	Heizung			
KE42NS02FE06MA01XP44	Belebung		KE42	NS02		KE42HT01KN01EH14	Heizung			
KE42NS02FE06MA01XP44	Belebung		KE42	NS02		KE42HT01KN01EH22	Heizung			
KE45MS02FE21MA01XP44	Belebung		KE41	MS02						
KE45MS02FE22MA01XP44	Belebung		KE42	MS02						
KE18NT01CG01MA01XP44	Bezug		KE10							
KE18NT01CG01MA02XP44	Bezug		KE10							
KE61MS01FE08MA01XP44	Bezug		KE61	MS01						
KE61MS02FE11MA01XP44	Bezug		KE61	MS02						
KE12NS01FE09ME02XP44	Brauchwasseranlage	KE14NS02FE01ME01XP44	KE14	NS02		KM10BR01BP03PU01	Pumpe			
KE12NS01FE09ME02XP44	Brauchwasseranlage	KE14NS02FE01ME01XP44	KE14	NS03		KM10BR01BP04PU01	Pumpe			
KE12NS01FE09ME02XP44	Brauchwasseranlage	KE14NS02FE01ME01XP44	KE14	NS04		KM10BR01PA01PU01	Pumpe			
KE12NS01FE09ME02XP44	Brauchwasseranlage	KE14NS02FE01ME01XP44	KE14	NS05		KM10BR01PA01PU02	Pumpe			
KE12NS01FE09ME02XP44	Brauchwasseranlage	KE14NS02FE01ME01XP44	KE14	NS06		KM10BR01PA01PU03	Pumpe			
KE12NS01FE09ME02XP44	Brauchwasseranlage	KE14NS02FE01ME01XP44	KE14	NS08		KM10BR01BP05PU01	Pumpe			

Tab. E.2: Aggregate Köhlbrandhöft (Seite 02)

Hauptzähler (Einspeisung aus NS) TaBiS-Name	Gemessene Verfahrensstufen	Zähler "Betalhaus" /Aggregatzähler (Einspeisung aus NS) TaBiS-Name	Ort/Trafostu- te	Spannungsebene	Stamm- Schleife	AKZ	Aggregattyp	Pn [kW]	In[A]	U / Volt [Ac/Dc]
KE12NS01FE09ME02XP44	Brauchwasseranlage	KE14NS02FE01ME01XP44	KE14	NS09		KM10BR01BP05PU02	Pumpe			
KE12NS01FE09ME02XP44	Brauchwasseranlage	KE14NS02FE01ME01XP44	KE14	NS10		KM10BR01PA01PU04	Pumpe			
KE12NS01FE09ME02XP44	Brauchwasseranlage	KE14NS02FE01ME01XP44	KE14	NS11		KM10BR01PA01PU05	Pumpe			
KE12NS01FE09ME02XP44	Brauchwasseranlage	KE14NS02FE01ME01XP44	KE14	NS12		KM10BR01SS01KO01	Kompressor			
KE12NS01FE09ME02XP44	Brauchwasseranlage	KE14NS02FE01ME01XP44	KE14	NS13		KM10BR01SS01PU01	Pumpe			
KE12NS01FE13ME02XP44	Brauchwasseranlage	KE14NS02FE05ME01XP44	KE14	NS02		KM10BR01LN01LU01	Lüfter			
KE12NS01FE13ME02XP44	Brauchwasseranlage	KE14NS02FE05ME01XP44	KE14	NS02		KM10BR01PA02PU01	Pumpe			
KE12NS01FE13ME02XP44	Brauchwasseranlage	KE14NS02FE05ME01XP44	KE14	NS02		KM10BR01DE01PU01	Pumpe			
KE12NS01FE13ME02XP44	Brauchwasseranlage	KE14NS02FE05ME01XP44	KE14	NS02		KM10BR01DE02PU01	Pumpe			
KE12NS01FE13ME02XP44	Brauchwasseranlage	KE14NS02FE05ME01XP44	KE14	NS02		KM10BR01DE02PU02	Pumpe			
KE12NS01FE13ME02XP44	Brauchwasseranlage	KE14NS02FE05ME01XP44	KE14	NS02		KM10BR01BP03PU01	Pumpe			
KE12NS01FE13ME02XP44	Brauchwasseranlage	KE14NS02FE05ME01XP44	KE14	NS02		KM10BR01BP04PU01	Pumpe			
KE12NS01FE13ME02XP44	Brauchwasseranlage	KE14NS02FE05ME01XP44	KE14	NS02		KM10BR01BP05PU01	Pumpe			
KE12NS01FE13ME02XP44	Brauchwasseranlage	KE14NS02FE05ME01XP44	KE14	NS02		KM10BR01BP05PU02	Pumpe			
KE12NS01FE13ME02XP44	Brauchwasseranlage	KE14NS02FE05ME01XP44	KE14	NS02		KM10BR01PA01PU01	Pumpe			
KE12NS01FE13ME02XP44	Brauchwasseranlage	KE14NS02FE05ME01XP44	KE14	NS02		KM10BR01PA01PU02	Pumpe			
KE12NS01FE13ME02XP44	Brauchwasseranlage	KE14NS02FE05ME01XP44	KE14	NS02		KM10BR01PA01PU03	Pumpe			
KE12NS01FE13ME02XP44	Brauchwasseranlage	KE14NS02FE05ME01XP44	KE14	NS02		KM10BR01PA01PU04	Pumpe			
KE12NS01FE13ME02XP44	Brauchwasseranlage	KE14NS02FE05ME01XP44	KE14	NS02		KM10BR01PA01PU05	Pumpe			
Kein Zähler	Düker		KE32	NS01		KN20ZL22EP01PU22	Pumpe	110/16/15		
Kein Zähler	Düker		KE32	NS01		KN20ZL22KM01VD01	Verdichter			
Kein Zähler	Düker		KE32	NS01		KN20ZL22EP01PU21	Pumpe	110/16/15		
Kein Zähler	Düker		KE32	NS01		KN20ZL22LN01EH01	Heizung			
Kein Zähler	Düker		KE32	NS01		KN20ZL22LN01GB01	Gebälse			
Kein Zähler	Düker		KE32	NS01		KN20ZL22LN02GB01	Gebälse			
Kein Zähler	Düker		KE32	NS01		KN20ZL22EP01PU22	Pumpe			
Kein Zähler	Düker		KE32	NS01		KN20ZL22KM01VD01	Verdichter			
Kein Zähler	Düker		KE32	NS01		KN20ZL22LN01GB01	Gebälse			
Kein Zähler	Düker		KE32	NS01		KN20ZL22EP01PU21	Pumpe	110/16/15		
KE10NS20FE59ME01XP44	Einzelzähler	KE10NS01FE91MA01	KE10							
KE10NS20FE61ME01XP44	Einzelzähler	KE10NS01FE93MA01	KE10							
KE12NS03FE01ME02XP44	Einzelzähler	KE12NS01FE05ME02 KE12NS01FE09ME02 KE12NS01FE13ME02	KE12	NS03						
KE12NS03FE08ME02XP44	Einzelzähler	KE12NS01FE05ME02 KE12NS01FE09ME02 KE12NS01FE13ME02	KE12	NS03						
KE12NS03FE15ME02XP44	Einzelzähler	KE12NS01FE05ME02 KE12NS01FE09ME02 KE12NS01FE13ME02	KE12	NS03						
KE12NS04FE01ME02XP44	Einzelzähler	KE12NS01FE05ME02 KE12NS01FE09ME02 KE12NS01FE13ME02	KE12	NS04						
KE12NS04FE08ME02XP44	Einzelzähler	KE12NS01FE05ME02 KE12NS01FE09ME02 KE12NS01FE13ME02	KE12	NS04						
KE12NS04FE15ME02XP44	Einzelzähler	KE12NS01FE05ME02 KE12NS01FE09ME02 KE12NS01FE13ME02	KE12	NS04						
KE12NS11FE03ME02XP44	Einzelzähler	KE12NS01FE05ME02 KE12NS01FE09ME02 KE12NS01FE13ME02	KE12	NS11						
KE14NS02FE01ME01XP44	Einzelzähler	KE12NS01FE05ME02 KE12NS01FE09ME02 KE12NS01FE13ME02	KE14	NS02						
KE14NS02FE05ME01XP44	Einzelzähler	KE12NS01FE05ME02 KE12NS01FE09ME02 KE12NS01FE13ME02	KE14	NS02						
KE15NS01FE01ME01XP44	Einzelzähler	KE10NS01FE91MA01	KE15	NS01						
KE15NS01FE08ME01XP44	Einzelzähler	KE10NS01FE93MA01	KE15	NS01						
KE15NS04FE06ME01XP44	Einzelzähler	KE10NS01FE91MA01 KE15NS01FE01ME01	KE15	NS04						
KE15NS04FE09ME01XP44	Einzelzähler	KE10NS01FE93MA01 und KE15NS01FE08ME01	KE15	NS04						
KE16NS01FE08MA01XP44	Einzelzähler	KE10NS01FE93MA01 KE10NS01FE91MA01	KE16	NS01						
KE10NT01FE30MA01XP44	Erzeugung		KE10							
KE10NT01FE30MA02XP44	Erzeugung		KE10							
KE18NT01CG01MA03XP44	Erzeugung		KE18			Gasturbine				
KE18NT01CG01MA04XP44	Erzeugung		KE18			Dampfturbine				
KE18NT01CG01MA04XP45	Erzeugung		KE18			Dampfturbine				
KE45MS02FE27MA01XP44	Erzeugung		KE45	MS02						
KE45MS02FE27MA02XP44	Erzeugung		KE45	MS02						
KE45MS02FE27MA03XP44	Erzeugung		KE45	MS02						
KE45MS02FE27MA04XP44	Erzeugung		KE45	MS02						

Tab. E.3: Aggregate Köhlbrandhöft (Seite 03)

Hauptzähler (Einspeisung aus NS) ToBIS-Name	Gemeinsame Verfahrensstufen	Zähler "Bachthaus" /Aggregatezähler (Einspeisung aus NS) ToBIS-Name	Ort/Traffobus	Spannungsebene	Stamm-Schleife	AKZ	Aggregattyp	Pn [kW]	In[A]	U / Volt [Ac/DC]
KE12NS01FE05ME02XP44	Faulschlamm/Faulgas	KE12NS03FE01ME02XP44	KE12	NS03		KM10FA01GR01MS01	Mischer			
KE12NS01FE05ME02XP44	Faulschlamm/Faulgas	KE12NS03FE01ME02XP44	KE12	NS03		KM10FA01GR01PU01	Pumpe			
KE12NS01FE05ME02XP44	Faulschlamm/Faulgas	KE12NS03FE01ME02XP44	KE12	NS03		KM10FA01DE01PU11	Pumpe			
KE12NS01FE05ME02XP44	Faulschlamm/Faulgas	KE12NS03FE01ME02XP44	KE12	NS03		KM10FA01NF01PU05	Pumpe			
KE12NS01FE05ME02XP44	Faulschlamm/Faulgas	KE12NS03FE01ME02XP44	KE12	NS03		KM10FA01GR01PU02	Pumpe			
KE12NS01FE05ME02XP44	Faulschlamm/Faulgas	KE12NS03FE01ME02XP44	KE12	NS03		KM10FA01NF01EP01	Pumpe			
KE12NS01FE05ME02XP44	Faulschlamm/Faulgas	KE12NS03FE01ME02XP44	KE12	NS03		KM10HF01WK01PU01	Pumpe			
KE12NS01FE05ME02XP44	Faulschlamm/Faulgas	KE12NS04FE01ME02XP44	KE12	NS04		KM10FA01GR03PU06	Pumpe			
KE12NS01FE05ME02XP44	Faulschlamm/Faulgas	KE12NS04FE01ME02XP44	KE12	NS04		KM10FA01DE02PU11	Pumpe			
KE12NS01FE05ME02XP44	Faulschlamm/Faulgas	KE12NS04FE01ME02XP44	KE12	NS04		KM10FA01NF02PU08	Pumpe			
KE12NS01FE05ME02XP44	Faulschlamm/Faulgas	KE12NS04FE01ME02XP44	KE12	NS04		KM10FA01GR03PU07	Pumpe			
KE12NS01FE05ME02XP44	Faulschlamm/Faulgas	KE12NS11FE03ME02XP44	KE12	NS11		KM10HF01KA01HK01	Kessel			
KE12NS01FE05ME02XP44	Faulschlamm/Faulgas	KE12NS11FE03ME02XP44	KE12	NS11		KM10HF01KA01HK02	Kessel			
KE12NS01FE05ME02XP44	Faulschlamm/Faulgas	KE12NS11FE03ME02XP44	KE12	NS11		KM10HF01KA01HK03	Kessel			
KE12NS01FE13ME02XP44	Faulschlamm/Faulgas	KE12NS03FE15ME02XP44	KE12	NS03		KM10FA01GR02PU03	Pumpe			
KE12NS01FE13ME02XP44	Faulschlamm/Faulgas	KE12NS03FE15ME02XP44	KE12	NS03		KM10FA01DE01PU13	Pumpe			
KE12NS01FE13ME02XP44	Faulschlamm/Faulgas	KE12NS03FE15ME02XP44	KE12	NS03		KM10FA01GR02PU04	Pumpe			
KE12NS01FE13ME02XP44	Faulschlamm/Faulgas	KE12NS04FE15ME02XP44	KE12	NS04		KM10FA01GR04PU09	Pumpe			
KE12NS01FE13ME02XP44	Faulschlamm/Faulgas	KE12NS04FE15ME02XP44	KE12	NS04		KM10FA01DE02PU13	Pumpe			
KE12NS01FE13ME02XP44	Faulschlamm/Faulgas	KE12NS04FE15ME02XP44	KE12	NS04		KM10FA01GR04PU10	Pumpe			
KE12NS01FE13ME02XP44	Faulschlamm/Faulgas	KE12NS04FE15ME02XP44	KE12	NS04		KM10HF01WK01PU02	Pumpe			
KE12NS01FE05ME02XP44	Faulschlamm/Umwälzpumpwerk	KE12NS03FE01ME02XP44	KE12	NS03		KM10FA01UP01PU01	Pumpe			
KE12NS01FE05ME02XP44	Faulschlamm/Umwälzpumpwerk	KE12NS04FE01ME02XP44	KE12	NS04		KM10FA01UP03PU01	Pumpe			
KE12NS01FE05ME02XP44	Faulschlamm/Umwälzpumpwerk	KE12NS04FE01ME02XP44	KE12	NS04		KM10FA01UP02PU03	Pumpe			
KE12NS01FE09ME02XP44	Faulschlamm/Umwälzpumpwerk	KE12NS04FE08ME02XP44	KE12	NS04		KM10FA01UP02EP01	Pumpe			
KE12NS01FE13ME02XP44	Faulschlamm/Umwälzpumpwerk	KE12NS03FE15ME02XP44	KE12	NS03		KM10FA01UP01PU02	Pumpe			
KE12NS01FE13ME02XP44	Faulschlamm/Umwälzpumpwerk	KE12NS03FE15ME02XP44	KE12	NS03		KM10FA01UP01PU03	Pumpe			
KE12NS01FE13ME02XP44	Faulschlamm/Umwälzpumpwerk	KE12NS04FE15ME02XP44	KE12	NS04		KM10FA01UP02PU02	Pumpe			
KE12NS01FE13ME02XP44	Faulschlamm/Umwälzpumpwerk	KE12NS04FE15ME02XP44	KE12	NS04		KM10FA01UP02PU04	Pumpe			
KE12NS01FE05ME02XP44	Faulschlamm/Umwälzung	KE12NS03FE01ME02XP44	KE12	NS03		KM10FA01GR01MS02	Mischer			
KE12NS01FE05ME02XP44	Faulschlamm/Umwälzung	KE12NS04FE01ME02XP44	KE12	NS04		KM10FA01GR03MS06	Mischer			
KE12NS01FE05ME02XP44	Faulschlamm/Umwälzung	KE12NS04FE01ME02XP44	KE12	NS04		KM10FA01GR03MS07	Mischer			
KE12NS01FE13ME02XP44	Faulschlamm/Umwälzung	KE12NS03FE15ME02XP44	KE12	NS03		KM10FA01GR02MS03	Mischer			
KE12NS01FE13ME02XP44	Faulschlamm/Umwälzung	KE12NS03FE15ME02XP44	KE12	NS03		KM10FA01GR02MS04	Mischer			
KE12NS01FE13ME02XP44	Faulschlamm/Umwälzung	KE12NS04FE15ME02XP44	KE12	NS04		KM10FA01GR04MS09	Mischer			
KE12NS01FE13ME02XP44	Faulschlamm/Umwälzung	KE12NS04FE15ME02XP44	KE12	NS04		KM10FA01GR04MS10	Mischer			
KE10NS01FE91MA01XP44	Faulung	KE15NS01FE01ME01XP44	KE15	NS01	SS1	KM10FA01SP02PU01	Pumpe			
KE10NS01FE93MA01XP44	Faulung	KE15NS01FE08ME01XP44	KE15	NS01	SS1	KM10FA01SP02PU02	Pumpe			
KE10NS01FE91MA01XP44	Faulung	KE15NS01FE01ME01XP44	KE15	NS01	SS1	KM10FA01SP02LU01	Lüfter			
KE10NS01FE93MA01XP44	Faulung	KE15NS01FE08ME01XP44	KE15	NS01	SS1	KM10FA01SP02LU01	Lüfter			
KE10NS01FE91MA01XP44	Faulung	KE15NS01FE01ME01XP44	KE15	NS01	SS1	KM10FA01SP02PU04	Pumpe			
KE10NS01FE93MA01XP44	Faulung	KE15NS01FE08ME01XP44	KE15	NS01	SS1	KM10FA01SP02HY01	Hydraulikaggregat			
KE10NS01FE91MA01XP44	Faulung	KE15NS01FE01ME01XP44	KE15	NS01	SS1	KM10FA01SP02LU02	Lüfter			
KE10NS01FE93MA01XP44	Faulung	KE15NS01FE08ME01XP44	KE15	NS01	SS1	KM10FA01SP02PU03	Pumpe			
KE12NS01FE09ME02XP44	Faulung	KE12NS03FE08ME02XP44	KE12	NS03		KM10HF01KA01VD01	Verdichter			
KE12NS01FE09ME02XP44	Faulung	KE12NS03FE08ME02XP44	KE12	NS03		KM10HF01KA01VD02	Verdichter			
KE12NS01FE09ME02XP44	Faulung	KE12NS03FE08ME02XP44	KE12	NS03		KM10FG01KA01PU01	Pumpe			
KE12NS01FE09ME02XP44	Faulung	KE12NS03FE08ME02XP44	KE12	NS03		KM10FG01KA01PU02	Pumpe			
KE12NS01FE09ME02XP44	Faulung	KE12NS03FE08ME02XP44	KE12	NS03		KM10HF01KA01PU01	Pumpe			
KE12NS01FE09ME02XP44	Faulung	KE12NS03FE08ME02XP44	KE12	NS03		KM10HF01KA01PU02	Pumpe			
KE12NS01FE09ME02XP44	Faulung	KE12NS04FE08ME02XP44	KE12	NS04		KM10FA01VA02EP01	Pumpe			
KE12NS01FE09ME02XP44	Faulung	KE12NS04FE08ME02XP44	KE12	NS04		KM10FA01WA02EP01	Pumpe			
KE12NS01FE09ME02XP44	Faulung	KE12NS04FE08ME02XP44	KE12	NS04		KM10FA01WA02EP02	Pumpe			
KE12NS01FE09ME02XP44	Faulung	KE12NS04FE08ME02XP44	KE12	NS04		KM10FA01DE02PU12	Pumpe			
KE12NS01FE09ME02XP44	Faulung	KE12NS04FE08ME02XP44	KE12	NS04		KM10FA01WA02HA01	Hydraulikaggregat			
KE12NS01FE09ME02XP44	Faulung	KE12NS04FE08ME02XP44	KE12	NS04		KM10FA01UP02HA01	Hydraulikaggregat			

Tab. E.4: Aggregate Kühlbrandhöft (Seite 04)

Hauptzähler (Einspeisung aus NS) TaBiS-Name	Gemessene Verfahrerstufen	Zähler "Böschhaus" / Aggregatezähler (Einspeisung aus NS) TaBiS-Name	Ort/Traße/ us	Spannungsebene	Stamm- Schleife	AKZ	Aggregattyp	Pn [kW]	In[A]	U / Volt [Ac/DC]
KE12NS01FE09ME02XP44	Faulung	KE12NS04FE08ME02XP44	KE12	NS04		KM10FG01ER01PU01	Pumpe			
KE12NS01FE09ME02XP44	Faulung	KE12NS04FE08ME02XP44	KE12	NS04		KM10FG01BE01PU01	Pumpe			
KE12NS01FE09ME02XP44	Faulung	KE12NS04FE08ME02XP44	KE12	NS04		KM10FG01VE01PU21	Pumpe			
KE12NS01FE09ME02XP44	Faulung	KE12NS04FE08ME02XP44	KE12	NS04		KM10FG01VE01PU51	Pumpe			
KE12NS01FE09ME02XP44	Faulung	KE12NS04FE08ME02XP44	KE12	NS04		KM10FG01VE01PU61	Pumpe			
KE12NS01FE09ME02XP44	Faulung	KE12NS04FE08ME02XP44	KE12	NS04		KM10FG01VE01PU31	Pumpe			
KE12NS01FE09ME02XP44	Faulung	KE12NS04FE08ME02XP44	KE12	NS04		KM10FG01VE01PU32	Pumpe			
KE12NS01FE09ME02XP44	Faulung	KE12NS04FE08ME02XP44	KE12	NS04		KM10FG01VE01PU02	Pumpe			
KE10NS01FE91MA01XP44 KE10NS01FE93MA01XP44	Fremdschlammannahme	KE16NS01FE06MA01XP44	KE16	NS10	SS1	KM10SA04DE01LU01	Lüfter			
KE10NS01FE91MA01XP44 KE10NS01FE93MA01XP44	Fremdschlammannahme	KE16NS01FE06MA01XP44	KE16	NS10	SS1	KM10SA04DE01PU01	Pumpe			
KE10NS01FE91MA01XP44 KE10NS01FE93MA01XP44	Fremdschlammannahme	KE16NS01FE06MA01XP44	KE16	NS10	SS1	KM10SA04PS01LU01	Lüfter			
KE17NS11FE04MA21CZW	Fremdschlammannahme		KE17	NS12		KT10SA01HY07PU01	Pumpe			
KE10MS03FE40MP01XP43	Hochwasserpumpwerk		KE29	NS01		KN10AL01HP01PU01	Pumpe	250		
KE10MS01FE13MP01XP43	Hochwasserpumpwerk		KE29	NS01		KN10AL01HP01PU02	Pumpe	250		
KE10NS01FE91MA01XP44 KE10NS01FE93MA01XP44	Infrastruktur	KE16NS01FE06MA01XP44	KE16	NS01	SS1	KE16SH16LN01LU	Lüfter			
KE10NS01FE93MA01XP44 KE10NS01FE91MA01XP44	Infrastruktur		KE10	NS02	SS2	KE10NS02LN01EH01	Heizung	16		
KE10NS01FE93MA01XP44 KE10NS01FE91MA01XP44	Infrastruktur		KE10	NS02	SS2	KE10NS02LN03LU01	Lüfter	0,045		
KE10NS01FE93MA01XP44 KE10NS01FE91MA01XP44	Infrastruktur		KE10	NS02	SS2	KE10NS02LN04LU01	Lüfter	0,25		
KE10NS01FE93MA01XP44 KE10NS01FE91MA01XP44	Infrastruktur		KE10	NS02	SS2	KE10NS02LN01LU01	Lüfter	0,25		
KE10NS01FE93MA01XP44 KE10NS01FE91MA01XP44	Infrastruktur		KE10	NS02	SS2	KE10NS02LN01LU02	Lüfter	0,25		
KE10NS01FE93MA01XP44 KE10NS01FE91MA01XP44	Infrastruktur		KE10	NS02	SS2	KE10NS02LN01LU03	Lüfter	0,25		
KE10NS01FE93MA01XP44 KE10NS01FE91MA01XP44	Infrastruktur		KE10	NS02	SS2	KE10NS02LN02LU01	Lüfter	0,25		
KE10NS01FE93MA01XP44 KE10NS01FE91MA01XP44	Infrastruktur		KE10	NS02	SS2	KE10NS02LN02LU02	Lüfter	0,25		
KE10NS01FE93MA01XP44 KE10NS01FE91MA01XP44	Infrastruktur		KE10	NS02	SS2	KE10NS02LN02LU03	Lüfter	0,25		
KE20NS01FE08ME01XP44 KE20NS01FE05ME01XP44	Infrastruktur		KE20	NS02		KN10VN01EG04LU01	Lüfter			
KE20NS01FE08ME01XP44 KE20NS01FE05ME01XP44	Infrastruktur		KE20	NS02		KN10VN01EG05LU01	Lüfter			
KE20NS01FE08ME01XP44 KE20NS01FE05ME01XP44	Infrastruktur		KE20	NS02		KN10VN01EG09LU01	Lüfter			
KE20NS01FE08ME01XP44 KE20NS01FE05ME01XP44	Infrastruktur		KE20	NS02		KN10VN01EG09LU02	Lüfter			
KE20NS01FE08ME01XP44 KE20NS01FE05ME01XP44	Infrastruktur		KE20	NS02		KN10VN01OG07LU01	Lüfter			
KE20NS01FE08ME01XP44 KE20NS01FE05ME01XP44	Infrastruktur		KE20	NS02		KN10VN01OG11LU01	Lüfter			
KE20NS01FE08ME01XP44 KE20NS01FE05ME01XP44	Infrastruktur		KE20	NS02		KN10VN01OG11LU02	Lüfter			
KE20NS01FE08ME01XP44 KE20NS01FE05ME01XP44	Infrastruktur		KE20	NS02		KN10VN01OG12LU01	Lüfter			
KE20NS01FE08ME01XP44 KE20NS01FE05ME01XP44	Infrastruktur		KE20	NS02		KN10VN01OG14LU01	Lüfter			
KE20NS01FE08ME01XP44 KE20NS01FE05ME01XP44	Infrastruktur		KE20	NS02		KN10VN01OG14LU02	Lüfter			
KE20NS01FE08ME01XP44 KE20NS01FE05ME01XP44	Infrastruktur		KE20	NS02		KN10VN01OG14LU03	Lüfter			
KE45NS01FE01MA01XP44 KE45NS01FE26MA01XP44	Infrastruktur		KE45	NS01		KE45HT01KN01VD01	Verdichter	3,6	10,4	400
KE45NS01FE01MA01XP44 KE45NS01FE26MA01XP44	Infrastruktur		KE45	NS01		KE45HT01KN01LU01	Lüfter	1,65		400
KE45NS01FE01MA01XP44 KE45NS01FE26MA01XP44	Infrastruktur		KE45	NS01		KE45HT01KN01LU11	Lüfter	4,2		400
KE45NS01FE01MA01XP44 KE45NS01FE26MA01XP44	Infrastruktur		KE45	NS01		KE45HT01KN01LU22	Lüfter	4,2		400
KE45NS01FE01MA01XP44 KE45NS01FE26MA01XP44	Infrastruktur		KE45	NS01		KE45HT01KN01VD02	Verdichter	3,6	10,4	400
KE45NS01FE01MA01XP44 KE45NS01FE26MA01XP44	Infrastruktur		KE45	NS01		KE45HT01KN01LU02	Lüfter	1,65		400
KE45NS01FE01MA01XP44 KE45NS01FE26MA01XP44	Infrastruktur		KE45	NS01		KE45HT01KN01LU12	Lüfter	4,2		400
KE45NS01FE01MA01XP44 KE45NS01FE26MA01XP44	Infrastruktur		KE45	NS01		KE45HT01KN01LU21	Lüfter	4,2		400
KE45NS01FE01MA01XP44 KE45NS01FE26MA01XP44	Infrastruktur		KE45	NS01		KE45HT01KN01VD03	Verdichter	3,6	10,4	400
KE45NS01FE01MA01XP44 KE45NS01FE26MA01XP44	Infrastruktur		KE45	NS01		KE45HT01KN01LU03	Lüfter	0,65		400
KE45NS01FE01MA01XP44 KE45NS01FE26MA01XP44	Infrastruktur		KE45	NS01		KE45HT01KN01LU13	Lüfter	4,2		400
KE45NS01FE01MA01XP44 KE45NS01FE26MA01XP44	Infrastruktur		KE45	NS04		KE45HT01KN01LU11	Lüfter			
KE45NS01FE01MA01XP44 KE45NS01FE26MA01XP44	Infrastruktur		KE45	NS04		KE45HT01KN01LU12	Lüfter			
KE45NS01FE01MA01XP44 KE45NS01FE26MA01XP44	Infrastruktur		KE45	NS04		KE45HT01KN01LU13	Lüfter			

Tab. E.5: Aggregate Köhlbrandhöft (Seite 05)

Hauptzähler (Einspeisung aus NS) ToBIS-Name	Gemessene Verfahrerstufen	Zähler "Schalthaus" /Aggregatezähler (Einspeisung aus NS) ToBIS-Name	Ort/Trafohaus	Spannungsebene	Stamm-Schleife	AKZ	Aggregattyp	Pn [kW]	In[A]	U / Volt [Ac/DC]
KE4NS01FE01MA01XP44 KE4NS01FE26MA01XP44	Infrastruktur		KE45	NS04		KE45HT01KN01LU21	Lüfter			
KE4NS01FE01MA01XP44 KE4NS01FE26MA01XP44	Infrastruktur		KE45	NS04		KE45HT01KN01LU22	Lüfter			
KE61MS02FE16MA01XP44	Infrastruktur		KE61	NS03		KE61SH01LN03LU21	Lüfter			
KE61MS02FE16MA01XP44	Infrastruktur		KE61	NS03		KE61SH01LN04LU21	Lüfter			
KE61MS02FE16MA01XP44	Infrastruktur		KE61	NS03		KE61SH01LN05LU21	Lüfter			
KE41NS02FE06MA01XP44 KE4NS02FE06MA01XP44	Nachklärung	KE4NS01FE04MA01XP44 KE4NS01FE09MA01XP44	KE46	NS01		KS10BA01NB08RA01	Räumer	0,25		
KE41NS02FE06MA01XP44 KE4NS02FE06MA01XP44	Nachklärung	KE4NS01FE04MA01XP44 KE4NS01FE09MA01XP45	KE46	NS01		KS10BA01NB09RA01	Räumer	0,25		
KE41NS02FE06MA01XP44 KE4NS02FE06MA01XP44	Nachklärung	KE4NS01FE04MA01XP44 KE4NS01FE09MA01XP46	KE46	NS01		KS10BA01NB10RA01	Räumer	0,25		
KE41NS02FE06MA01XP44 KE4NS02FE06MA01XP44	Nachklärung	KE4NS01FE04MA01XP44 KE4NS01FE09MA01XP47	KE46	NS01		KS10BA01NB11RA01	Räumer	0,25		
KE41NS02FE06MA01XP44 KE4NS02FE06MA01XP44	Nachklärung	KE4NS01FE04MA01XP44 KE4NS01FE09MA01XP48	KE46	NS01		KS10BA01NB08RA02	Räumer	0,25		
KE41NS02FE06MA01XP44 KE4NS02FE06MA01XP44	Nachklärung	KE4NS01FE04MA01XP44 KE4NS01FE09MA01XP49	KE46	NS01		KS10BA01NB09RA02	Räumer	0,25		
KE41NS02FE06MA01XP44 KE4NS02FE06MA01XP44	Nachklärung	KE4NS01FE04MA01XP44 KE4NS01FE09MA01XP50	KE46	NS01		KS10BA01NB11RA02	Räumer	0,25		
KE41NS02FE06MA01XP44 KE4NS02FE06MA01XP44	Nachklärung	KE4NS01FE04MA01XP44 KE4NS01FE09MA01XP51	KE46	NS01		KS10BA01NB10RA02	Räumer	0,25		
KE41NS02FE06MA01XP44 KE4NS02FE06MA01XP44	Nachklärung	KE4NS01FE04MA01XP44 KE4NS01FE09MA01XP52	KE46	NS01		KS10BA01NB08KR01	Kipprinne			
KE41NS02FE06MA01XP44 KE4NS02FE06MA01XP44	Nachklärung	KE4NS01FE04MA01XP44 KE4NS01FE09MA01XP53	KE46	NS01		KS10BA01NB09KR01	Kipprinne			
KE41NS02FE06MA01XP44 KE4NS02FE06MA01XP44	Nachklärung	KE4NS01FE04MA01XP44 KE4NS01FE09MA01XP54	KE46	NS01		KS10BA01NB10KR01	Kipprinne			
KE41NS02FE06MA01XP44 KE4NS02FE06MA01XP44	Nachklärung	KE4NS01FE04MA01XP44 KE4NS01FE09MA01XP55	KE46	NS01		KS10BA01NB11KR01	Kipprinne			
KE41NS02FE06MA01XP44 KE4NS02FE06MA01XP44	Nachklärung	KE4NS01FE04MA01XP44 KE4NS01FE09MA01XP56	KE46	NS01		KS10BA01NB08PW01	Paddelwerk			
KE41NS02FE06MA01XP44 KE4NS02FE06MA01XP44	Nachklärung	KE4NS01FE04MA01XP44 KE4NS01FE09MA01XP57	KE46	NS01		KS10BA01NB09PW01	Paddelwerk			
KE41NS02FE06MA01XP44 KE4NS02FE06MA01XP44	Nachklärung	KE4NS01FE04MA01XP44 KE4NS01FE09MA01XP58	KE46	NS01		KS10BA01NB10PW01	Paddelwerk			
KE41NS02FE06MA01XP44 KE4NS02FE06MA01XP44	Nachklärung	KE4NS01FE04MA01XP44 KE4NS01FE09MA01XP59	KE46	NS01		KS10BA01NB11PW01	Paddelwerk			
KE41NS02FE06MA01XP44 KE4NS02FE06MA01XP44	Nachklärung	KE4NS01FE04MA01XP44 KE4NS01FE09MA01XP60	KE46	NS01		KS10BA01NB12RA01	Räumer	0,25		
KE41NS02FE06MA01XP44 KE4NS02FE06MA01XP44	Nachklärung	KE4NS01FE04MA01XP44 KE4NS01FE09MA01XP61	KE46	NS01		KS10BA01NB13RA01	Räumer	0,25		
KE41NS02FE06MA01XP44 KE4NS02FE06MA01XP44	Nachklärung	KE4NS01FE04MA01XP44 KE4NS01FE09MA01XP62	KE46	NS01		KS10BA01NB14RA01	Räumer	0,25		
KE41NS02FE06MA01XP44 KE4NS02FE06MA01XP44	Nachklärung	KE4NS01FE04MA01XP44 KE4NS01FE09MA01XP63	KE46	NS01		KS10BA01NB12RA02	Räumer	0,25		
KE41NS02FE06MA01XP44 KE4NS02FE06MA01XP44	Nachklärung	KE4NS01FE04MA01XP44 KE4NS01FE09MA01XP64	KE46	NS01		KS10BA01NB13RA02	Räumer	0,25		
KE41NS02FE06MA01XP44 KE4NS02FE06MA01XP44	Nachklärung	KE4NS01FE04MA01XP44 KE4NS01FE09MA01XP65	KE46	NS01		KS10BA01NB14RA02	Räumer	0,25		
KE41NS02FE06MA01XP44 KE4NS02FE06MA01XP44	Nachklärung	KE4NS01FE04MA01XP44 KE4NS01FE09MA01XP66	KE46	NS01		KS10BA01VA01LU02	Lüfter			
KE41NS02FE06MA01XP44 KE4NS02FE06MA01XP44	Nachklärung	KE4NS01FE04MA01XP44 KE4NS01FE09MA01XP67	KE46	NS01		KS10BA01NB12KR01	Kipprinne			
KE41NS02FE06MA01XP44 KE4NS02FE06MA01XP44	Nachklärung	KE4NS01FE04MA01XP44 KE4NS01FE09MA01XP68	KE46	NS01		KS10BA01NB13KR01	Kipprinne			
KE41NS02FE06MA01XP44 KE4NS02FE06MA01XP44	Nachklärung	KE4NS01FE04MA01XP44 KE4NS01FE09MA01XP69	KE46	NS01		KS10BA01NB14KR01	Kipprinne			
KE41NS02FE06MA01XP44 KE4NS02FE06MA01XP44	Nachklärung	KE4NS01FE04MA01XP44 KE4NS01FE09MA01XP70	KE46	NS01		KS10BA01NB12PW01	Paddelwerk			
KE41NS02FE06MA01XP44 KE4NS02FE06MA01XP44	Nachklärung	KE4NS01FE04MA01XP44 KE4NS01FE09MA01XP71	KE46	NS01		KS10BA01NB13PW01	Paddelwerk			
KE41NS02FE06MA01XP44 KE4NS02FE06MA01XP44	Nachklärung	KE4NS01FE04MA01XP44 KE4NS01FE09MA01XP72	KE46	NS01		KS10BA01NB14PW01	Paddelwerk			
KE41NS02FE06MA01XP44 KE4NS02FE06MA01XP44	Nachklärung	KE4NS01FE04MA01XP44 KE4NS01FE09MA01XP73	KE46	NS01		KS10BA01DP02PU02	Pumpe			
KE42NS02FE06MA01XP44 KE41NS02FE06MA01XP44	Nachklärung	KE4NS01FE06MA01XP44 KE4NS01FE04MA01XP44	KE46	NS01		KS10BA01NB01RA01	Räumer	0,25		
KE42NS02FE06MA01XP44 KE41NS02FE06MA01XP44	Nachklärung	KE4NS01FE06MA01XP44 KE4NS01FE04MA01XP44	KE46	NS01		KS10BA01NB02RA01	Räumer	0,25		
KE42NS02FE06MA01XP44 KE41NS02FE06MA01XP44	Nachklärung	KE4NS01FE06MA01XP44 KE4NS01FE04MA01XP44	KE46	NS01		KS10BA01NB03RA01	Räumer	0,25		
KE42NS02FE06MA01XP44 KE41NS02FE06MA01XP44	Nachklärung	KE4NS01FE06MA01XP44 KE4NS01FE04MA01XP44	KE46	NS01		KS10BA01NB04RA01	Räumer	0,25		
KE42NS02FE06MA01XP44 KE41NS02FE06MA01XP44	Nachklärung	KE4NS01FE06MA01XP44 KE4NS01FE04MA01XP44	KE46	NS01		KS10BA01NB01RA02	Räumer	0,25		
KE42NS02FE06MA01XP44 KE41NS02FE06MA01XP44	Nachklärung	KE4NS01FE06MA01XP44 KE4NS01FE04MA01XP44	KE46	NS01		KS10BA01NB02RA02	Räumer	0,25		
KE42NS02FE06MA01XP44 KE41NS02FE06MA01XP44	Nachklärung	KE4NS01FE06MA01XP44 KE4NS01FE04MA01XP44	KE46	NS01		KS10BA01NB03RA02	Räumer	0,25		
KE42NS02FE06MA01XP44 KE41NS02FE06MA01XP44	Nachklärung	KE4NS01FE06MA01XP44 KE4NS01FE04MA01XP44	KE46	NS01		KS10BA01NB04RA02	Räumer	0,25		
KE42NS02FE06MA01XP44 KE41NS02FE06MA01XP44	Nachklärung	KE4NS01FE06MA01XP44 KE4NS01FE04MA01XP44	KE46	NS01		KS10BA01NB01KR01	Kipprinne			
KE42NS02FE06MA01XP44 KE41NS02FE06MA01XP44	Nachklärung	KE4NS01FE06MA01XP44 KE4NS01FE04MA01XP44	KE46	NS01		KS10BA01NB02KR01	Kipprinne			
KE42NS02FE06MA01XP44 KE41NS02FE06MA01XP44	Nachklärung	KE4NS01FE06MA01XP44 KE4NS01FE04MA01XP44	KE46	NS01		KS10BA01NB03KR01	Kipprinne			
KE42NS02FE06MA01XP44 KE41NS02FE06MA01XP44	Nachklärung	KE4NS01FE06MA01XP44 KE4NS01FE04MA01XP44	KE46	NS01		KS10BA01NB04KR01	Kipprinne			
KE42NS02FE06MA01XP44 KE41NS02FE06MA01XP44	Nachklärung	KE4NS01FE06MA01XP44 KE4NS01FE04MA01XP44	KE46	NS01		KS10BA01NB01PW01	Paddelwerk			
KE42NS02FE06MA01XP44 KE41NS02FE06MA01XP44	Nachklärung	KE4NS01FE06MA01XP44 KE4NS01FE04MA01XP44	KE46	NS01		KS10BA01NB02PW01	Paddelwerk			

Tab. E.7: Aggregate Köhlbrandhöft (Seite 07)

Hauptzähler (Einspeisung aus MS) TeBIS-Name	Gemessene Verfahrensstufen	Zähler "Böckelhaus" / Aggregatezähler (Einspeisung aus MS) TeBIS-Name	Ort/Traße us	Spannungsebene	Stamm- Schleife	AKZ	Aggregattyp	Pn [kW]	In[A]	U / Volt [Ac/Dc]
KE41NS02FE08MA01XP44	Primärschlammeindickung	KE41NS03FE01MA01XP44 KE41NS03FE12MA01XP44	KE41	NS03		KS10SE01SP01PU12	Pumpe			
KE42NS02FE08MA01XP44	Primärschlammeindickung	KE42NS03FE01MA01XP44 KE42NS03FE11MA01XP65	KE42	NS03		KS10SE01HY01HA01	Hydraulikaggregat			
KE42NS02FE08MA01XP44	Primärschlammeindickung	KE42NS03FE01MA01XP44 KE42NS03FE11MA01XP66	KE42	NS03		KS10SE01SP01LU01	Lüfter			
KE47NS01FE08MA01XP44	Primärschlammeindickung		KE47	NS						
KE16NS01FE08MA01XP44	Primärschlammsiebung	KE16NS01FE08MA01XP44	KE16	NS03	SS1	KSSERE01EH01	Heizung			
KE16NS01FE08MA01XP44	Primärschlammsiebung	KE16NS01FE08MA01XP44	KE16	NS03	SS1	KSSERE02EH01	Heizung			
KE20NS01FE08ME01XP44	Primärschlammsiebung		KE20	NS03		KN10SE02RG01FD11	Pumpe			
KE20NS01FE08ME01XP44	Primärschlammsiebung		KE20	NS03		KN10SE02RG01FD12	Pumpe			
KE20NS01FE08ME01XP44	Primärschlammsiebung		KE20	NS03		KN10SE02RG01FD13	Pumpe			
KE20NS01FE08ME01XP44	Primärschlammsiebung		KE20	NS03		KN10SE02RG01AM11	Antrieb			
KE20NS01FE08ME01XP44	Primärschlammsiebung		KE20	NS03		KN10SE02RG01FD21	Pumpe			
KE20NS01FE08ME01XP44	Primärschlammsiebung		KE20	NS03		KN10SE02RG01FD22	Pumpe			
KE20NS01FE08ME01XP44	Primärschlammsiebung		KE20	NS03		KN10SE02RG01FD23	Pumpe			
KE20NS01FE08ME01XP44	Primärschlammsiebung		KE20	NS03		KN10SE02RG01AM21	Antrieb			
KE45NS01FE01MA01XP44 KE45NS01FE26MA01XP44	Rechen		KE45	NS01		KS10RA01RG01RE11	Rechen	4	8,2	400
KE45NS01FE01MA01XP44 KE45NS01FE26MA01XP44	Rechen		KE45	NS01		KS10RA01RG01RE12	Rechen	4	8,2	400
KE45NS01FE01MA01XP44 KE45NS01FE26MA01XP44	Rechen		KE45	NS01		KS10RA01RF01PR01	Presse	4	8,2	400
KE45NS01FE01MA01XP44 KE45NS01FE26MA01XP44	Rechen		KE45	NS01		KS10RA01RG02RE21	Rechen	4	8,2	400
KE45NS01FE01MA01XP44 KE45NS01FE26MA01XP44	Rechen		KE45	NS01		KS10RA01RG02RE22	Rechen	4	8,2	400
KE45NS01FE01MA01XP44 KE45NS01FE26MA01XP44	Rechen		KE45	NS01		KS10RA01CT01KO01	Kompressor	1,1	2,6	400
KE45NS01FE01MA01XP44 KE45NS01FE26MA01XP44	Rechen		KE45	NS01		KS10RA01RF01FO01	Förderband	1,5	3,7	400
KE45NS01FE01MA01XP44 KE45NS01FE26MA01XP44	Rechen		KE45	NS01		KS10RA01RF01FO02	Förderband	1,5	3,7	400
KE45NS01FE01MA01XP44 KE45NS01FE26MA01XP44	Rechen		KE45	NS01		KS10RA01RF01FO03	Förderband	1,5	3,7	400
KE45NS01FE01MA01XP44 KE45NS01FE26MA01XP44	Rechen		KE45	NS01		KS10RA01RF01FO13	Förderband	1,5	3,7	400
KE45NS01FE01MA01XP44 KE45NS01FE26MA01XP44	Rechen		KE45	NS01		KS10RA01RF01FO04	Förderband	1,5	3,7	400
KE45NS01FE01MA01XP44 KE45NS01FE26MA01XP44	Rechen		KE45	NS01		KS10RA01RF01FO05	Förderband	1,5	3,7	400
KE45NS01FE01MA01XP44 KE45NS01FE26MA01XP44	Rechen		KE45	NS01		KS10RA01RF01FO15	Förderband	1,5	3,7	400
KE45NS01FE01MA01XP44 KE45NS01FE26MA01XP44	Rechen		KE45	NS01		KS10RA01LN01LU01	Lüfter	1,35	4,1/11	230/400
KE45NS01FE01MA01XP44 KE45NS01FE26MA01XP44	Rechen		KE45	NS01		KS10RA01LN01LU02	Lüfter	0,25	0,78	400
KE45NS01FE01MA01XP44 KE45NS01FE26MA01XP44	Rechen		KE45	NS01		KS10RA01LN01LU03	Lüfter	0,45/2	1,798/4,95	230/400
KE45NS01FE01MA01XP44 KE45NS01FE26MA01XP44	Rechen		KE45	NS01		KS10LW01LN01LU01	Lüfter	0,6	1,5	400
KE45NS01FE01MA01XP44 KE45NS01FE26MA01XP44	Rechen		KE45	NS01		KS10LW01LN01LU02	Lüfter	2,3	5,1	400
KE45NS01FE01MA01XP44 KE45NS01FE26MA01XP44	Rechen		KE45	NS01		KS10LW01LN01LU03	Lüfter	7,5	10,4	400
KE45NS01FE01MA01XP44 KE45NS01FE26MA01XP44	Rechen		KE45	NS01		KS10RA01RG03RE31	Rechen	4	8,2	400
KE45NS01FE01MA01XP44 KE45NS01FE26MA01XP44	Rechen		KE45	NS01		KS10RA01RG03RE32	Rechen	4	8,2	400
KE45NS01FE01MA01XP44 KE45NS01FE26MA01XP44	Rechen		KE45	NS01		KS10RA01RF01PR02	Presse	11/16	22,5/31	230/400
KE61MS01FE03MA01XP44	Rechen		KE61	NS02		KN10ZL11RF01PR01	Presse			
KE61MS01FE03MA01XP44	Rechen		KE61	NS02		KN10ZL11RF01PR02	Presse			
KE61MS01FE03MA01XP44	Rechen		KE61	NS02		KN10ZL11RG01RE01	Rechen			
KE61MS01FE03MA01XP44	Rechen		KE61	NS02		KN10ZL11RG01RE02	Rechen			
KE61MS01FE03MA01XP44	Rechen		KE61	NS02		KN10ZL11RF01FO01	Förderband			
KE61MS01FE03MA01XP44	Rechen		KE61	NS02		KN10ZL11RF01FO02	Förderband			
KE61MS01FE03MA01XP44	Rechen		KE61	NS02		KN10ZL11RF01PR12	Presse			
KE61MS01FE03MA01XP44	Rechen		KE61	NS02		KN10ZL11RG01RE03	Rechen			
KE61MS01FE03MA01XP44	Rechen		KE61	NS02		KN10ZL11RG01RE04	Rechen			
KE61MS02FE16MA01XP44	Rechen		KE61	NS05		KN10ZL11RG01LU01	Lüfter			
KE61MS02FE16MA01XP44	Rechen		KE61	NS05		KN10ZL11RG01LU02	Lüfter			
KE61MS02FE16MA01XP44	Rechen		KE61	NS05		KN10ZL11RD01LU01	Lüfter			
KE61MS02FE16MA01XP44	Rechen		KE61	NS05		KN10ZL11RF01PU01	Pumpe			
KE61MS02FE16MA01XP44	Regenauslass			MS02		KN10RE01AB01PU01	Pumpe			
KE61MS02FE16MA01XP44	Regenauslass		KE61	NS06		KNRERG001RE01	Rechen			
KE61MS02FE16MA01XP44	Regenauslass		KE61	NS06		KNRERG001RE02	Rechen			
KE61MS02FE16MA01XP44	Regenauslass		KE61	NS06		KNRERG001RE03	Rechen			
KE61MS02FE16MA01XP44	Regenauslass		KE61	NS06		KNRESP01PU01	Pumpe			
KE61MS02FE16MA01XP44	Regenauslass		KE61	NS06		KN10RE01AB01LU01	Lüfter			
KE61MS02FE16MA01XP44	Regenauslass		KE61	NS06		KN10RE01AB01PR01	Presse			
KE61MS02FE16MA01XP44	Regenauslass	KE61MS02FE16MA01XP44	KE61	NS06		KN10RE01AB01PU01	Pumpe			
KE61MS02FE16MA01XP44	Regenauslass		KE61	NS06		KN10RE01LN01LU01	Lüfter			
KE61MS02FE16MA01XP44	Regenauslass		KE61	NS06		KN10RE01LN01LU02	Lüfter			
KE61MS02FE16MA01XP44	Regenauslass		KE61	NS06		KN10RE01LN01LU03	Lüfter			
KE61MS02FE16MA01XP44	Regenauslass		KE61	NS06		KNRERG01RE01	Rechen			
KE61MS02FE16MA01XP44	Regenauslass		KE61	NS06		KNRERG01RE02	Rechen			
KE61MS02FE16MA01XP44	Regenauslass		KE61	NS06		KNRERG01RE03	Rechen			
KE61MS02FE16MA01XP44	Regenauslass		KE61	NS06		KNRELN02HK01	Kessel			
KE61MS02FE16MA01XP44	Regenauslass		KE61	NS06		KNRELN02LU01	Lüfter			
KE20NS01FE05ME01XP44	Regenwasser		KE20	NS04		KN10VA02DP01PU01	Pumpe			
KE20NS01FE05ME01XP44	Regenwasser		KE20	NS04		KN10VA02DP02PU01	Pumpe			
KE20NS01FE05ME01XP44	Regenwasser		KE20	NS04		KN10VA02DP03PU01	Pumpe			
KE20NS01FE05ME01XP44	Regenwasser		KE20	NS04		KN10VA02DP04PU01	Pumpe			
KE20NS01FE05ME01XP44	Regenwasser		KE20	NS04		KN10VA02DP01PU02	Pumpe			
KE20NS01FE05ME01XP44	Regenwasser		KE20	NS04		KN10VA02DP02PU02	Pumpe			
KE20NS01FE05ME01XP44	Regenwasser		KE20	NS04		KN10VA02DP03PU02	Pumpe			
KE20NS01FE05ME01XP44	Regenwasser		KE20	NS04		KN10VA02DP04PU02	Pumpe			
KE20NS01FE05ME01XP44	Regenwasser		KE20	NS04		KN10VA02RW01PU01	Pumpe			
KE20NS01FE05ME01XP44	Regenwasser		KE20	NS04		KN10VA02RW01PU02	Pumpe			
KE45NS01FE01MA01XP44	Sandfang		KE45	NS01		KS10SF01KM01KO01	Kompressor	30	53	400
KE45NS01FE01MA01XP44	Sandfang		KE45	NS01		KS10SF01BK12EH01	Heizung			
KE45NS01FE01MA01XP44	Sandfang		KE45	NS01		KS10SF01BK12EH02				
KE45NS01FE01MA01XP44	Sandfang		KE45	NS01		KS10SF01K1FD01	Pumpe		6,8	400
KE45NS01FE01MA01XP44	Sandfang		KE45	NS01		KS10SF01KL01EH01	Heizung			

Tab. E.8: Aggregate Köhlbrandhöft (Seite 08)

Hauptzähler (Einspeisung aus NS) TeBIS-Name	Gemeinsame Verfahrensstufen	Zähler "Schalthaus" / Aggregatezähler (Einspeisung aus NS) TeBIS-Name	Ort/Traße/ us	Spannungsebene	Stamm-Schleife	AKZ	Aggregattyp	Pn [kW]	In[A]	U / Volt [Ac/Dc]
KE4NS01FE01MA01XP44	Sandfang		KE45	NS01		KS10SF01BK12RA01	Räumer			
KE4NS01FE01MA01XP44	Sandfang		KE45	NS01		KS10SF01KM01KO02	Kompressor	30	53	400
KE4NS01FE01MA01XP44	Sandfang		KE45	NS01		KS10SF01KM01LU01	Lüfter	0,45/2	1,798/4,95	230/400
KE4NS01FE01MA01XP44	Sandfang		KE45	NS01		KS10SF01KM01LU02	Lüfter	0,4	1,27	400
KE4NS01FE01MA01XP44	Sandfang		KE45	NS01		KS10SF01BK34EH01	Heizung			
KE4NS01FE01MA01XP44	Sandfang		KE45	NS01		KS10SF01KL01FD02	Pumpe	6,8		400
KE4NS01FE01MA01XP44	Sandfang		KE45	NS01		KS10SF01KL01EH02	Heizung			
KE4NS01FE01MA01XP44	Sandfang		KE45	NS01		KS10SF01BK34RA01	Räumer			
KE4NS01FE01MA01XP44	Sandfang		KE45	NS01		KS10SF01KM01KO03	Kompressor	45	86	400
KE4NS01FE01MA01XP44	Sandfang		KE45	NS01		KS10SF01BK01PU01	Pumpe			
KE4NS01FE01MA01XP44	Sandfang		KE45	NS01		KS10SF01BK02PU01	Pumpe			
KE4NS01FE01MA01XP44	Sandfang		KE45	NS01		KS10SF01BK03PU01	Pumpe			
KE4NS01FE01MA01XP44	Sandfang		KE45	NS01		KS10SF01BK04PU01	Pumpe			
Kein Zähler	Sandfang		KE27	NS01		KN10SF01BK13RA13	Räumer			
Kein Zähler	Sandfang		KE27	NS01		KN10SF01BK13RA13	Räumer			
Kein Zähler	Sandfang		KE27	NS01		KN10SF01BK13RA13	Räumer			
Kein Zähler	Sandfang		KE27	NS01		KN10SF01BK01PU01	Pumpe			
Kein Zähler	Sandfang		KE27	NS01		KN10SF01BK02PU01	Pumpe			
Kein Zähler	Sandfang		KE27	NS01		KN10SF01BK03AM01	Antrieb			
Kein Zähler	Sandfang		KE27	NS01		KN10SF01BK03PU01	Pumpe			
Kein Zähler	Sandfang		KE27	NS01		KN10SF01BK13AM00	Antrieb			
Kein Zähler	Sandfang		KE27	NS01		KN10SF01BK13AM01	Antrieb			
Kein Zähler	Sandfang		KE27	NS01		KN10SF01BK13AM02	Antrieb			
Kein Zähler	Sandfang		KE27	NS01		KN10SF01BK13AM02	Antrieb			
Kein Zähler	Sandfang		KE27	NS01		KN10SF01BK13RA13	Räumer			
KE4NS01FE02MA01XP44	Schlammbehandlung (Belebung)		KE42	NS01		KE42BA01SP31PU11	Pumpe	40		
KE10NS01FE01MA01XP44	Schlammwässerung	KE16NS01FE06MA01XP44	KE16	NS01	SS1	KMFEBK01RA11	Räumer			
KE10NS01FE01MA01XP44	Schlammwässerung	KE16NS01FE06MA01XP44	KE16	NS01	SS1	KMFHY21PU01	Pumpe			
KE10NS01FE01MA01XP44	Schlammwässerung	KE16NS01FE06MA01XP44	KE16	NS01	SS1	KMFESP21PU11	Pumpe			
KE10NS01FE01MA01XP44	Schlammwässerung	KE16NS01FE06MA01XP44	KE16	NS01	SS1	KMFESP21PW01	Paddelwerk			
KE10NS01FE01MA01XP44	Schlammwässerung	KE16NS01FE06MA01XP44	KE16	NS01	SS1	KMFESP21ZK01	Zerkleinerer			
KE10NS01FE01MA01XP44	Schlammwässerung	KE16NS01FE06MA01XP44	KE16	NS01	SS1	KMFESP21PU02	Pumpe	27/75		
KE10NS01FE01MA01XP44	Schlammwässerung	KE16NS01FE06MA01XP44	KE16	NS01	SS1	KMFESP21PU21	Pumpe			
KE10NS01FE01MA01XP44	Schlammwässerung	KE16NS01FE06MA01XP44	KE16	NS01	SS1	KMFESP21ZK02	Zerkleinerer			
KE10NS01FE01MA01XP44	Schlammwässerung	KE16NS01FE06MA01XP44	KE16	NS01	SS1	KMFHY21PU02	Pumpe			
KE10NS01FE01MA01XP44	Schlammwässerung	KE16NS01FE06MA01XP44	KE16	NS01	SS1	KMFESP21PU03	Pumpe			
KE10NS01FE01MA01XP44	Schlammwässerung	KE16NS01FE06MA01XP44	KE16	NS01	SS1	KMFESP21PU31	Paddelwerk			
KE10NS01FE01MA01XP44	Schlammwässerung	KE16NS01FE06MA01XP44	KE16	NS01	SS1	KMFHY21PU01	Zerkleinerer			
KE10NS01FE01MA01XP44	Schlammwässerung	KE16NS01FE06MA01XP44	KE16	NS01	SS1	KMFHY21HA01	Hydraulikaggregat			
KE10NS01FE01MA01XP44	Schlammwässerung	KE16NS01FE06MA01XP44	KE16	NS01	SS1	KMFEBK01RA21	Räumer			
KE10NS01FE03MA01XP44	Schlammwässerung	KE16NS01FE06MA01XP44	KE16	NS01	SS1	KM10FE01SP21PU04	Pumpe			
KE17NS11FE04MA21CZW	Schlammwässerung		KE17	NS01		KT10FE01PA03PU02	Pumpe			
KE17NS11FE04MA21CZW	Schlammwässerung	KT10FE01ZA01MP00XP33	KE17	NS01		KT10FE01ZA01ZE00	Zentrifuge	162		
KE17NS11FE04MA21CZW	Schlammwässerung		KE17	NS01		KT10FE01ZA01GB02	Gebälse			
KE17NS11FE04MA21CZW	Schlammwässerung		KE17	NS02		KT10FE02PA03PU02	Pumpe			
KE17NS11FE04MA21CZW	Schlammwässerung	KT10FE02ZA01MP00XP33	KE17	NS02		KT10FE02ZA01ZE00	Zentrifuge	162		
KE17NS11FE04MA21CZW	Schlammwässerung		KE17	NS02		KT10FE02ZA01GB02	Gebälse			
KE17NS11FE04MA21CZW	Schlammwässerung		KE17	NS12		KT10FM01BE12EH02	Heizung			
KE17NS11FE04MA21CZW	Schlammwässerung		KE17	NS12		KT10FM01PA02PU01	Pumpe			
KE17NS11FE04MA21CZW	Schlammwässerung		KE17	NS12		KT10TR01PA01LU01	Lüfter			
KE17NS11FE04MA21CZW	Schlammwässerung		KE17	NS12		KT10FM01BE12FD02	Pumpe			
KE17NS11FE04MA21CZW	Schlammwässerung		KE17	NS12		KT10FM01BE12RR04	Rührer	11		
KE17NS11FE04MA21CZW	Schlammwässerung		KE17	NS12		KT10TR01PA01PU01	Pumpe	15		
KE17NS11FE04MA21CZW	Schlammwässerung		KE17	NS12		KT10FM01PA03PU01	Pumpe			
KE17NS11FE04MA21CZW	Schlammwässerung		KE17	NS14		KT10FM01PA01PU01	Pumpe			
KE17NS11FE04MA21CZW	Schlammwässerung		KE17	NS14		KT10FM02PA01PU01	Pumpe			
KE17NS11FE04MA21CZW	Schlammwässerung		KE17	NS14		KT10FM01PA04PU01	Pumpe			
KE17NS11FE11MA21CZW	Schlammwässerung		KE17	NS03		KT10FE03PA03PU02	Pumpe			
KE17NS11FE11MA21CZW	Schlammwässerung	KT10FE03ZA01MP00XP33	KE17	NS03		KT10FE03ZA01ZE00	Zentrifuge	162		
KE17NS11FE11MA21CZW	Schlammwässerung		KE17	NS03		KT10FE03ZA01GB02	Gebälse			
KE17NS11FE11MA21CZW	Schlammwässerung		KE17	NS04		KT10FE04PA03PU02	Pumpe			
KE17NS11FE11MA21CZW	Schlammwässerung	KT10FE04ZA01MP00XP33	KE17	NS04		KT10FE04ZA01ZE00	Zentrifuge	162		
KE17NS11FE11MA21CZW	Schlammwässerung		KE17	NS04		KT10FE04ZA01GB02	Gebälse			
KE17NS11FE20MA21CZW	Schlammwässerung		KE17	NS05		KT10FE05PA03PU02	Pumpe			
KE17NS11FE20MA21CZW	Schlammwässerung	KT10FE05ZA01MP00XP33	KE17	NS05		KT10FE05ZA01ZE00	Zentrifuge	162		
KE17NS11FE20MA21CZW	Schlammwässerung		KE17	NS05		KT10FE05ZA01GB02	Gebälse			
KE17NS11FE20MA21XP32	Schlammwässerung		KE17	NS06		KT10FE06PA03PU02	Pumpe			
KE17NS11FE20MA21XP32	Schlammwässerung	KT10FE06ZA01MP00XP33	KE17	NS06		KT10FE06ZA01ZE00	Zentrifuge	162		
KE17NS11FE20MA21XP32	Schlammwässerung		KE17	NS06		KT10FE06ZA01GB02	Gebälse			
KE17NS11FE20MA21XP32	Schlammwässerung		KE17	NS13		KT10FM02BE22EH02	Heizung			
KE17NS11FE20MA21XP32	Schlammwässerung		KE17	NS13		KT10FM02PA02PU01	Pumpe			
KE17NS11FE20MA21XP32	Schlammwässerung		KE17	NS13		KT10TR01PA02LU01	Lüfter			
KE17NS11FE20MA21XP32	Schlammwässerung		KE17	NS13		KT10FM02BE22RR04	Rührer	11		
KE17NS11FE20MA21XP32	Schlammwässerung		KE17	NS13		KT10TR01PA02PU01	Pumpe	15		
KE17NS11FE20MA21XP32	Schlammwässerung		KE17	NS13		KT10FM02BE22FD02	Pumpe			
KE17NS11FE20MA21XP32	Schlammwässerung		KE17	NS13		KT10FM02PA03PU01	Pumpe			
KE17NS11FE04MA21CZW	Schlammrocknung		KE17	NS01		KT10FT01TA01FD02	Pumpe			
KE17NS11FE04MA21CZW	Schlammrocknung		KE17	NS01		KT10FT01TA01FD03	Pumpe			
KE17NS11FE04MA21CZW	Schlammrocknung		KE17	NS01		KT10FT01TA01PU01	Pumpe			
KE17NS11FE04MA21CZW	Schlammrocknung		KE17	NS01		KT10FT01TA01TX01	Trockner			
KE17NS11FE04MA21CZW	Schlammrocknung		KE17	NS01		KT10FT01PA01PU06	Pumpe	30		
KE17NS11FE04MA21CZW	Schlammrocknung		KE17	NS01		KT10FT01PA01PU05	Pumpe	30		
KE17NS11FE04MA21CZW	Schlammrocknung		KE17	NS01		KT10FT01TA01PU02	Pumpe			
KE17NS11FE04MA21CZW	Schlammrocknung		KE17	NS01		KT10FT01TA01GB01	Gebälse			
KE17NS11FE04MA21CZW	Schlammrocknung		KE17	NS02		KT10FT02TA01FD02	Pumpe			
KE17NS11FE04MA21CZW	Schlammrocknung		KE17	NS02		KT10FT02TA01FD03	Pumpe			
KE17NS11FE04MA21CZW	Schlammrocknung		KE17	NS02		KT10FT02TA01PU01	Pumpe			
KE17NS11FE04MA21CZW	Schlammrocknung		KE17	NS02		KT10FT02TA01TX01	Trockner	132		
KE17NS11FE04MA21CZW	Schlammrocknung		KE17	NS02		KT10FT02PA01PU06	Pumpe	30		
KE17NS11FE04MA21CZW	Schlammrocknung		KE17	NS02		KT10FT02PA01PU05	Pumpe	30		
KE17NS11FE04MA21CZW	Schlammrocknung		KE17	NS02		KT10FT02TA01PU02	Pumpe			
KE17NS11FE04MA21CZW	Schlammrocknung		KE17	NS02		KT10FT02TA01GB01	Gebälse			
KE17NS11FE04MA21CZW	Schlammrocknung		KE17	NS02		KT10FT02PA01AM01	Antrieb			

Tab. E.9: Aggregate Köhlbrandhöft (Seite 09)

Hauptzähler (Einspeisung aus NS) ToBIS-Name	Gemessene Verfahrensstufen	Zähler "Schalthaus" /Aggregatzähler (Einspeisung aus NS) ToBIS-Name	Ort/Traffostu	Spannungsebene	Stamm-Schleife	AKZ	Aggregattyp	Pn [kW]	In[A]	U / Volt [Ac/DC]
KE17NS11FE11MA21CZW	Schlamm-trocknung		KE17	NS03		KT10FT03TA01FD02	Pumpe			
KE17NS11FE11MA21CZW	Schlamm-trocknung		KE17	NS03		KT10FT03TA01FD03	Pumpe			
KE17NS11FE11MA21CZW	Schlamm-trocknung		KE17	NS03		KT10FT03TA01FU01	Pumpe			
KE17NS11FE11MA21CZW	Schlamm-trocknung		KE17	NS03		KT10FT03TA01TX01	Trockner	132		
KE17NS11FE11MA21CZW	Schlamm-trocknung		KE17	NS03		KT10FT03PA01PU06	Pumpe	30		
KE17NS11FE11MA21CZW	Schlamm-trocknung		KE17	NS03		KT10FT03PA01PU05	Pumpe	30		
KE17NS11FE11MA21CZW	Schlamm-trocknung		KE17	NS03		KT10FT03TA01FU02	Pumpe			
KE17NS11FE11MA21CZW	Schlamm-trocknung		KE17	NS03		KT10FT03TA01GB01	Gebälse			
KE17NS11FE11MA21CZW	Schlamm-trocknung		KE17	NS03		KT10FT03PA01AM01	Antrieb			
KE17NS11FE11MA21CZW	Schlamm-trocknung		KE17	NS04		KT10FT04TA01FD02	Pumpe			
KE17NS11FE11MA21CZW	Schlamm-trocknung		KE17	NS04		KT10FT04TA01FD03	Pumpe			
KE17NS11FE11MA21CZW	Schlamm-trocknung		KE17	NS04		KT10FT06TA01FD03	Pumpe			
KE17NS11FE11MA21CZW	Schlamm-trocknung		KE17	NS04		KT10FT04TA01FU01	Pumpe			
KE17NS11FE11MA21CZW	Schlamm-trocknung		KE17	NS04		KT10FT06TA01TX01	Trockner	132		
KE17NS11FE11MA21CZW	Schlamm-trocknung		KE17	NS04		KT10FT04PA01PU06	Pumpe	30		
KE17NS11FE11MA21CZW	Schlamm-trocknung		KE17	NS04		KT10FT04PA01PU05	Pumpe	30		
KE17NS11FE11MA21CZW	Schlamm-trocknung		KE17	NS04		KT10FT04TA01FU02	Pumpe			
KE17NS11FE11MA21CZW	Schlamm-trocknung		KE17	NS04		KT10FT04TA01GB01	Gebälse			
KE17NS11FE11MA21CZW	Schlamm-trocknung		KE17	NS04		KT10FT04PA01AM01	Antrieb			
KE17NS11FE20MA21CZW	Schlamm-trocknung		KE17	NS05		KT10FT05TA01FD02	Pumpe			
KE17NS11FE20MA21CZW	Schlamm-trocknung		KE17	NS05		KT10FT05TA01FD03	Pumpe			
KE17NS11FE20MA21CZW	Schlamm-trocknung		KE17	NS05		KT10FT05TA01FU01	Pumpe			
KE17NS11FE20MA21CZW	Schlamm-trocknung		KE17	NS05		KT10FT05TA01TX01	Trockner	132		
KE17NS11FE20MA21CZW	Schlamm-trocknung		KE17	NS05		KT10FT05PA01PU06	Pumpe	30		
KE17NS11FE20MA21CZW	Schlamm-trocknung		KE17	NS05		KT10FT05PA01PU05	Pumpe	30		
KE17NS11FE20MA21CZW	Schlamm-trocknung		KE17	NS05		KT10FT05TA01FU02	Pumpe			
KE17NS11FE20MA21CZW	Schlamm-trocknung		KE17	NS05		KT10FT05TA01GB01	Gebälse			
KE17NS11FE20MA21CZW	Schlamm-trocknung		KE17	NS05		KT10FT05TA01AM01	Antrieb			
KE17NS11FE20MA21CZW	Schlamm-trocknung		KE17	NS06		KT10FT06TA01FD02	Pumpe			
KE17NS11FE20MA21CZW	Schlamm-trocknung		KE17	NS06		KT10FT06TA01FD03	Pumpe			
KE17NS11FE20MA21CZW	Schlamm-trocknung		KE17	NS06		KT10FT06TA01FU01	Pumpe			
KE17NS11FE20MA21CZW	Schlamm-trocknung		KE17	NS06		KT10FT06TA01TX01	Trockner	132		
KE17NS11FE20MA21CZW	Schlamm-trocknung		KE17	NS06		KT10FT06PA01PU06	Pumpe	30		
KE17NS11FE20MA21CZW	Schlamm-trocknung		KE17	NS06		KT10FT06PA01PU05	Pumpe	30		
KE17NS11FE20MA21CZW	Schlamm-trocknung		KE17	NS06		KT10FT06TA01FU02	Pumpe			
KE17NS11FE20MA21CZW	Schlamm-trocknung		KE17	NS06		KT10FT06TA01GB01	Gebälse			
KE17NS11FE20MA21CZW	Schlamm-trocknung		KE17	NS06		KT10FT06PA01AM01	Antrieb			
KE17NS11FE04MA21CZW	Schlammverladung - Vera		KE17	NS12		KT10VL01FL01FO13	Förderband	11		
KE17NS11FE04MA21CZW	Schlammverladung - Vera		KE17	NS12		KT10VL00FL00PU01	Pumpe			
KE17NS11FE04MA21CZW	Schlammverladung - Vera		KE17	NS12		KT10VL12FL00PU01	Pumpe			
KE17NS11FE04MA21CZW	Schlammverladung - Vera		KE17	NS12		KT10VL01FL01AM12	Antrieb			
KE17NS11FE04MA21CZW	Schlammverladung - Vera		KE17	NS12		KT10VL01FL01FO10	Förderband			
KE17NS11FE04MA21CZW	Schlammverladung - Vera		KE17	NS12		KT10VL01FL01FO11	Förderband			
KE17NS11FE04MA21CZW	Schlammverladung - Vera		KE17	NS12		KT10VL01FL01FO12	Förderband			
KE17NS11FE04MA21CZW	Schlammverladung - Vera		KE17	NS12		KT10VL01FL01RA10	Räumer			
KE17NS11FE04MA21CZW	Schlammverladung - Vera		KE17	NS12		KT10VL01FL01RA12	Räumer			
KE17NS11FE20MA21XP32	Schlammverladung - Vera		KE17	NS13		KT10VL02FL01RA10	Räumer			
KE17NS11FE20MA21XP32	Schlammverladung - Vera		KE17	NS13		KT10VL02FL01FO10	Förderband	11		
KE17NS11FE20MA21XP32	Schlammverladung - Vera		KE17	NS13		KT10VL02FL01FO11	Förderband	11		
KE17NS11FE20MA21XP32	Schlammverladung - Vera		KE17	NS13		KT10VL02FL01RA12	Räumer			
KE17NS11FE20MA21XP32	Schlammverladung - Vera		KE17	NS13		KT10VL02FL01FO12	Förderband	11		
KE17NS11FE20MA21XP32	Schlammverladung - Vera		KE17	NS13		KT10VL02FL01FO13	Förderband	11		
KE17NS11FE20MA21XP32	Schlammverladung - Vera		KE17	NS13		KT10VL02FL01AM12	Antrieb			
KE10NS10FE16ME01XP44	Überschussschlamm-eindickung	KM10UE10ZA01MP01XP33	KE10	NS10	SS1	KMUE10ZA01ZE01	Zentrifuge	160,00	164,00	700 V AC
KE10NS10FE16ME01XP44	Überschussschlamm-eindickung	KM10UE10ZA02MP01XP33	KE10	NS10	SS1	KMUE10ZA02ZE01	Zentrifuge	160,00	164,00	700 V AC
KE10NS10FE16ME01XP44	Überschussschlamm-eindickung	KM10UE10ZA03MP01XP33	KE10	NS10	SS1	KMUE10ZA03ZE01	Zentrifuge	160,00	164,00	700 V AC
KE10NS10FE16ME01XP44	Überschussschlamm-eindickung	KM10UE10ZA04MP01XP33	KE10	NS10	SS1	KMUE10ZA04ZE01	Zentrifuge	160,00	164,00	700 V AC
KE10NS10FE16ME01XP44	Überschussschlamm-eindickung	KM10UE10ZA05MP01XP33	KE10	NS10	SS2	KMUE10ZA05ZE01	Zentrifuge	160,00	164,00	700 V AC
KE10NS10FE16ME01XP44	Überschussschlamm-eindickung	KM10UE10ZA06MP01XP33	KE10	NS10	SS2	KMUE10ZA06ZE01	Zentrifuge	160,00	164,00	700 V AC
KE10NS10FE16ME01XP44	Überschussschlamm-eindickung	KM10UE10ZA07MP01XP33	KE10	NS10	SS2	KMUE10ZA07ZE01	Zentrifuge	160,00	164,00	700 V AC
KE10NS10FE16ME01XP44	Überschussschlamm-eindickung	KM10UE10ZA08MP01XP33	KE10	NS10	SS2	KMUE10ZA08ZE01	Zentrifuge	160,00	164,00	700 V AC
KE10NS01FE91MA01XP44	Überschussschlamm-eindickung	KE10NS20FE91ME01XP44	KE10	NS20	SS1	KMUE10ZA01PU01	Pumpe	22,00	44,00	400 V AC
KE10NS01FE93MA01XP44	Überschussschlamm-eindickung	KE10NS20FE93ME01XP44	KE10	NS20	SS1	KMUE10ZA02PU01	Pumpe	22,00	44,00	400 V AC
KE10NS01FE91MA01XP44	Überschussschlamm-eindickung	KE10NS20FE91ME01XP44	KE10	NS20	SS1	KMUE10ZA03PU01	Pumpe	22,00	44,00	400 V AC
KE10NS01FE93MA01XP44	Überschussschlamm-eindickung	KE10NS20FE93ME01XP44	KE10	NS20	SS1	KMUE10ZA04PU01	Pumpe	22,00	44,00	400 V AC
KE10NS01FE91MA01XP44	Überschussschlamm-eindickung	KE10NS20FE91ME01XP44	KE10	NS20	SS1	KMUE10AL01PU01	Pumpe	11,00	21,90	400 V AC
KE10NS01FE93MA01XP44	Überschussschlamm-eindickung	KE10NS20FE93ME01XP44	KE10	NS20	SS1	KMUE10AL01PU02	Pumpe	11,00	21,90	400 V AC
KE10NS01FE91MA01XP44	Überschussschlamm-eindickung	KE10NS20FE91ME01XP44	KE10	NS20	SS1	KMUE10SL01PU01	Pumpe	7,50	14,80	400 V AC

Tab. E.12: Aggregate Köhlbrandhöft (Seite 12)

Hauptzähler (Einspeisung aus NS) TaBiS-Name	Gemessene Verfahrensstufen	Zähler "Böckhau" /Aggregatzähler (Einspeisung aus NS) TaBiS-Name	Ort/Traße/ us	Spannungsebene	Stamm- Schiene	AKZ	Aggregattyp	Pn [kW]	In[A]	U / Volt [Ac/DC]
KE10NS01FE03MA01XP44	Überschusschlammeindickung	KE10NS20FE01ME01XP44	KE10	NS20	SS2	KMUE10LN04LU08	Lüfter	1,10	2,70	400 V AC
KE10NS01FE03MA01XP44	Überschusschlammeindickung	KE10NS20FE01ME01XP44	KE10	NS20	SS2	KMUE10LN04LU10	Lüfter	5,50	13,00	400 V AC
KE10NS01FE03MA01XP44	Überschusschlammeindickung	KE10NS20FE01ME01XP44	KE10	NS20	SS2	KMUE10LN04LU12	Lüfter	5,50	13,00	400 V AC
KE10NS01FE03MA01XP44	Überschusschlammeindickung	KE10NS20FE01ME01XP44	KE10	NS20	SS2	KMUE10LN04LU14	Lüfter	5,50	13,00	400 V AC
KE41NS02FE08MA01XP44	Überschusschlammeindickung	KE4NS01FE04MA01XP44	KE46	NS01		KM10UE01SP12PU01	Pumpe	55		
KE41NS02FE08MA01XP44	Überschusschlammeindickung	KE4NS01FE04MA01XP44	KE46	NS01		KM10UE01SP12PU02	Pumpe	55		
KE20NS01FE05ME01XP44	Versorgungstechnik (Infrastruktur)		KE20	NS02		KN10VN01VA01LU01	Lüfter			
KE20NS01FE05ME01XP44	Versorgungstechnik (Infrastruktur)		KE20	NS02		KN10VN01VA01LU02	Lüfter			
KE20NS01FE05ME01XP44	Versorgungstechnik (Infrastruktur)		KE20	NS02		KN10VN01VA02LU01	Lüfter			
KE20NS01FE05ME01XP44	Versorgungstechnik (Infrastruktur)		KE20	NS02		KN10VN01VA02LU02	Lüfter			
KE20NS01FE05ME01XP44	Versorgungstechnik (Infrastruktur)		KE20	NS02		KN10VN01VA02LU03	Lüfter			
KE20NS01FE05ME01XP44	Versorgungstechnik (Infrastruktur)		KE20	NS02		KN10VN01VA03LU01	Lüfter			
KE20NS01FE05ME01XP44	Versorgungstechnik (Infrastruktur)		KE20	NS02		KN10VN01VA03LU02	Lüfter			
KE20NS01FE05ME01XP44	Versorgungstechnik (Infrastruktur)		KE20	NS02		KN10VN01VA09LU01	Lüfter			
KE20NS01FE05ME01XP44	Versorgungstechnik (Infrastruktur)		KE20	NS02		KN10VN01PS01PU01	Pumpe			
KE20NS01FE05ME01XP44	Versorgungstechnik (Infrastruktur)		KE20	NS02		KN10VN01PS01PU02	Pumpe			
KE20NS01FE05ME01XP44	Versorgungstechnik (Infrastruktur)		KE20	NS02		KN10VN01PS02PU01	Pumpe			
KE20NS01FE05ME01XP44	Versorgungstechnik (Infrastruktur)		KE20	NS02		KN10VN01PS02PU02	Pumpe			
KE20NS01FE05ME01XP44	Versorgungstechnik (Infrastruktur)		KE20	NS02		KN10VN01PS03PU01	Pumpe			
KE20NS01FE05ME01XP44	Versorgungstechnik (Infrastruktur)		KE20	NS02		KN10VN01PS06PU01	Pumpe			
KE20NS01FE05ME01XP44	Versorgungstechnik (Infrastruktur)		KE20	NS02		KN10VN01PS07PU01	Pumpe			
KE20NS01FE05ME01XP44	Versorgungstechnik (Infrastruktur)		KE20	NS02		KN10VN01PS08PU01	Pumpe			
KE20NS01FE05ME01XP44	Versorgungstechnik (Infrastruktur)		KE20	NS02		KN10VN01PS09PU01	Pumpe			
KE20NS01FE05ME01XP44	Versorgungstechnik (Infrastruktur)		KE20	NS02		KN10VN01PS10PU01	Pumpe			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklä rung		KE20	NS03		KN10VA02EP01PU01	Pumpe			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklä rung		KE20	NS03		KN10VA02SW12PU01	Pumpe			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklä rung		KE20	NS03		KN10VA02ZG12PW01	Paddelwerk			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklä rung		KE20	NS03		KN10VA02EP01PU02	Pumpe			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklä rung		KE20	NS03		KN10VA02HY01PU01	Pumpe			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklä rung		KE20	NS03		KN10VA02HY01PU02	Pumpe			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklä rung		KE20	NS03		KN10VA02EP02PU01	Pumpe			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklä rung		KE20	NS03		KN10VA02SW34PU01	Pumpe			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklä rung		KE20	NS03		KN10VA02ZG34PW01	Paddelwerk			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklä rung		KE20	NS03		KN10VA02EP02PU02	Pumpe			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklä rung		KE20	NS03		KN10VA02HY02PU01	Pumpe			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklä rung		KE20	NS01		KN10VA02BK01AM01	Motor			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklä rung		KE20	NS01		KN10VA02BK01AM02	Motor			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklä rung		KE20	NS01		KN10VA02BK01AM03	Motor			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklä rung		KE20	NS01		KN10VA02BK01AM04	Motor			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklä rung		KE20	NS01		KN10VA02BK01AM08	Motor			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklä rung		KE20	NS01		KN10VA02BK01AM09	Motor			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklä rung		KE20	NS01		KN10VA02BK01AM10	Motor			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklä rung		KE20	NS01		KN10VA02BK01AM11	Motor			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklä rung		KE20	NS01		KN10VA02BK01AM12	Motor			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklä rung		KE20	NS01		KN10VA02BK01AM13	Motor			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklä rung		KE20	NS01		KN10VA02BK01AM14	Motor			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklä rung		KE20	NS01		KN10VA02BK01AM15	Motor			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklä rung		KE20	NS01		KN10VA02BK01AM16	Motor			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklä rung		KE20	NS01		KN10VA02BK01AM17	Motor			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklä rung		KE20	NS01		KN10VA02BK01RA01	Räumer			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklä rung		KE20	NS01		KN10VA02SW01FD01	Föderschnecke			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklä rung		KE20	NS01		KN10VA02SW01PU01	Pumpe			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklä rung		KE20	NS01		KN10VA02SW01PW01	Paddelwerk			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklä rung		KE20	NS01		KN10BF01CA01EH01	Heizung			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklä rung		KE20	NS01		KN10BF01CA01PU01	Pumpe			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklä rung		KE20	NS01		KN10BF01CA01PU02	Pumpe			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklä rung		KE20	NS01		KN10BF01LN01LU01	Lüfter			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklä rung		KE20	NS01		KN10VA02BK02AM01	Motor			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklä rung		KE20	NS01		KN10VA02BK02AM02	Motor			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklä rung		KE20	NS01		KN10VA02BK02AM03	Motor			

Tab. E.13: Aggregate Köhlbrandhöft (Seite 13)

Hauptzähler (Einspeisung aus NS) TaBiS-Name	Gemessene Verfahrerstufen	Zähler "Böschhaus" /Aggregatezähler (Einspeisung aus NS) TaBiS-Name	Ort/Traße us	Spannungsebene	Stamm- Schleife	AKZ	Aggregattyp	Pn [kW]	In[A]	U / Volt [Ac/DC]
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklärung		KE20	NS01		KN10VA02BK02AM04	Motor			
KE20NS01FE05ME01XP44	Vorklärung		KE20	NS01		KN10VA02BK02AM08	Motor			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklärung		KE20	NS01		KN10VA02BK02AM09	Motor			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklärung		KE20	NS01		KN10VA02BK02AM10	Motor			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklärung		KE20	NS01		KN10VA02BK02AM11	Motor			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklärung		KE20	NS01		KN10VA02BK02AM12	Motor			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklärung		KE20	NS01		KN10VA02BK02AM13	Motor			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklärung		KE20	NS01		KN10VA02BK02AM14	Motor			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklärung		KE20	NS01		KN10VA02BK02AM15	Motor			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklärung		KE20	NS01		KN10VA02BK02AM17	Motor			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklärung		KE20	NS01		KN10VA02BK02RA01	Räumer			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklärung		KE20	NS01		KN10VA02SW02FD01	Föderschnecke			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklärung		KE20	NS01		KN10VA02SW02PU01	Pumpe			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklärung		KE20	NS01		KN10VA02SW02PW01	Paddelwerk			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklärung		KE20	NS01		KN10VA02BK03AM02	Motor			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklärung		KE20	NS01		KN10VA02BK03AM03	Motor			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklärung		KE20	NS01		KN10VA02BK03AM04	Motor			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklärung		KE20	NS01		KN10VA02BK03AM08	Motor			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklärung		KE20	NS01		KN10VA02BK03AM09	Motor			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklärung		KE20	NS01		KN10VA02BK03AM10	Motor			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklärung		KE20	NS01		KN10VA02BK03AM11	Motor			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklärung		KE20	NS01		KN10VA02BK03AM12	Motor			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklärung		KE20	NS01		KN10VA02BK03AM13	Motor			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklärung		KE20	NS01		KN10VA02BK03AM14	Motor			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklärung		KE20	NS01		KN10VA02BK03AM15	Motor			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklärung		KE20	NS01		KN10VA02BK03AM16	Motor			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklärung		KE20	NS01		KN10VA02BK03AM17	Motor			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklärung		KE20	NS01		KN10VA02BK03RA01	Räumer			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklärung		KE20	NS01		KN10VA02SW03FD01	Föderschnecke			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklärung		KE20	NS01		KN10VA02SW03PU01	Pumpe			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklärung		KE20	NS01		KN10VA02SW03PW01	Paddelwerk			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklärung		KE20	NS01		KN10VA02BK04AM02	Motor			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklärung		KE20	NS01		KN10VA02BK04AM03	Motor			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklärung		KE20	NS01		KN10VA02BK04AM04	Motor			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklärung		KE20	NS01		KN10VA02BK04AM08	Motor			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklärung		KE20	NS01		KN10VA02BK04AM09	Motor			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklärung		KE20	NS01		KN10VA02BK04AM10	Motor			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklärung		KE20	NS01		KN10VA02BK04AM11	Motor			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklärung		KE20	NS01		KN10VA02BK04AM12	Motor			
KE20NS01FE05ME01XP44	Vorklärung		KE20	NS01		KN10VA02BK04AM13	Motor			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklärung		KE20	NS01		KN10VA02BK04AM14	Motor			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklärung		KE20	NS01		KN10VA02BK04AM15	Motor			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklärung		KE20	NS01		KN10VA02BK04AM16	Motor			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklärung		KE20	NS01		KN10VA02BK04AM17	Motor			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklärung		KE20	NS01		KN10VA02BK04RA01	Räumer			
KE20NS01FE05ME01XP44	Vorklärung		KE20	NS01		KN10VA02SW04FD01	Föderschnecke			
KE20NS01FE08ME01XP44	Vorklärung		KE20	NS01		KN10VA02SW04PU01	Pumpe			
KE20NS01FE05ME01XP44	Vorklärung		KE20	NS01		KN10VA02SW04PW01	Paddelwerk			
KE42NS02FE08MA01XP44	Vorklärung	KE42NS03FE01MA01XP44 KE42NS03FE11MA01XP44	KE42	NS03		KS10VA01BK03RA31	Räumer			
KE42NS02FE08MA01XP44	Vorklärung	KE42NS03FE01MA01XP44 KE42NS03FE11MA01XP45	KE42	NS03		KS10VA01BK03RA32	Räumer			
KE42NS02FE08MA01XP44	Vorklärung	KE42NS03FE01MA01XP44 KE42NS03FE11MA01XP46	KE42	NS03		KS10VA01BK03RA33	Räumer			
KE42NS02FE08MA01XP44	Vorklärung	KE42NS03FE01MA01XP44 KE42NS03FE11MA01XP49	KE42	NS03		KS10VA01BK03EH01	Heizung			
KE42NS02FE08MA01XP44	Vorklärung	KE42NS03FE01MA01XP44 KE42NS03FE11MA01XP51	KE42	NS03		KS10VA01DP01PU01	Pumpe			
KE42NS02FE08MA01XP44	Vorklärung	KE42NS03FE01MA01XP44 KE42NS03FE11MA01XP54	KE42	NS03		KS10VA01DP01PU02	Pumpe			
KE42NS02FE08MA01XP44	Vorklärung	KE42NS03FE01MA01XP44 KE42NS03FE11MA01XP57	KE42	NS03		KS10VA01BK04RA41	Räumer			
KE42NS02FE08MA01XP44	Vorklärung	KE42NS03FE01MA01XP44 KE42NS03FE11MA01XP58	KE42	NS03		KS10VA01BK04RA42	Räumer			
KE42NS02FE08MA01XP44	Vorklärung	KE42NS03FE01MA01XP44 KE42NS03FE11MA01XP59	KE42	NS03		KS10VA01BK04RA43	Räumer			
KE42NS02FE08MA01XP44	Vorklärung	KE42NS03FE01MA01XP44 KE42NS03FE11MA01XP62	KE42	NS03		KS10VA01BK04EH01	Heizung			
KE42NS02FE08MA01XP44	Vorklärung	KE42NS03FE01MA01XP44 KE42NS03FE11MA01XP64	KE42	NS03		KS10VA01E01PU03	Pumpe			
KE41NS02FE08MA01XP44	Vorklärung (KÖ_SÜD)	KE41NS03FE01MA01XP44 KE41NS03FE12MA01XP44	KE41	NS03		KS10VA01BK01RA11	Räumer			
KE41NS02FE08MA01XP44	Vorklärung (KÖ_SÜD)	KE41NS03FE01MA01XP44 KE41NS03FE12MA01XP44	KE41	NS03		KS10VA01BK01RA12	Räumer			
KE41NS02FE08MA01XP44	Vorklärung (KÖ_SÜD)	KE41NS03FE01MA01XP44 KE41NS03FE12MA01XP44	KE41	NS03		KS10VA01BK01RA13	Räumer			
KE41NS02FE08MA01XP44	Vorklärung (KÖ_SÜD)	KE41NS03FE01MA01XP44 KE41NS03FE12MA01XP44	KE41	NS03		KS10VA01BK01EH01	Heizung			
KE41NS02FE08MA01XP44	Vorklärung (KÖ_SÜD)	KE41NS03FE01MA01XP44 KE41NS03FE12MA01XP44	KE41	NS03		KS10VA01E01PU01	Pumpe			
KE41NS02FE08MA01XP44	Vorklärung (KÖ_SÜD)	KE41NS03FE01MA01XP44 KE41NS03FE12MA01XP44	KE41	NS03		KS10VA01VG01RA01	Räumer			
KE41NS02FE08MA01XP44	Vorklärung (KÖ_SÜD)	KE41NS03FE01MA01XP44 KE41NS03FE12MA01XP44	KE41	NS03		KS10VA01BK02RA21	Räumer			
KE41NS02FE08MA01XP44	Vorklärung (KÖ_SÜD)	KE41NS03FE01MA01XP44 KE41NS03FE12MA01XP44	KE41	NS03		KS10VA01BK02RA22	Räumer			
KE41NS02FE08MA01XP44	Vorklärung (KÖ_SÜD)	KE41NS03FE01MA01XP44 KE41NS03FE12MA01XP44	KE41	NS03		KS10VA01BK02RA23	Räumer			
KE41NS02FE08MA01XP44	Vorklärung (KÖ_SÜD)	KE41NS03FE01MA01XP44 KE41NS03FE12MA01XP44	KE41	NS03		KS10VA01BK02EH01	Heizung			
KE17NS11FE04MA21CZW	Wärmeerzeugung		KE17	NS12		KT10WE10KM02VD01	Verdichter			
KE17NS11FE04MA21CZW	Wärmeerzeugung		KE17	NS12		KT10WE10KA30BR01	Brenner			
KE17NS11FE04MA21CZW	Wärmeerzeugung		KE17	NS12		KT10WE20PA01PU01	Pumpe	15		

Tab. E.14: Aggregate Köhlbrandhöft (Seite 14)

Hauptzähler (Einspeisung aus NS) TaBIS-Name	Gemessene Verfahrensstufen	Zähler "Schalthaus" / Aggregatzähler (Einspeisung aus NS) TaBIS-Name	Ort/Trafoho- se	Spannungsebene	Stamm- Schleife	AKZ	Aggregattyp	Pn [kW]	In[A]	U / Volt [Ac/DC]
KE17NS11FE04MA21CZW	Wärmeerzeugung		KE17	NS12		KT10WE20PA01PU03	Pumpe	15		
KE17NS11FE04MA21CZW	Wärmeerzeugung		KE17	NS12		KT10WE10KA30GB01	Gebälse	37		
KE17NS11FE04MA21CZW	Wärmeerzeugung		KE17	NS12		KT10WE10PA01PU01	Pumpe			
KE17NS11FE04MA21CZW	Wärmeerzeugung		KE17	NS12		KT10WE20PA02PU01	Pumpe			
KE17NS11FE04MA21CZW	Wärmeerzeugung		KE17	NS12		KT10WE10KM01VD01	Gebälse	37		
KE17NS11FE04MA21CZW	Wärmeerzeugung	KT10WE40KM01MA01XP32	KE17	NS12		KT10WE40KM01GB01	Gebälse			
KE17NS11FE04MA21CZW	Wärmeerzeugung		KE17	NS12		KT10WE40PA01PU01	Pumpe			
KE17NS11FE04MA21CZW	Wärmeerzeugung		KE17	NS12		KT10WE50PA01PU01	Pumpe			
KE17NS11FE04MA21CZW	Wärmeerzeugung		KE17	NS12		KT10WE30PA02PU01	Pumpe			
KE17NS11FE04MA21CZW	Wärmeerzeugung		KE17	NS14		KT10WE20BE20RR01	Rührer			
KE17NS11FE04MA21CZW	Wärmeerzeugung		KE17	NS14		KT10WE40BE01PU01	Pumpe			
KE17NS11FE04MA21CZW	Wärmeerzeugung		KE17	NS14		KT10WE20BE20PU01	Pumpe			
KE17NS11FE04MA21CZW	Wärmeerzeugung		KE17	NS14		KT10WE20BE20PU02	Pumpe			
KE17NS11FE20MA21XP32	Wärmeerzeugung		KE17	NS13		KT10WE10PA01PU02	Pumpe			
KE17NS11FE20MA21XP32	Wärmeerzeugung		KE17	NS13		KT10WE20PA02PU02	Pumpe			
KE17NS11FE20MA21XP32	Wärmeerzeugung		KE17	NS13		KT10WE10KM02VD02	Verdichter			
KE17NS11FE20MA21XP32	Wärmeerzeugung	KT10WE40KM01MA02XP32	KE17	NS13		KT10WE40KM01GB02	Gebälse			
KE17NS11FE20MA21XP32	Wärmeerzeugung	KT10WE40KM01MA03XP32	KE17	NS13		KT10WE40KM01GB03	Gebälse			
KE17NS11FE20MA21XP32	Wärmeerzeugung		KE17	NS13		KT10WE40PA01PU02	Pumpe	15		
KE17NS11FE20MA21XP32	Wärmeerzeugung		KE17	NS13		KT10WE50PA01PU02	Pumpe	15		
KE17NS11FE20MA21XP32	Wärmeerzeugung		KE17	NS13		KT10WE30PA02PU02	Pumpe	15		
KE17NS11FE20MA21XP32	Wärmeerzeugung		KE17	NS13		KT10WE10KA20GB01	Gebälse	37		
KE17NS11FE04MA21CZW	Wärmenutzung		KE17	NS01		KT10WN01KM01GB01	Gebälse			
KE17NS11FE04MA21CZW	Wärmenutzung		KE17	NS01		KT10WN01PA01PU01	Pumpe	15		
KE17NS11FE04MA21CZW	Wärmenutzung		KE17	NS01		KT10WN01PA02PU01	Pumpe	18,5		
KE17NS11FE04MA21CZW	Wärmenutzung		KE17	NS02		KT10WN02KM01GB01	Gebälse			
KE17NS11FE04MA21CZW	Wärmenutzung		KE17	NS02		KT10WN02PA01PU01	Pumpe	15		
KE17NS11FE04MA21CZW	Wärmenutzung		KE17	NS02		KT10WN02PA02PU01	Pumpe			
KE17NS11FE11MA21CZW	Wärmenutzung		KE17	NS03		KT10WN03KM01GB01	Gebälse			
KE17NS11FE11MA21CZW	Wärmenutzung		KE17	NS03		KT10WN03PA01PU01	Pumpe	15		
KE17NS11FE11MA21CZW	Wärmenutzung		KE17	NS03		KT10WN03PA02PU01	Pumpe			
KE17NS11FE11MA21CZW	Wärmenutzung		KE17	NS04		KT10WN04KM01GB01	Gebälse			
KE17NS11FE11MA21CZW	Wärmenutzung		KE17	NS04		KT10WN04PA01PU01	Pumpe	15		
KE17NS11FE11MA21CZW	Wärmenutzung		KE17	NS04		KT10WN04PA02PU01	Pumpe			
KE17NS11FE20MA21CZW	Wärmenutzung		KE17	NS05		KT10WN05KM01GB01	Gebälse			
KE17NS11FE20MA21CZW	Wärmenutzung		KE17	NS05		KT10WN05PA01PU01	Pumpe	15		
KE17NS11FE20MA21CZW	Wärmenutzung		KE17	NS05		KT10WN05PA02PU01	Pumpe	18,5		
KE17NS11FE20MA21XP32	Wärmenutzung		KE17	NS06		KT10WN06KM01GB01	Gebälse			
KE17NS11FE20MA21XP32	Wärmenutzung		KE17	NS06		KT10WN06PA01PU01	Pumpe	15		
KE17NS11FE20MA21XP32	Wärmenutzung		KE17	NS06		KT10WN06PA02PU01	Pumpe	18,5		
KE17NS11FE20MA21XP32	Wärmenutzung		KE17	NS15		KT10WN15LN21LU01	Lüfter			
KE17NS11FE20MA21XP32	Wärmenutzung		KE17	NS15		KT10WN15LN21LU02	Lüfter			
KE17NS11FE20MA21XP32	Wärmenutzung		KE17	NS15		KT10WN15LN21PU01	Pumpe			
KE17NS11FE20MA21XP32	Wärmenutzung		KE17	NS15		KT10WN15LN21PU02	Pumpe			
KE17NS11FE20MA21XP32	Wärmenutzung		KE17	NS15		KT10WN15LN22LU01	Lüfter			
KE17NS11FE20MA21XP32	Wärmenutzung		KE17	NS15		KT10WN15LN22LU02	Lüfter			
KE17NS11FE20MA21XP32	Wärmenutzung		KE17	NS15		KT10WN15LN22PU01	Pumpe			
KE17NS11FE20MA21XP32	Wärmenutzung		KE17	NS15		KT10WN15LN22PU02	Pumpe			
KE17NS11FE20MA21XP32	Wärmenutzung		KE17	NS15		KT10WN15LN21LU01	Lüfter			
KE17NS11FE20MA21XP32	Wärmenutzung		KE17	NS15		KT10WN15LN06LU01	Lüfter			
KE17NS11FE20MA21XP32	Wärmenutzung		KE17	NS15		KT10WN15LN07LU01	Lüfter			
KE17NS11FE20MA21XP32	Wärmenutzung		KE17	NS15		KT10WN15LN08LU01	Lüfter			
KE17NS11FE20MA21XP32	Wärmenutzung		KE17	NS15		KT10WN15LN22PU03	Pumpe			
KE17NS11FE20MA21XP32	Wärmenutzung		KE17	NS15		KT10WN15LN22PU04	Pumpe			
KE17NS11FE20MA21XP32	Wärmenutzung		KE17	NS15		KT10WN15LN22PU05	Pumpe			

ANHANG F

Aggregate/Zähler Dradenau

Tab. F.2: Aggregate Dradenau (Seite 02)

Hauptzähler (Einspeisung aus MS) TeBIS-Name	Gemessene Verfahrensstufen	Zähler Schalthaus (Einspeisung aus NS) TeBIS-Name	Ort/Trafo haus	Sammler Schleife	AKZ	Aggregattyp	Pn [kW]	h[A]	U / Volt [kV/DC]
DE23NS01FE01MA01XP32	Belebung	DE23NS12FE11MA01XP32	DE23	NS12	DRBAVA05PU02	Pumpe			
DE23NS01FE01MA01XP32	Belebung	DE23NS12FE11MA01XP32	DE23	NS12	DRBAZG01PU02	Pumpe			
DE23NS01FE01MA01XP32	Belebung	DE23NS12FE11MA01XP32	DE23	NS12	DRBAZG01PU04	Pumpe			
DE23NS01FE01MA01XP32	Belebung	DE23NS12FE11MA01XP32	DE23	NS12	DRBAZG01PU06	Pumpe			
DE23NS01FE01MA01XP32	Belebung	DE23NS12FE11MA01XP32	DE23	NS12	DRBAZG01PU08	Pumpe			
DE23NS01FE01MA01XP32	Belebung	DE23NS12FE11MA01XP32	DE23	NS12	DRBAEP02PU03	Pumpe			
DE23NS01FE01MA01XP32	Belebung	DE23NS12FE11MA01XP32	DE23	NS12	DRBAZG01PU01	Pumpe			
DE23NS01FE01MA01XP32	Belebung	DE23NS12FE11MA01XP32	DE23	NS12	DRBAZG01PU03	Pumpe			
DE23NS01FE01MA01XP32	Belebung	DE23NS12FE11MA01XP32	DE23	NS12	DRBAZG01PU05	Pumpe			
DE23NS01FE01MA01XP32	Belebung	DE23NS12FE11MA01XP32	DE23	NS12	DRBAZG01PU07	Pumpe			
DE23NS01FE01MA01XP32	Belebung	DE23NS12FE11MA01XP32	DE23	NS12	DRBADP01PU01	Pumpe			
DE23NS01FE01MA01XP32	Belebung	DE23NS12FE11MA01XP32	DE23	NS12	DRBADP01PU02	Pumpe			
DE23NS01FE01MA01XP32	Belebung	DE23NS12FE11MA01XP32	DE23	NS12	DRBADP01PU03	Pumpe			
DE24MS01FE02MA01XP32	Belebung	DE24MS01FE03MA01XP32	DE24	MS01	DR10BA01ID24VD04	Verschalter			
DE24NS01FE01MA01XP32	Belebung		DE24	NS01	DR10BA01BB13PU21	Pumpe	12,1		
DE24NS01FE01MA01XP32	Belebung		DE24	NS01	DR10BA01BB13RR11	Rührer	2,3		
DE24NS01FE01MA01XP32	Belebung		DE24	NS01	DR10BA01BB13RR12	Rührer	2,3		
DE24NS01FE01MA01XP32	Belebung		DE24	NS01	DR10BA01BB13RR13	Rührer	2,3		
DE24NS01FE01MA01XP32	Belebung		DE24	NS01	DR10BA01BB13RR14	Rührer	2,3		
DE24NS01FE01MA01XP32	Belebung		DE24	NS01	DR10BA01BB15PU21	Pumpe	12,1		
DE24NS01FE01MA01XP32	Belebung		DE24	NS01	DR10BA01BB15RR11	Rührer	2,3		
DE24NS01FE01MA01XP32	Belebung		DE24	NS01	DR10BA01BB15RR12	Rührer	2,3		
DE24NS01FE01MA01XP32	Belebung		DE24	NS01	DR10BA01BB15RR13	Rührer	2,3		
DE24NS01FE01MA01XP32	Belebung		DE24	NS01	DR10BA01BB15RR14	Rührer	2,3		
DE24NS01FE01MA01XP32	Belebung		DE24	NS01	DR10BA01BB14PU21	Pumpe	12,1		
DE24NS01FE01MA01XP32	Belebung		DE24	NS01	DR10BA01BB14RR11	Rührer	2,3		
DE24NS01FE01MA01XP32	Belebung		DE24	NS01	DR10BA01BB14RR12	Rührer	2,3		
DE24NS01FE01MA01XP32	Belebung		DE24	NS01	DR10BA01BB14RR13	Rührer	2,3		
DE24NS01FE01MA01XP32	Belebung		DE24	NS01	DR10BA01BB14RR14	Rührer	2,3		
DE24NS01FE01MA01XP32	Belebung	DR10BA01BB16MA01XP33	DE24	NS01	DR10BA01BB16PU21	Pumpe	12,1		
DE24NS01FE01MA01XP32	Belebung		DE24	NS01	DR10BA01BB16RR11	Rührer	2,3		
DE24NS01FE01MA01XP32	Belebung		DE24	NS01	DR10BA01BB16RR12	Rührer	2,3		
DE24NS01FE01MA01XP32	Belebung		DE24	NS01	DR10BA01BB16RR13	Rührer	2,3		
DE24NS01FE01MA01XP32	Belebung		DE24	NS01	DR10BA01BB16RR14	Rührer	2,3		
DE24NS01FE01MA01XP32	Belebung	DE24NS12FE11MA01XP32	DE24	NS12	DE24BALU01	Lüfter			
DE24NS01FE01MA01XP32	Belebung	DE24NS12FE11MA01XP32	DE24	NS12	DE24ALLU02	Lüfter			
DE24NS01FE01MA01XP32	Belebung	DE24NS12FE11MA01XP32	DE24	NS12	DE24ALLU03	Lüfter			
DE24NS01FE01MA01XP32	Belebung	DE24NS12FE11MA01XP32	DE24	NS12	DE24ALLU04	Lüfter			
DE24NS01FE01MA01XP32	Belebung	DE24NS12FE11MA01XP32	DE24	NS12	DRBAVA05LU01	Lüfter			
DE24NS01FE01MA01XP32	Belebung	DE24NS12FE11MA01XP32	DE24	NS12	DRBAVA06LU01	Lüfter			
DE24NS01FE01MA01XP32	Belebung	DE24NS12FE11MA01XP32	DE24	NS12	DRBAVA08LU01	Lüfter			
DE24NS01FE01MA01XP32	Belebung	DE24NS12FE11MA01XP32	DE24	NS12	DRBAVA06PU01	Pumpe			
DE24NS01FE01MA01XP32	Belebung	DE24NS12FE11MA01XP32	DE24	NS12	DRBAVA06PU02	Pumpe			
DE24NS01FE01MA01XP32	Belebung	DE24NS12FE11MA01XP32	DE24	NS12	DRBAZG01PU10	Pumpe			
DE24NS01FE01MA01XP32	Belebung	DE24NS12FE11MA01XP32	DE24	NS12	DRBAZG01PU12	Pumpe			
DE24NS01FE01MA01XP32	Belebung	DE24NS12FE11MA01XP32	DE24	NS12	DRBAZG01PU14	Pumpe			
DE24NS01FE01MA01XP32	Belebung	DE24NS12FE11MA01XP32	DE24	NS12	DRBAZG01PU16	Pumpe			
DE24NS01FE01MA01XP32	Belebung	DE24NS12FE11MA01XP32	DE24	NS12	DRBAVA08PU01	Pumpe			
DE24NS01FE01MA01XP32	Belebung	DE24NS12FE11MA01XP32	DE24	NS12	DRBAZG01PU09	Pumpe			
DE24NS01FE01MA01XP32	Belebung	DE24NS12FE11MA01XP32	DE24	NS12	DRBAZG01PU11	Pumpe			
DE24NS01FE01MA01XP32	Belebung	DE24NS12FE11MA01XP32	DE24	NS12	DRBAZG01PU13	Pumpe			
DE24NS01FE01MA01XP32	Belebung	DE24NS12FE11MA01XP32	DE24	NS12	DRBAZG01PU15	Pumpe			
DR10BA01BB16MA01XP33	Belebung		DE24	NS01	DR10BA01BB16PU21	Pumpe	12,1		
DE21MS01FE02MA01XP32	Belebung; Blindleistung		DE21	MS01					
DE24MS01FE02MA01XP32	Belebung; Blindleistung		DE24	MS01					
DE01MS01FE08MB03XP44	Bezug		DE01						
DE01MS01FE26MB03XP44	Bezug		DE01						
DE01MS01FE28MA02XP44	Bezug		DE01						
DE01MS01FE28MA02XP32	Bezug		DE01						
DE33NS11FE06MA11XP32	Einzelmessung		DE33	NS11					
DE33NS11FE06MA21XP32	Einzelmessung		DE33	NS11					
DE33NS11FE06MA31XP32	Einzelmessung		DE33	NS11					
DE33NS11FE07MA11XP32	Einzelmessung		DE33	NS11					
DE33NS11FE07MA21XP32	Einzelmessung		DE33	NS11					
DE33NS11FE08MA11XP32	Einzelmessung		DE33	NS11					
DE33NS11FE08MA21XP32	Einzelmessung		DE33	NS11					
DE33NS11FE16MA11XP32	Einzelmessung		DE33	NS11	DRZLPA01PU02				
DE33NS11FE16MA21XP32	Einzelmessung		DE33	NS11	DRZLPA01PU06				
DE33NS11FE17MA11XP32	Einzelmessung		DE33	NS11	DRZLPA01PU08				
DE33NS11FE17MA21XP32	Einzelmessung		DE33	NS11	DRBASP10PU02				
DE33NS11FE17MA31XP32	Einzelmessung		DE33	NS11	DRBASP10PU02				
DE33NS11FE18MA11XP32	Einzelmessung		DE33	NS11	DRBASP30PU02				
DE33NS11FE18MA21XP32	Einzelmessung		DE33	NS11	DRBASP30PU05				
DE33NS11FE20MA11XP32	Einzelmessung		DE33	NS11	DRZLPA01PU04				
DE33NS11FE20MA21XP32	Einzelmessung		DE33	NS11	DRZLPA01PU07				
DE33NS11FE21MA11XP32	Einzelmessung		DE33	NS11	DRBASP30PU03				
DE33NS11FE21MA21XP32	Einzelmessung		DE33	NS11	DRBASP30PU06				
DE33NS12FE16MA01XP32	Einzelmessung		DE33						
DE01MS01FE37MA01XP32	Erzeugung		DE41						
DE01MS01FE37MA02XP32	Erzeugung		DE41						
DR10WA01GE01MA01XP83	Erzeugung		DE41						
DR10WA02GE01MA01XP83	Erzeugung		DE42						
DE41MS01FE03MA02XP32	Erzeugung - Eigenverbrauch		DE41	MS01	WEA1				
DE42MS01FE02MA02XP32	Erzeugung - Eigenverbrauch		DE42	MS01	WEA2				
DE34NS11FE06MA01XP32	Hochwasserpumpwerk	DR10AL01HP01MA01XP32	DE34	NS11	DRALHP01PU01	Pumpe			
DE34NS11FE06MA01XP32	Hochwasserpumpwerk	DR10AL01HP01MA01XP32	DE34	NS11	DRALHP01PU02	Pumpe			
DE34NS11FE06MA01XP32	Hochwasserpumpwerk	DR10AL01HP01MA01XP32	DE34	NS11	DRALHP01PU03	Pumpe			
DE34NS11FE06MA01XP32	Hochwasserpumpwerk	DR10AL01HP01MA01XP32	DE34	NS11	DRALHP01PU04	Pumpe			
DE34NS11FE06MA01XP32	Hochwasserpumpwerk		DE34	NS11	DRALHP01EH01	Heizung			
DE34NS11FE09MA01XP32	Hochwasserpumpwerk	DR10AL01HP01MA01XP32	DE34	NS11	DRALHP01PU05	Pumpe			
DE34NS11FE09MA01XP32	Hochwasserpumpwerk	DR10AL01HP01MA01XP32	DE34	NS11	DRALHP01PU06	Pumpe			
DE34NS11FE09MA01XP32	Hochwasserpumpwerk		DE34	NS11	DRALHP01LU01	Lüfter			
DE01NS01FE05MA01XP32	Hochwasserpumpwerk	DR10AL01HP01MA01XP32	DE34	NS12	DRALHP01PU07	Pumpe			
DR10AL01HP01MA01XP32	Hochwasserpumpwerk		DE34						
DE01NS01FE05MA01XP32DE 01NS01FE09MA01XP32	Infrastruktur	DE01NS01FE01MA02XP32	DE02	NS04	DR10BG01HN01PU01	Pumpe			
DE01NS01FE05MA01XP32DE 01NS01FE09MA01XP32	Infrastruktur	DE01NS01FE01MA02XP32	DE02	NS04	DR10BG01HN01PU02	Pumpe			

Tab. F.3: Aggregate Dradenau (Seite 03)

Hauptzähler (Einspeisung aus MS) TeBIS-Name	Gemessene Verfahrensstufen	Zähler Schalthaus (Einspeisung aus NS) TeBIS-Name	Ort/Trafo haus	Sammler Schleife	AKZ	Aggregattyp	Pn [kW]	n/A	U / Volt [Ac/DC]
DE01NS01FE05MA01XP32DE01NS01FE09MA01XP32	Infrastruktur		DE02	NS04	DR10BG01HN01PU03	Pumpe			
DE01NS01FE05MA01XP32DE01NS01FE09MA01XP32	Infrastruktur	DE01NS01FE01MA02XP32	DE02	NS04	DR10BG01HN01PU04	Pumpe			
DE01NS01FE05MA01XP32DE01NS01FE09MA01XP32	Infrastruktur	DE01NS01FE01MA02XP32	DE02	NS04	DR10BG01HN01PU05	Pumpe			
DE01NS01FE05MA01XP32DE01NS01FE09MA01XP32	Infrastruktur	DE01NS01FE01MA02XP32	DE02	NS04	DR10BG01HN01PU06	Pumpe			
DE01NS01FE05MA01XP32DE01NS01FE09MA01XP32	Infrastruktur	DE01NS01FE01MA02XP32	DE02	NS04	DR10BG01HN01PU07	Pumpe			
DE01NS01FE05MA01XP32DE01NS01FE09MA01XP32	Infrastruktur	DE01NS01FE01MA02XP32	DE02	NS04	DR10BG01HN01PU08	Pumpe			
DE01NS01FE05MA01XP32DE01NS01FE09MA01XP32	Infrastruktur	DE01NS01FE01MA02XP32	DE02	NS04	DR10BG01HN01PU09	Pumpe			
DE01NS01FE05MA01XP32DE01NS01FE09MA01XP32	Infrastruktur	DE01NS01FE01MA02XP32	DE02	NS04	DR10BG01HN01PU10	Pumpe			
DE01NS01FE01MA01XP32	Infrastruktur	DE01NS01FE01MA02XP32	DE02	NS04	DR10BG01HN01PU11	Heizung			
DE24NS01FE01MA01XP32	Infrastruktur	DE24NS12FE11MA01XP32	DE24	NS12	DE24LB01LN01EH01	Lüfter			
DE24NS01FE01MA01XP32	Infrastruktur	DE24NS12FE11MA01XP32	DE24	NS12	DE24LB01LN01LU01	Lüfter			
DE24NS01FE01MA01XP32	Infrastruktur	DE24NS12FE11MA01XP32	DE24	NS12	DE24LB01LN01LU02	Lüfter			
DE24NS01FE01MA01XP32	Infrastruktur	DE24NS12FE11MA01XP32	DE24	NS12	DE24LB01LN01LU03	Lüfter			
DE24NS01FE01MA01XP32	Infrastruktur	DE24NS12FE11MA01XP32	DE24	NS12	DE24LB02LN01EH01	Heizung			
DE24NS01FE01MA01XP32	Infrastruktur	DE24NS12FE11MA01XP32	DE24	NS12	DE24LB02LN01LU01	Lüfter			
DE24NS01FE01MA01XP32	Infrastruktur	DE24NS12FE11MA01XP32	DE24	NS12	DE24LB02LN01LU02	Lüfter			
DE01NS01FE05MA01XP32DE01NS01FE09MA01XP32	Infrastruktur	DE33NS12FE16MA01XP32	DE33	NS12	DRAA01SZ03PU01	Pumpe			
DE01NS01FE01MA02XP32	Infrastruktur		DE02	NS01					
DE01NS01FE01MA04XP32	Infrastruktur		NS01						
DE01NS01FE01MA03XP32	Infrastruktur		DE31	NS01					
DE01MS01FE08MB04XP44	Lieferung		DE01						
DE01MS01FE26MB04XP44	Lieferung		DE01						
DE01MS01FE28MA01XP44	Lieferung		DE01						
DE01MS01FE28MA01XP32	Lieferung		DE01						
DE21NS21FE13MA01XP32	Nachklärung		DE21	NS21	DRBANB01KR01	Kipprinne	0,9 kW		
DE21NS21FE13MA01XP32	Nachklärung		DE21	NS21	DRBANB01PW01	Paddelweck	0,75 kW		
DE21NS21FE13MA01XP32	Nachklärung		DE21	NS21	DRBANB01RA01	Räumer	1,1 kW		
DE21NS21FE13MA01XP32	Nachklärung		DE21	NS21	DRBVG01PW01	Paddelweck	0,75 kW		
DE21NS21FE13MA01XP32	Nachklärung		DE21	NS21	DRBANB02KR01	Kipprinne	0,9 kW		
DE21NS21FE13MA01XP32	Nachklärung		DE21	NS21	DRBANB02PW01	Paddelweck	0,75 kW		
DE21NS21FE13MA01XP32	Nachklärung		DE21	NS21	DRBANB02RA01	Räumer	1,1 kW		
DE21NS21FE13MA01XP32	Nachklärung		DE21	NS21	DRBVG01PW02	Paddelweck	0,75 kW		
DE21NS21FE13MA01XP32	Nachklärung		DE21	NS21	DRBANB03KR01	Kipprinne	0,9 kW		
DE21NS21FE13MA01XP32	Nachklärung		DE21	NS21	DRBANB03PW01	Paddelweck	0,75 kW		
DE21NS21FE13MA01XP32	Nachklärung		DE21	NS21	DRBANB03RA01	Räumer	1,1 kW		
DE21NS21FE13MA01XP32	Nachklärung		DE21	NS21	DRBVG01PW03	Paddelweck	0,75 kW		
DE21NS21FE13MA01XP32	Nachklärung		DE21	NS21	DRBANB04KR01	Kipprinne	0,9 kW		
DE21NS21FE13MA01XP32	Nachklärung		DE21	NS21	DRBANB04PW01	Paddelweck	0,75 kW		
DE21NS21FE13MA01XP32	Nachklärung		DE21	NS21	DRBANB04RA01	Räumer	1,1 kW		
DE21NS21FE13MA01XP32	Nachklärung		DE21	NS21	DRBVG01PW04	Paddelweck	0,75 kW		
DE21NS21FE13MA01XP32	Nachklärung		DE21	NS21	DRBAEP01PU01	Paddelweck	0,75 kW		
DE21NS21FE13MA01XP32	Nachklärung		DE21	NS21	DRBAEP01PU02	Paddelweck	0,75 kW		
DE21NS21FE13MA01XP32	Nachklärung		DE21	NS21	DRBANB09KR01	Kipprinne	0,9 kW		
DE21NS21FE13MA01XP32	Nachklärung		DE21	NS21	DRBANB09PW01	Paddelweck	0,75 kW		
DE21NS21FE13MA01XP32	Nachklärung		DE21	NS21	DRBANB09RA01	Räumer	1,1 kW		
DE21NS21FE13MA01XP32	Nachklärung		DE21	NS21	DRBVG01PW09	Paddelweck	0,75 kW		
DE21NS21FE13MA01XP32	Nachklärung		DE21	NS21	DRBANB10KR01	Kipprinne	0,9 kW		
DE21NS21FE13MA01XP32	Nachklärung		DE21	NS21	DRBANB10PW01	Paddelweck	0,75 kW		
DE21NS21FE13MA01XP32	Nachklärung		DE21	NS21	DRBANB10RA01	Räumer	1,1 kW		
DE21NS21FE13MA01XP32	Nachklärung		DE21	NS21	DRBVG01PW10	Paddelweck	0,75 kW		
DE21NS21FE13MA01XP32	Nachklärung		DE21	NS21	DRBANB11KR01	Kipprinne	0,9 kW		
DE21NS21FE13MA01XP32	Nachklärung		DE21	NS21	DRBANB11PW01	Paddelweck	0,75 kW		
DE21NS21FE13MA01XP32	Nachklärung		DE21	NS21	DRBANB11RA01	Räumer	1,1 kW		
DE21NS21FE13MA01XP32	Nachklärung		DE21	NS21	DRBVG01PW11	Paddelweck	0,75 kW		
DE21NS21FE13MA01XP32	Nachklärung		DE21	NS21	DRBANB12KR01	Kipprinne	0,9 kW		
DE21NS21FE13MA01XP32	Nachklärung		DE21	NS21	DRBANB12PW01	Paddelweck	0,75 kW		
DE21NS21FE13MA01XP32	Nachklärung		DE21	NS21	DRBANB12RA01	Räumer	1,1 kW		
DE21NS21FE13MA01XP32	Nachklärung		DE21	NS21	DRBVG01PW12	Paddelweck	0,75 kW		
DE21NS21FE13MA01XP32	Nachklärung		DE21	NS21	DRBANB13KR01	Kipprinne	0,9 kW		
DE21NS21FE13MA01XP32	Nachklärung		DE21	NS21	DRBANB13PW01	Paddelweck	0,75 kW		
DE21NS21FE13MA01XP32	Nachklärung		DE21	NS21	DRBANB13RA01	Räumer	1,1 kW		
DE21NS21FE13MA01XP32	Nachklärung		DE21	NS21	DRBVG01PW13	Paddelweck	0,75 kW		
DE21NS21FE13MA01XP32	Nachklärung		DE21	NS21	DRBANB14KR01	Kipprinne	0,9 kW		
DE21NS21FE13MA01XP32	Nachklärung		DE21	NS21	DRBANB14PW01	Paddelweck	0,75 kW		
DE21NS21FE13MA01XP32	Nachklärung		DE21	NS21	DRBANB14RA01	Räumer	1,1 kW		
DE21NS21FE13MA01XP32	Nachklärung		DE21	NS21	DRBVG01PW14	Paddelweck	0,75 kW		
DE21NS21FE13MA01XP32	Nachklärung		DE21	NS21	DRBANB15KR01	Kipprinne	0,9 kW		
DE21NS21FE13MA01XP32	Nachklärung		DE21	NS21	DRBANB15PW01	Paddelweck	0,75 kW		
DE21NS21FE13MA01XP32	Nachklärung		DE21	NS21	DRBANB15RA01	Räumer	1,1 kW		
DE21NS21FE13MA01XP32	Nachklärung		DE21	NS21	DRBVG01PW15	Paddelweck	0,75 kW		
DE21NS21FE13MA01XP32	Nachklärung		DE21	NS21	DRBANB16KR01	Kipprinne	0,9 kW		
DE21NS21FE13MA01XP32	Nachklärung		DE21	NS21	DRBANB16PW01	Paddelweck	0,75 kW		
DE21NS21FE13MA01XP32	Nachklärung		DE21	NS21	DRBANB16RA01	Räumer	1,1 kW		
DE21NS21FE13MA01XP32	Nachklärung		DE21	NS21	DRBVG01PW16	Paddelweck	0,75 kW		
DE22NS01FE01MA01XP32	Nachklärung	DE22NS21FE13MA01XP32	DE22	NS21	DRBANB17KR01	Kipprinne	0,9 kW		
DE22NS01FE01MA01XP32	Nachklärung	DE22NS21FE13MA01XP32	DE22	NS21	DRBANB17PW01	Paddelweck	0,75 kW		
DE22NS01FE01MA01XP32	Nachklärung	DE22NS21FE13MA01XP32	DE22	NS21	DRBANB17RA01	Räumer	1,1 kW		
DE22NS01FE01MA01XP32	Nachklärung	DE22NS21FE13MA01XP32	DE22	NS21	DRBVG01PW17	Paddelweck	0,75 kW		
DE22NS01FE01MA01XP32	Nachklärung	DE22NS21FE13MA01XP32	DE22	NS21	DRBANB18KR01	Kipprinne	0,9 kW		
DE22NS01FE01MA01XP32	Nachklärung	DE22NS21FE13MA01XP32	DE22	NS21	DRBANB18PW01	Räumer	1,1 kW		
DE22NS01FE01MA01XP32	Nachklärung	DE22NS21FE13MA01XP32	DE22	NS21	DRBANB18RA01	Räumer	1,1 kW		
DE22NS01FE01MA01XP32	Nachklärung	DE22NS21FE13MA01XP32	DE22	NS21	DRBVG01PW18	Kipprinne	0,9 kW		
DE22NS01FE01MA01XP32	Nachklärung	DE22NS21FE13MA01XP32	DE22	NS21	DRBANB19KR01	Kipprinne	0,9 kW		
DE22NS01FE01MA01XP32	Nachklärung	DE22NS21FE13MA01XP32	DE22	NS21	DRBANB19PW01	Paddelweck	0,75 kW		

Tab. F.6: Aggregate Dradenau (Seite 06)

Hauptzähler (Einspeisung aus MS) TeBIS-Name	Gemessene Verfahrensstufen	Zähler Schalthaus (Einspeisung aus NS) TeBIS-Name	Ort/Trafo haus	Samml- Schleife	AKZ	Aggregattyp	Pn [kW]	In[A]	U / Volt [kV/DC]
DE01NS01FE05MA01XP32DE 01NS01FE09MA01XP32	Schlamm	DE33NS12FE16MA01XP32	DE33	NS12	DRBASP10SI06	Schieber			
DE01NS01FE05MA01XP32DE 01NS01FE09MA01XP32	Schlamm	DE33NS12FE16MA01XP32	DE33	NS12	DRBASP10PU02	Pumpe			
DE01NS01FE05MA01XP32DE 01NS01FE09MA01XP32	Schlamm	DE33NS12FE16MA01XP32	DE33	NS12	DRBASP10SI02	Schieber			
DE01NS01FE05MA01XP32DE 01NS01FE09MA01XP32	Schlamm	DE33NS12FE16MA01XP32	DE33	NS12	DRBASP10SI04	Schieber			
DE01NS01FE05MA01XP32DE 01NS01FE09MA01XP32	Schlamm	DE33NS12FE16MA01XP32	DE33	NS12	DRBASP10SI05	Schieber			
DE01NS01FE05MA01XP32DE 01NS01FE09MA01XP32	Schlamm	DE33NS12FE16MA01XP32	DE33	NS12	DRBASP10SI07	Schieber			
DE34NS11FE06MA01XP32	Zentratbehandlung	DR10ZB01BE00MA11XP32	DE34	NS11	DR10ZB01BE00VD01	Verdichter			
DE34NS11FE09MA01XP32	Zentratbehandlung	DR10ZB01BE00MA21XP32	DE34	NS11	DR10ZB01BE00VD02	Verdichter			
DE01NS01FE05MA01XP32	Zentratbehandlung	DE39NS01FE02MA01XP32	DE39	NS01	DR10ZB01BE01PU01	Pumpe			
DE01NS01FE09MA01XP32	Zentratbehandlung	DE39NS01FE02MA01XP32	DE39	NS01	DR10ZB01BE01PU02	Pumpe			
DE01NS01FE05MA01XP32	Zentratbehandlung	DE39NS01FE02MA01XP32	DE39	NS01	DR10ZB01BE01PU05	Pumpe			
DE01NS01FE09MA01XP32	Zentratbehandlung	DE39NS01FE02MA01XP32/ DE39NS01FE17MA01XP32	DE39	NS01	DR10ZB01BE01PU06	Pumpe			
DE01NS01FE05MA01XP32	Zentratbehandlung	DE39NS01FE02MA01XP32/ DE39NS01FE17MA01XP32	DE39	NS01	DR10ZB01BE01PU03	Pumpe			
DE01NS01FE09MA01XP32	Zentratbehandlung	DE39NS01FE02MA01XP32/ DE39NS01FE17MA01XP32	DE39	NS01	DR10ZB01BE03PU01	Pumpe			
DE01NS01FE05MA01XP32	Zentratbehandlung	DE39NS01FE02MA01XP32/ DE39NS01FE17MA01XP32	DE39	NS01	DR10ZB01BE03PU02	Pumpe			
DE01NS01FE09MA01XP32	Zentratbehandlung	DE39NS01FE02MA01XP32/ DE39NS01FE17MA01XP32	DE39	NS01	DR10ZB01BE02PU01	Pumpe			
DE01NS01FE05MA01XP32	Zentratbehandlung	DE39NS01FE02MA01XP32/ DE39NS01FE17MA01XP32	DE39	NS01	DR10ZB01BE02PU02	Pumpe			
DE01NS01FE09MA01XP32	Zentratbehandlung	DE39NS01FE02MA01XP32/ DE39NS01FE17MA01XP32	DE39	NS01	DR10ZB01BE02PU05	Pumpe			
DE01NS01FE05MA01XP32	Zentratbehandlung	DE39NS01FE02MA01XP32/ DE39NS01FE17MA01XP32	DE39	NS01	DR10ZB01BE02PU03	Pumpe			
DE39NS01FE17MA01XP32	Zentratbehandlung		DE39	NS01					
DE39NS01FE02MA01XP32	Zentratbehandlung		DE39	NS01					
DR10ZB01BE00MA11XP32	Zentratbehandlung		DE24						
DR10ZB01BE00MA21XP32	Zentratbehandlung		DE24						
DE33NS11FE03MA01XP32	Zulauf		DE33	NS11	DRZLPA01PU01	Pumpe			
DE33NS11FE03MA01XP32	Zulauf		DE33	NS11	DRZLPA01PU03	Pumpe			
DE33NS11FE03MA01XP32	Zulauf	DE33NS11FE06MA11XP32	DE33	NS11	DRZLPA01PU05	Pumpe			
DE33NS11FE03MA01XP32	Zulauf	DE33NS11FE07MA11XP32	DE33	NS11	DRZLPA01PU01	Pumpe			
DE33NS11FE03MA01XP32	Zulauf	DE33NS11FE07MA21XP32	DE33	NS11	DRZLPA01PU03	Pumpe			
DE33NS11FE03MA01XP32	Zulauf	DE33NS11FE08MA11XP32	DE33	NS11	DRZLPA01PU05	Pumpe			
DE33NS11FE03MA01XP32	Zulauf	DE33NS11FE08MA21XP32	DE33	NS11	DRBASP30PU04	Pumpe			
DE33NS11FE13MA01XP32	Zulauf	DE33NS11FE16MA11XP32	DE33	NS11	DRZLPA01PU02	Pumpe			
DE33NS11FE13MA01XP32	Zulauf	DE33NS11FE16MA21XP32	DE33	NS12	DRZLPA01PU06	Pumpe			
DE33NS11FE13MA01XP32	Zulauf	DE33NS11FE17MA11XP32	DE33	NS12	DRZLPA01PU08	Pumpe			
DE33NS11FE13MA01XP32	Zulauf	DE33NS11FE20MA11XP32	DE33	NS12	DRZLPA01PU04	Pumpe			
DE33NS11FE13MA01XP32	Zulauf	DE33NS11FE20MA21XP32	DE33	NS12	DRZLPA01PU07	Pumpe			
DE33NS11FE24MA01XP32	Zulauf		DE33	NS11	DRZLPA01PU01	Pumpe			
DE33NS11FE24MA01XP32	Zulauf		DE33	NS11	DRZLPA01PU03	Pumpe			
DE33NS11FE24MA01XP32	Zulauf		DE33	NS11	DRZLPA01PU05	Pumpe			
DE33NS11FE24MA01XP32	Zulauf	DE33NS11FE20MA11XP32	DE33	NS11	DRZLPA01PU04	Pumpe			
DE33NS11FE24MA01XP32	Zulauf	DE33NS11FE20MA21XP32	DE33	NS11	DRZLPA01PU07	Pumpe			
DE01NS01FE05MA01XP32DE 01NS01FE09MA01XP32	Zulauf	DE33NS12FE16MA01XP32	DE33	NS12	DRZLPA01PU01	Pumpe			
DE01NS01FE05MA01XP32DE 01NS01FE09MA01XP32	Zulauf	DE33NS12FE16MA01XP32	DE33	NS12	DRZLPA01PU03	Pumpe			
DE01NS01FE05MA01XP32DE 01NS01FE09MA01XP32	Zulauf	DE33NS12FE16MA01XP32	DE33	NS12	DRZLPA01PU05	Pumpe			
DE01NS01FE05MA01XP32DE 01NS01FE09MA01XP32	Zulauf	DE33NS12FE16MA01XP32	DE33	NS12	DRBASP30PU02	Pumpe			
DE01NS01FE05MA01XP32DE 01NS01FE09MA01XP32	Zulauf	DE33NS12FE16MA01XP32	DE33	NS12	DRZLPA01PU02	Pumpe			
DE01NS01FE05MA01XP32DE 01NS01FE09MA01XP32	Zulauf	DE33NS12FE16MA01XP32	DE33	NS12	DRZLPA01PU06	Pumpe			
DE01NS01FE05MA01XP32DE 01NS01FE09MA01XP32	Zulauf	DE33NS12FE16MA01XP32	DE33	NS12	DRZLPA01PU08	Pumpe			
DE01NS01FE05MA01XP32DE 01NS01FE09MA01XP32	Zulauf	DE33NS12FE16MA01XP32	DE33	NS12	DRBASP30PU03	Pumpe			
DE01NS01FE05MA01XP32DE 01NS01FE09MA01XP32	Zulauf	DE33NS12FE16MA01XP32	DE33	NS12	DRBASP30PU06	Pumpe			
DE01NS01FE05MA01XP32DE 01NS01FE09MA01XP32	Zulauf	DE33NS12FE16MA01XP32	DE33	NS12	DRZLPA01PU04	Pumpe			
DE01NS01FE05MA01XP32DE 01NS01FE09MA01XP32	Zulauf	DE33NS12FE16MA01XP32	DE33	NS12	DRZLPA01PU07	Pumpe			
DE41NS02FE01MA01XP32			DE41						
DE01NS01FE05MA01XP32			DE01						
DE01NS01FE09MA01XP32			DE01						
DE21NS12FE15MA02XP32			DE21						
DE22NS12FE15MA02XP32			DE22	NS12					
DE23NS12FE15MA02XP32			DE23	NS12					
DE24NS12FE15MA02XP32			DE24	NS12					
DE34NS11FE08MA01XP32									
DE34NS12FE12MA01XP32			DE34						