



Energieeffizienter Betrieb des Gesamtsystems Abwasserreinigung und Klärgasfaulung am Beispiel des Hauptklärwerkes Emden

W. Lindenthal^{1*}, F. Uhlenhut¹, S. Steinigeweg¹, A. Borchert¹

¹ EUTEC

*Fachbereich Technik,
Hochschule Emden/Leer
Constantiaplatz 4, D-26723 Emden*

*K. Wellbrock, M. von Grafenstein, M. Grottker
Fachhochschule Lübeck
Mönkhofer Weg 239
23562 Lübeck*

**verantwortlicher Autor, e-mail: lindenthal@hs-emden-leer.de*



- Bestandserfassung HKW Emden
- Energiebilanz HKW Emden
- Simulation des HKW Emden (SIMBA 6.6)
- Einsparpotenziale (Energie im HKW Emden)
- Simulation des HKW Emden (SIMBA #)

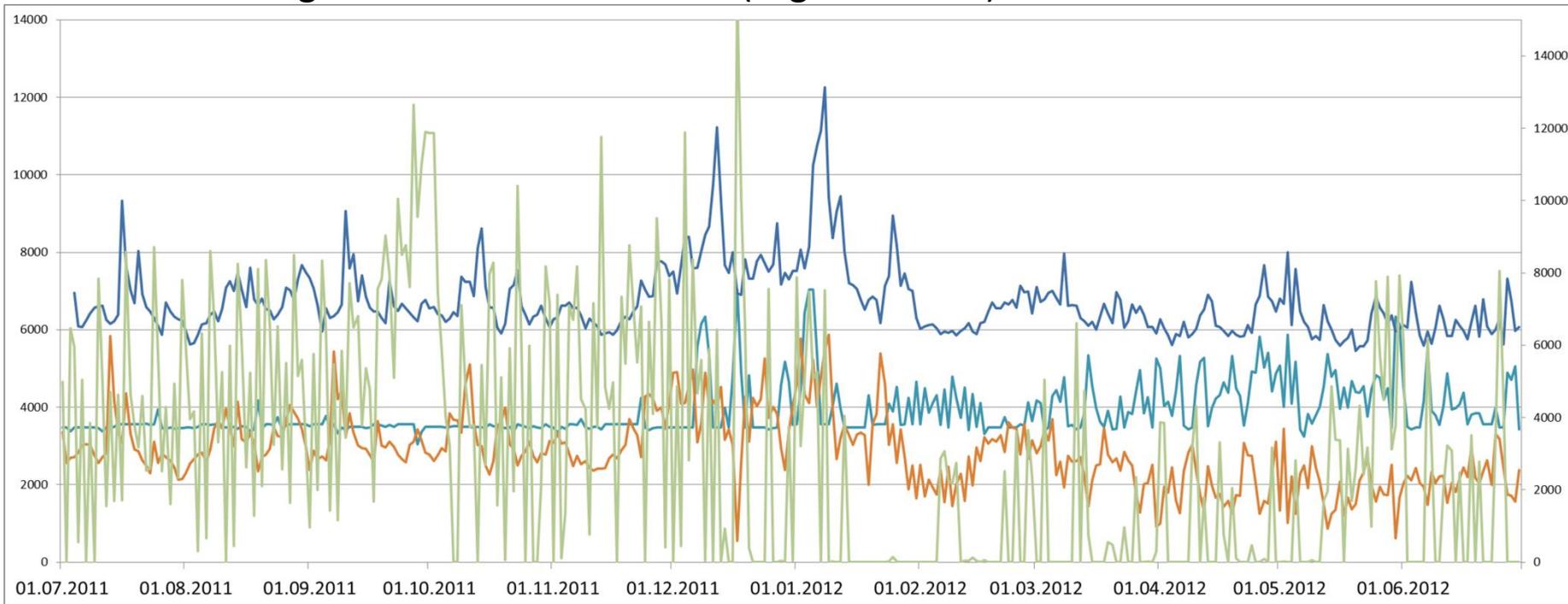


•Verbrauch elektrische Energie:								
Jahr	2010	2011/12	2014					
-	2.224.653,96	2.451.098,41	2.471.494,54	kWh/a	⇒	29,66	32,68	32,95 kWh/(a*EW)
-	731.110,50	1.043.667,00	1.189.813,20	kWh/a von Stadtwerken				
-	1.596.951,60	1.424.844,69	1.276.964,72	kWh/a aus BHKW				
•Gewinnung elektrische Energie BHKW:								
-	737.419	1.063.931,90	777.159,44	kWh/a aus Klärgas				
-	564.898 m ³ (simuliert: 543.081 m ³)							
-	859.531	360.912,80	499.805,28	kWh/a aus Erdgas				
•ins Netz:								
	114.015,90	25.407,30	6.299,10	kWh/a				
•eingekauft								
	1.590.641,50	1.404.579,80	1.689.618,48					
•selbst erzeugt								
	737.419,00	1.063.931,90	777.159,44					
•Anteil [%] eingekauft								
	68,01%	56,72%	68,23%					
•Anteil [%] selbst erzeugt								
	31,53%	42,96%	31,38%					



HKW Emden:

Vergleich der selbst erzeugten und von den Stadtwerken gelieferten elektrischen Energie zum Verbrauch der KA (Tages-Summe)



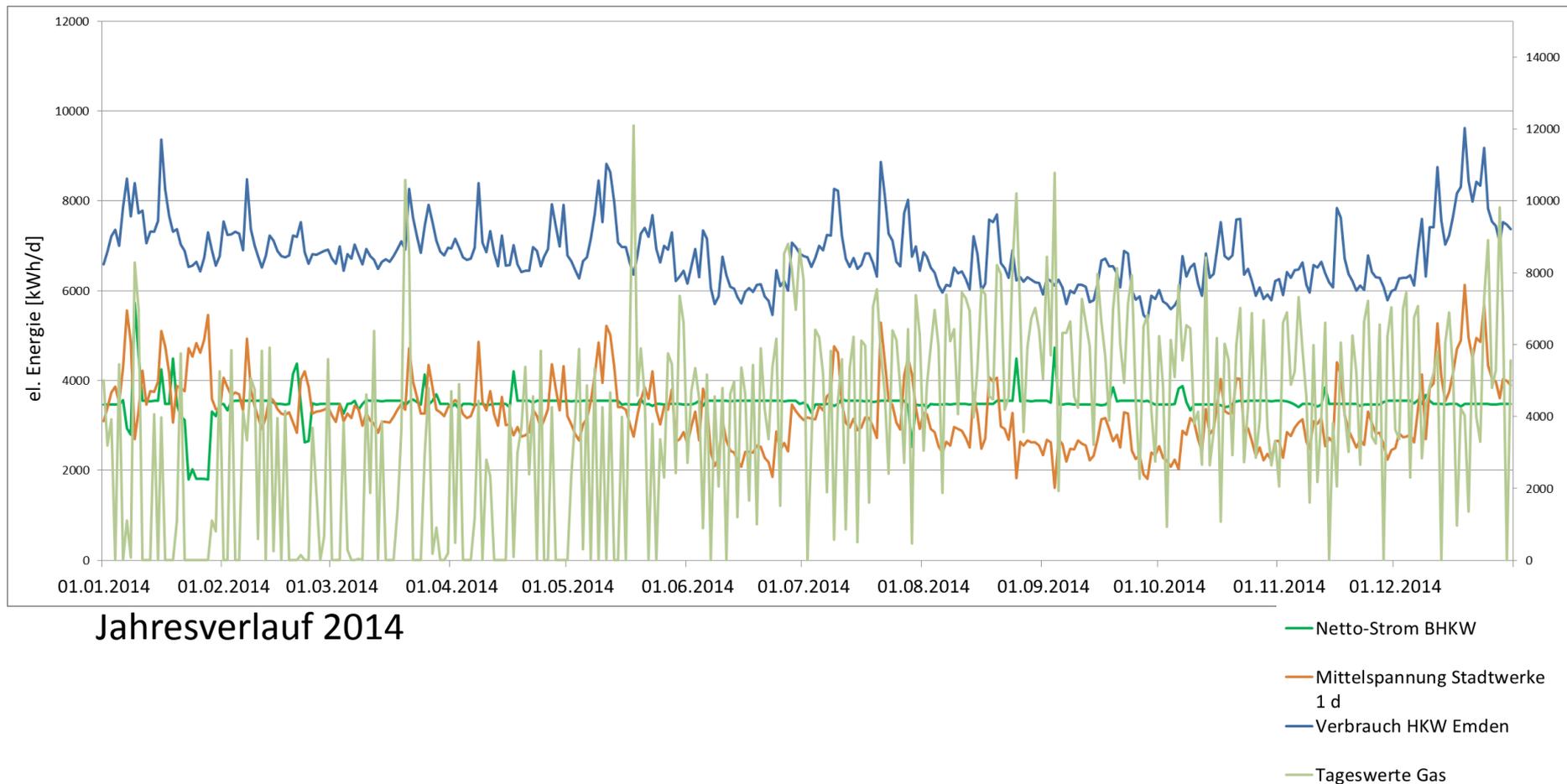
Jahresverlauf 2011/12

- Netto-Strom BHKW
- Mittelspannung Stadtwerke 1 d
- Verbrauch HKW Emden
- Tageswerte Gas



HKW Emden:

Vergleich der selbst erzeugten und von den Stadtwerken gelieferten elektrischen Energie zum Verbrauch der KA (Tages-Summe)



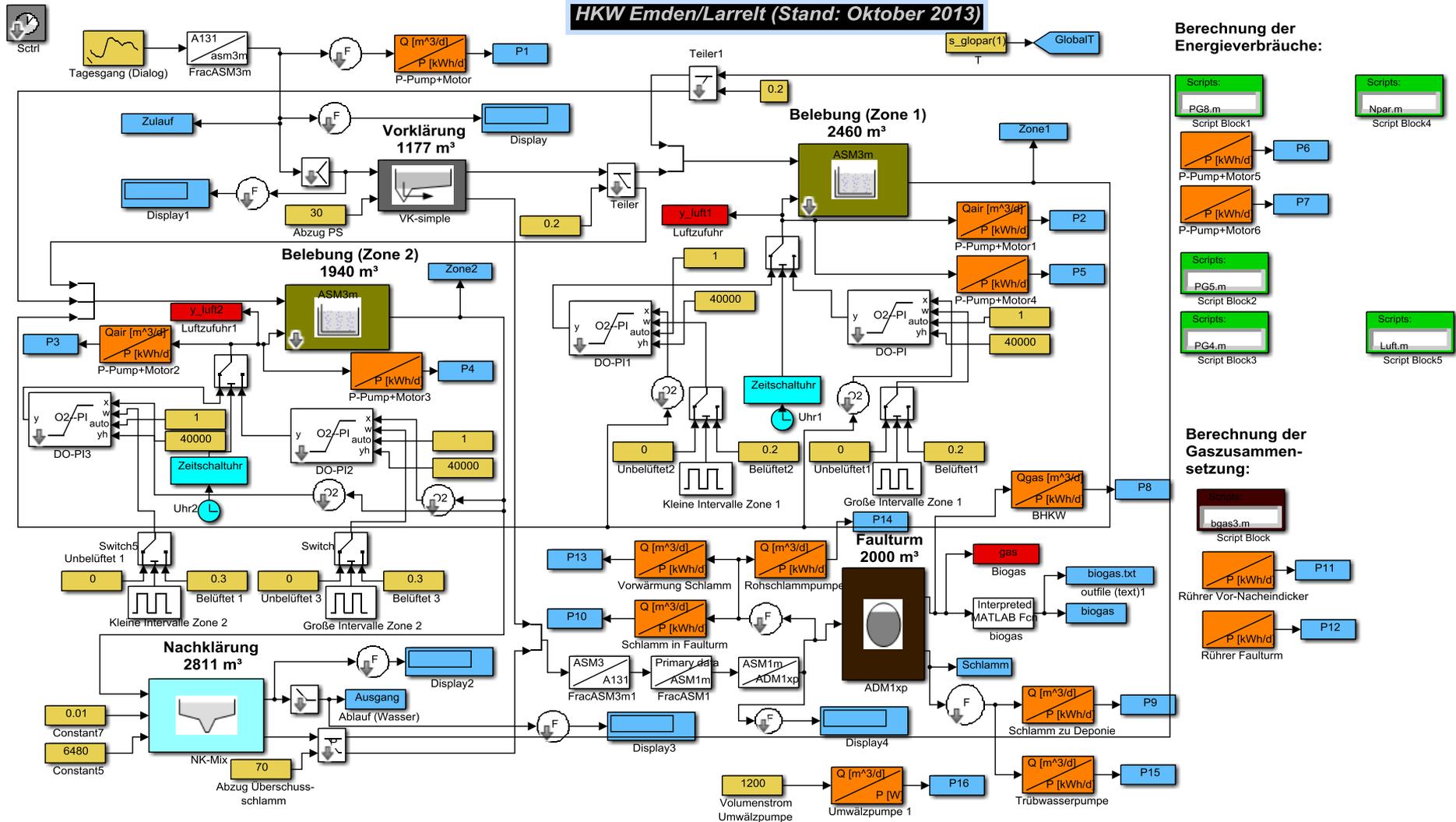
- Simulation der Kläranlage mit ASM3 (Belebung) und ADM1 (Faulung) unter Simba6
 - Online-Daten der Kläranlage Emden erfassen
 - Datenermittlung mit Labormessungen (Tagesgang, CSB, NH_4^+ , NO_3^- , O_2 , PO_4^{3-})
 - Einführen von Energieblöcken
 - Messungen mit dem Stromzangenamperemeter
 - Energieblöcke verifizieren bzw. neu definieren
 - Kopplung von Belüftung und Umwälzung in Belebungsbecken

HKW Emden, Überwachungswerte

max. Einleitmenge [L/s]	$\text{NH}_4\text{-N}$ [mg/l]	BSB_5 [mg/l]	CSB [mg/l]	$\text{NO}_3\text{-N}$ [mg/l]	$\text{NO}_2\text{-N}$ [mg/l]	TOC [mg/l]	pH-Wert [-]	$\text{P}_{\text{ges.}}$ [mg/l]	$\text{N}_{\text{ges.an}}$ [mg/l]
1.700	10	15	65	'(2)'	-	-	6 - 8,5	0,96	12

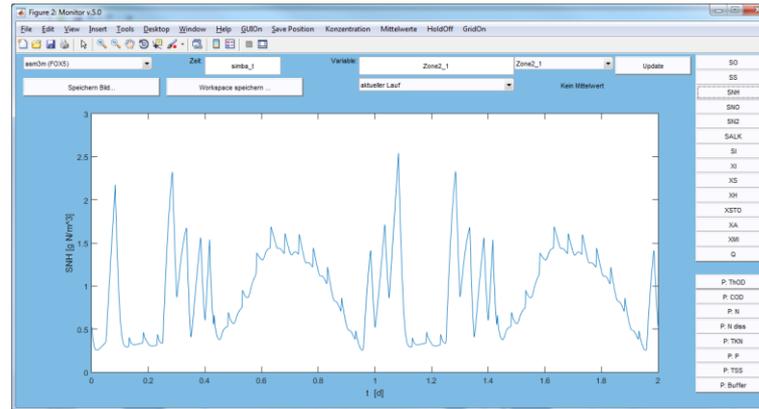
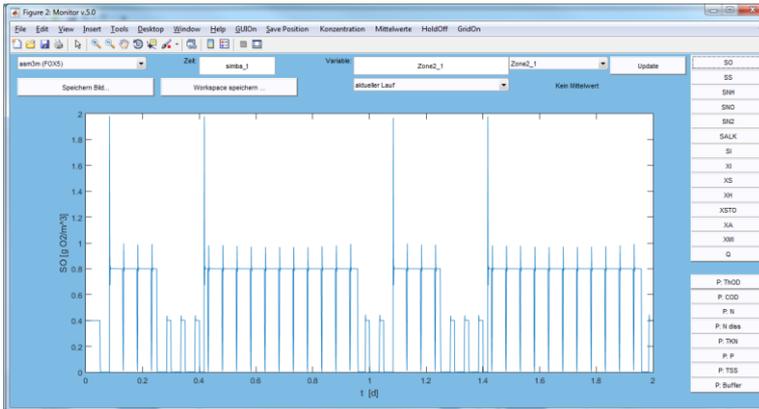
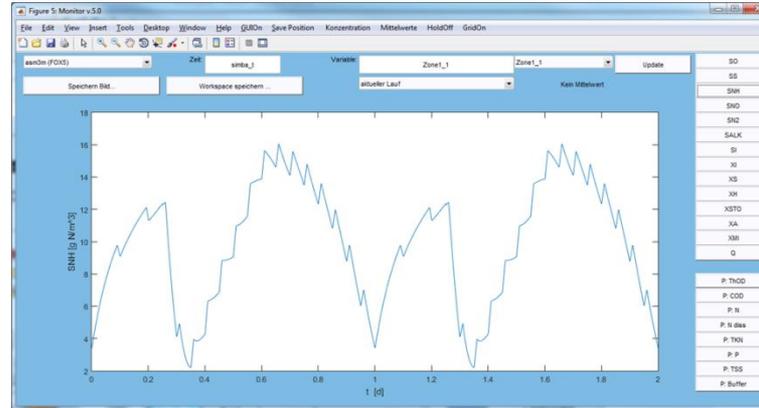
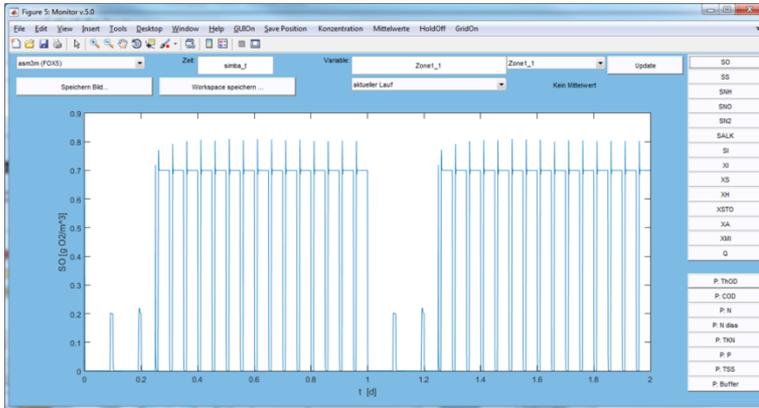
146.880 m³/d

Simulation des HKW Emden unter SIMBA 6.6





KA_Emd_999_0001_0207_0208_00010002_T10001_T010002_USS_90015k50



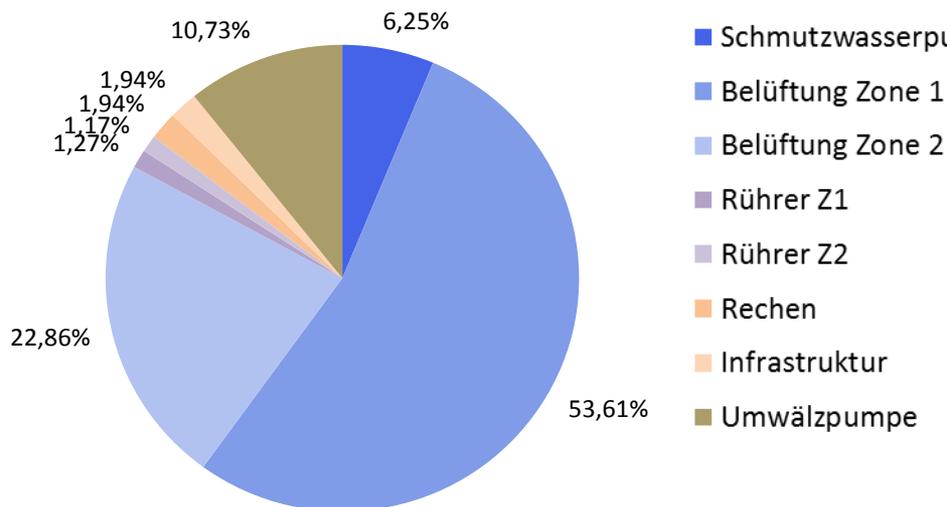
Gehalts- und Verbrauchswerte bei 16 °C



Sauerstoff-Gehalt [mg/L]		Ammonium-N [mg/L]	Nitrat-N [mg/L]	Sauerstoff [mg/L]	Verbrauch/a [kWh]	BHKW/a [kWh]	Einkauf/a [kWh]	% von 2,0 / 2,0	Einsparung [%]
BB Z1	BB Z2	Ausgang	Ausgang	Ausgang					
2,00	2,00	0,26	18,05	1,33	2.334.830	717.351	1.617.479	100,00%	0,00%
2,00	2,00	0,57	14,25	1,17	2.270.377	717.674	1.552.703	96,00%	4,00%
2,00	1,50	0,59	13,35	0,88	2.224.925	717.826	1.507.099	93,18%	6,82%
1,80	2,00	0,56	13,60	1,19	2.232.009	717.685	1.514.324	93,62%	6,38%
1,80	1,50	0,58	12,90	0,88	2.157.427	717.764	1.439.663	89,01%	10,99%
1,50	2,00	0,58	12,70	1,17	2.176.128	717.723	1.458.405	90,17%	9,83%
1,50	1,80	0,58	12,40	1,06	2.157.427	717.764	1.439.663	89,01%	10,99%
1,50	1,50	0,60	7,86	0,88	2.129.996	717.907	1.412.090	87,30%	12,70%
1,30	2,00	0,57	11,95	1,18	2.139.220	717.774	1.421.446	87,88%	12,12%
1,30	1,80	0,58	11,70	1,07	2.120.439	717.824	1.402.616	86,72%	13,28%
1,30	1,50	0,60	11,30	0,89	2.092.830	717.973	1.374.857	85,00%	15,00%
1,30	1,30	0,62	10,70	0,76	2.074.478	718.044	1.356.434	83,86%	16,14%
1,30	1,00	0,65	10,00	0,61	2.046.054	718.293	1.327.761	82,09%	17,91%
1,00	1,50	0,61	9,70	0,88	2.036.080	718.084	1.317.996	81,48%	18,52%
1,00	1,30	0,63	9,30	0,76	2.017.629	718.225	1.299.404	80,34%	19,66%
1,00	1,00	0,66	9,05	0,58	1.989.196	718.494	1.270.702	78,56%	21,44%
0,80	1,00	0,64	10,15	0,58	2.028.238	708.835	1.319.403	81,57%	18,43%
0,80	0,80	0,65	9,55	0,47	2.004.060	712.528	1.291.532	79,85%	20,15%
0,80	0,50	0,72	8,70	0,29	1.984.731	710.140	1.274.591	78,80%	21,20%
0,80	0,30	0,83	6,95	0,17	1.951.001	710.790	1.240.211	76,68%	23,32%
0,80	0,20	0,95	5,60	0,12	1.926.050	711.518	1.214.533	75,09%	24,91%
0,50	1,30	0,65	8,20	0,75	2.005.350	712.283	1.293.067	79,94%	20,06%
0,50	1,00	0,65	8,35	0,58	1.979.895	710.100	1.269.794	78,50%	21,50%
0,50	0,80	0,68	7,90	0,46	1.957.892	711.783	1.246.109	77,04%	22,96%
0,50	0,50	0,75	6,70	0,29	1.922.566	712.428	1.210.138	74,82%	25,18%
0,50	0,30	0,84	4,95	0,17	1.886.800	713.387	1.173.413	72,55%	27,45%
0,30	0,80	0,71	5,55	0,46	1.906.436	713.257	1.193.179	73,77%	26,23%
0,30	0,50	0,78	4,75	0,29	1.872.331	714.189	1.158.142	71,60%	28,40%
0,30	0,30	0,88	3,55	0,18	1.840.913	715.600	1.125.314	69,57%	30,43%
0,30	0,20	0,97	5,50	0,12	1.815.698	715.496	1.100.202	68,02%	31,98%
0,30	0,10	1,41	1,38	0,06	1.736.537	725.216	1.011.321	62,52%	37,48%
0,20	0,80	0,79	4,25	0,46	1.878.453	715.239	1.163.214	71,92%	28,08%
0,20	0,50	0,84	3,55	0,29	1.843.252	716.438	1.126.814	69,66%	30,34%
0,20	0,30	0,99	2,65	0,17	1.805.003	717.092	1.087.911	67,26%	32,74%
0,20	0,20	1,07	2,00	0,12	1.784.959	719.845	1.065.114	65,85%	34,15%
0,20	0,10	1,66	0,81	0,06	1.736.589	722.098	1.014.491	62,72%	37,28%
0,10	0,30	1,35	2,38	0,17	1.767.248	722.886	1.044.363	64,57%	35,43%
0,10	0,20	1,65	1,65	0,12	1.736.537	725.216	1.011.321	62,52%	37,48%
0,10	0,10	2,91	0,61	0,06	1.674.935	730.640	944.295	58,38%	41,62%

Einsparpotenzial bei 0,75 g/m³ NH₄⁺
26%

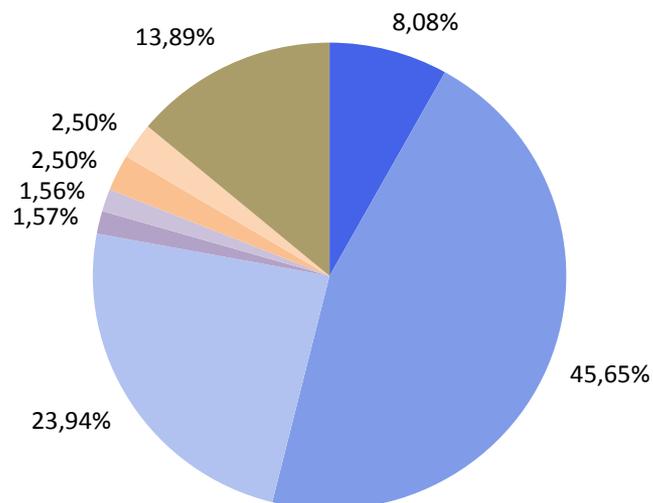
Einsparpotenzial bei 0,99 g/m³ NH₄⁺
32%



16 °C Norm. 2,0 / 2,0

Gesamtverbrauch /Tag	6.396,79	Gesamt BHKW/Tag	1.965,35
Gesamtverbrauch /Jahr	2.334.830,07	Gesamt BHKW/Jahr	717.351,01

Verbrauch/a [kWh]	BHKW/a [kWh]	Einkauf/a [kWh]	% von 2,0 / 2,0	Einsparung [%]
2.334.830	717.351	1.617.479	100,00%	0,00%



16 °C 0,2 / 0,3

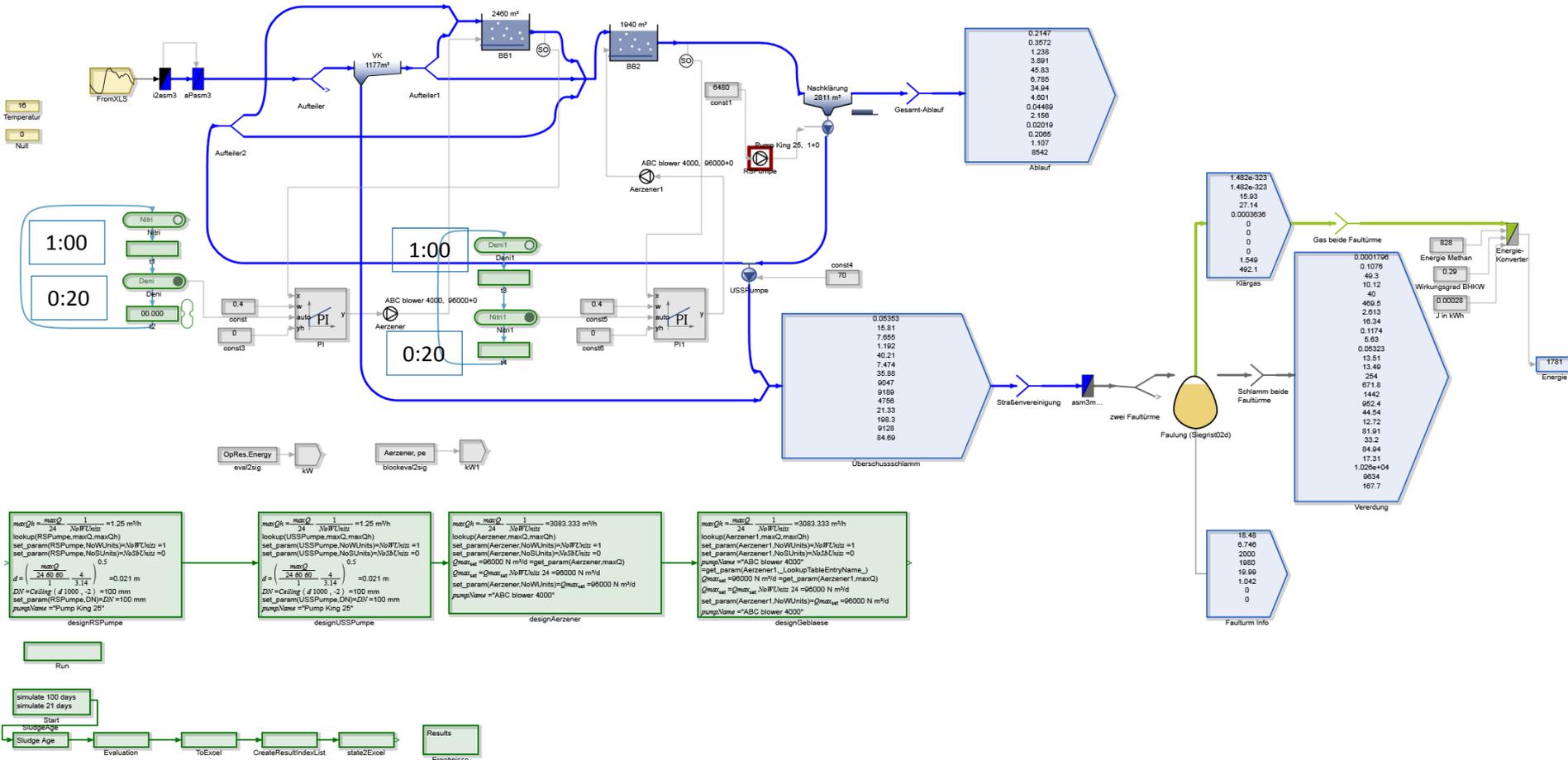
Gesamtverbrauch/Tag	4.945,21	Gesamt BHKW/Tag	1.964,64
Gesamtverbrauch/Jahr	1.805.002,95	Gesamt BHKW/Jahr	717.092,12

Verbrauch/a [kWh]	BHKW/a [kWh]	Einkauf/a [kWh]	% von 2,0 / 2,0	Einsparung [%]
1.805.003	717.092	1.087.911	67,26%	32,74%



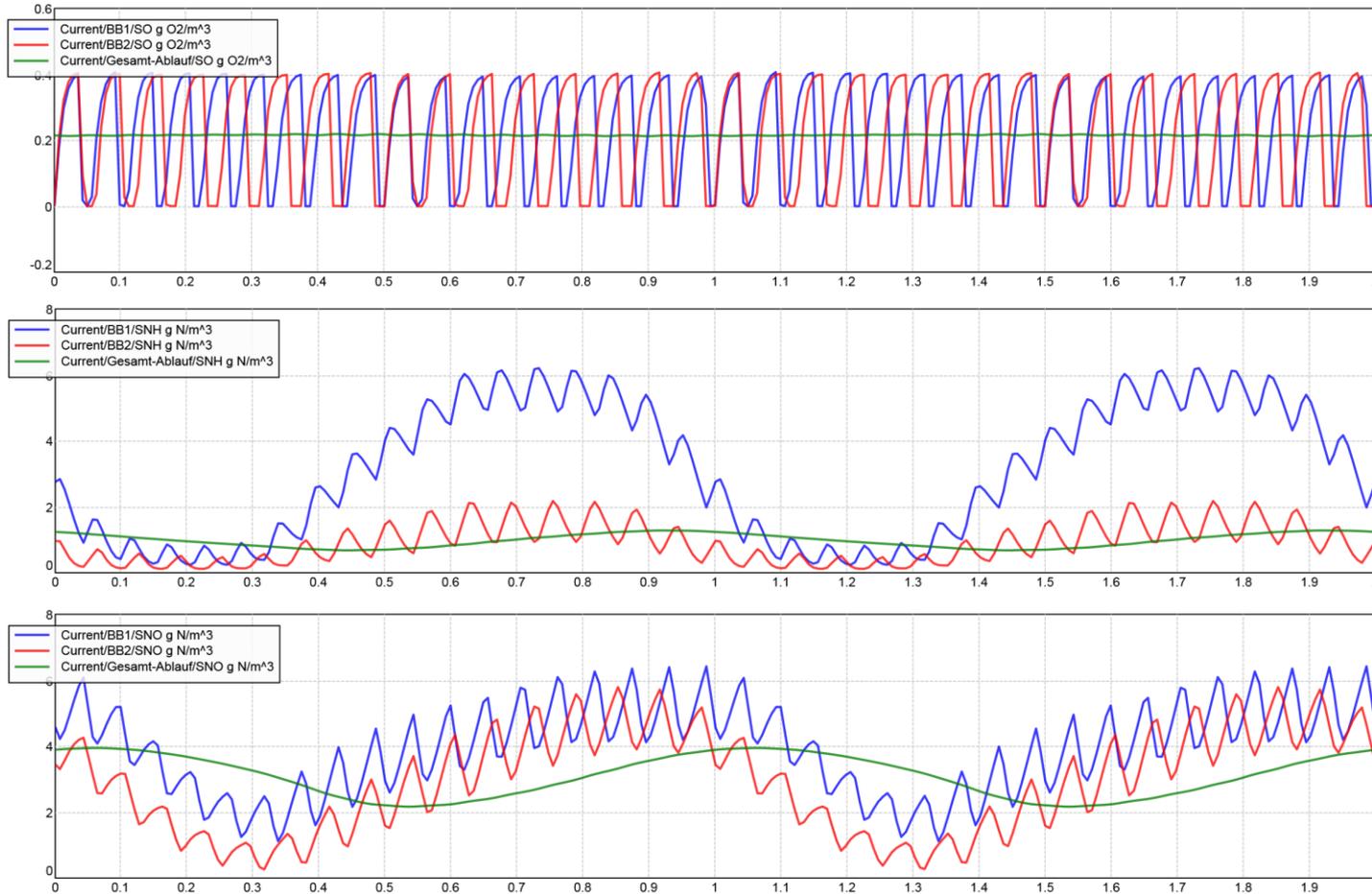
HKW Emden Norm_Excel6_04_04_a__

unregelt, intermittierend über Petri-Netz



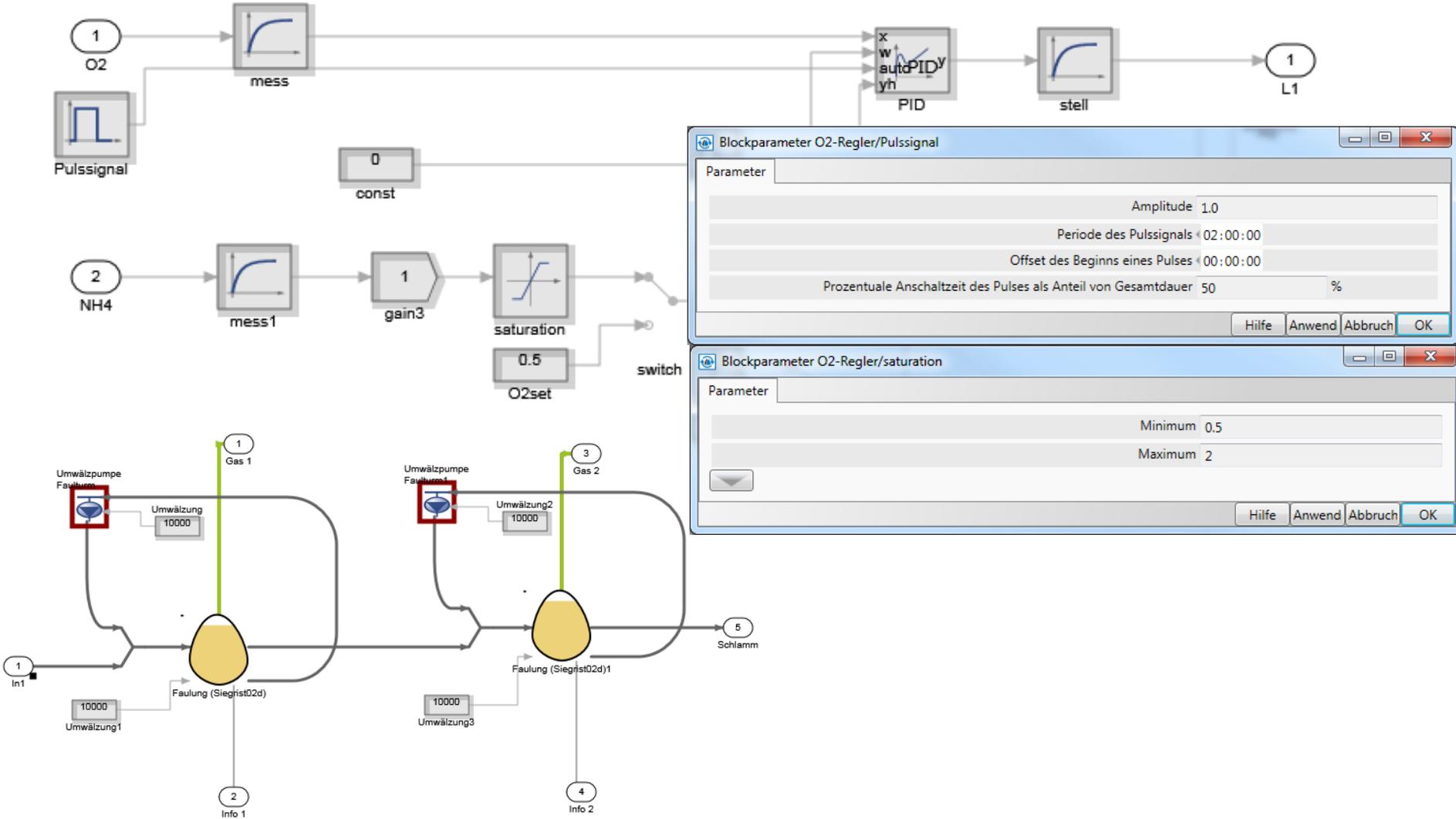
Simulation des HKW Emden unter SIMBA

HKW Emden Norm_Excel6_04_04_a__ unregelt



O ₂ Straßenvereinigung	NH Straßenvereinigung	NO Straßenvereinigung	Energie-Verbrauch	Einsparung
1,17723743	0,30596447	24,5295018	816.369,90	0,00%
0,21533984	0,98055219	3,1042979	586.930,48	-28,10%

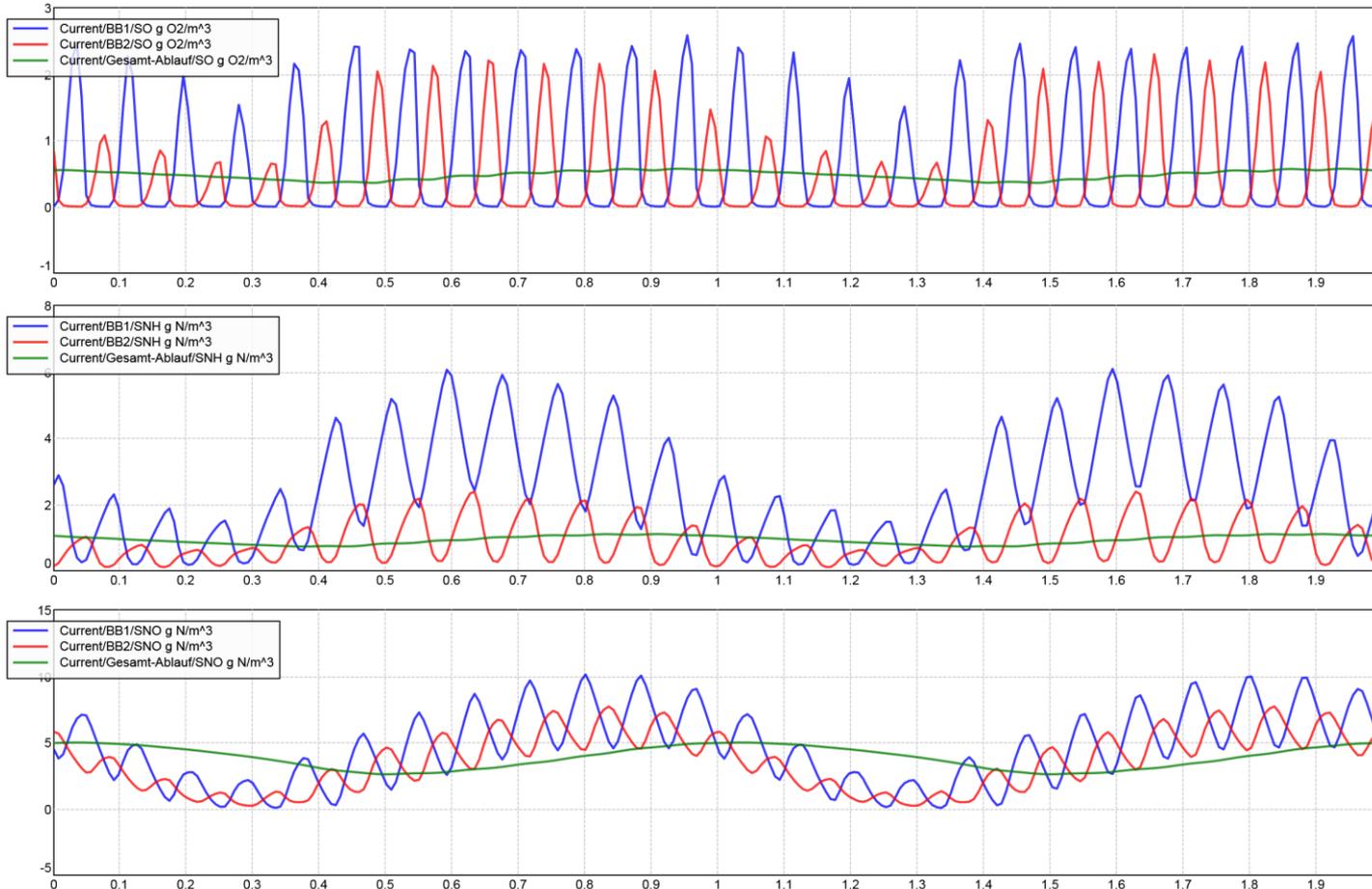
Simulation des HKW Emden unter SIMBA



Simulation des HKW Emden unter SIMBA

HKW Emden Norm_Excel6_20_20_a__Puls_Regelung_intermitt_3_NO3_7_PID_8c_27aFaul_13

geregelt



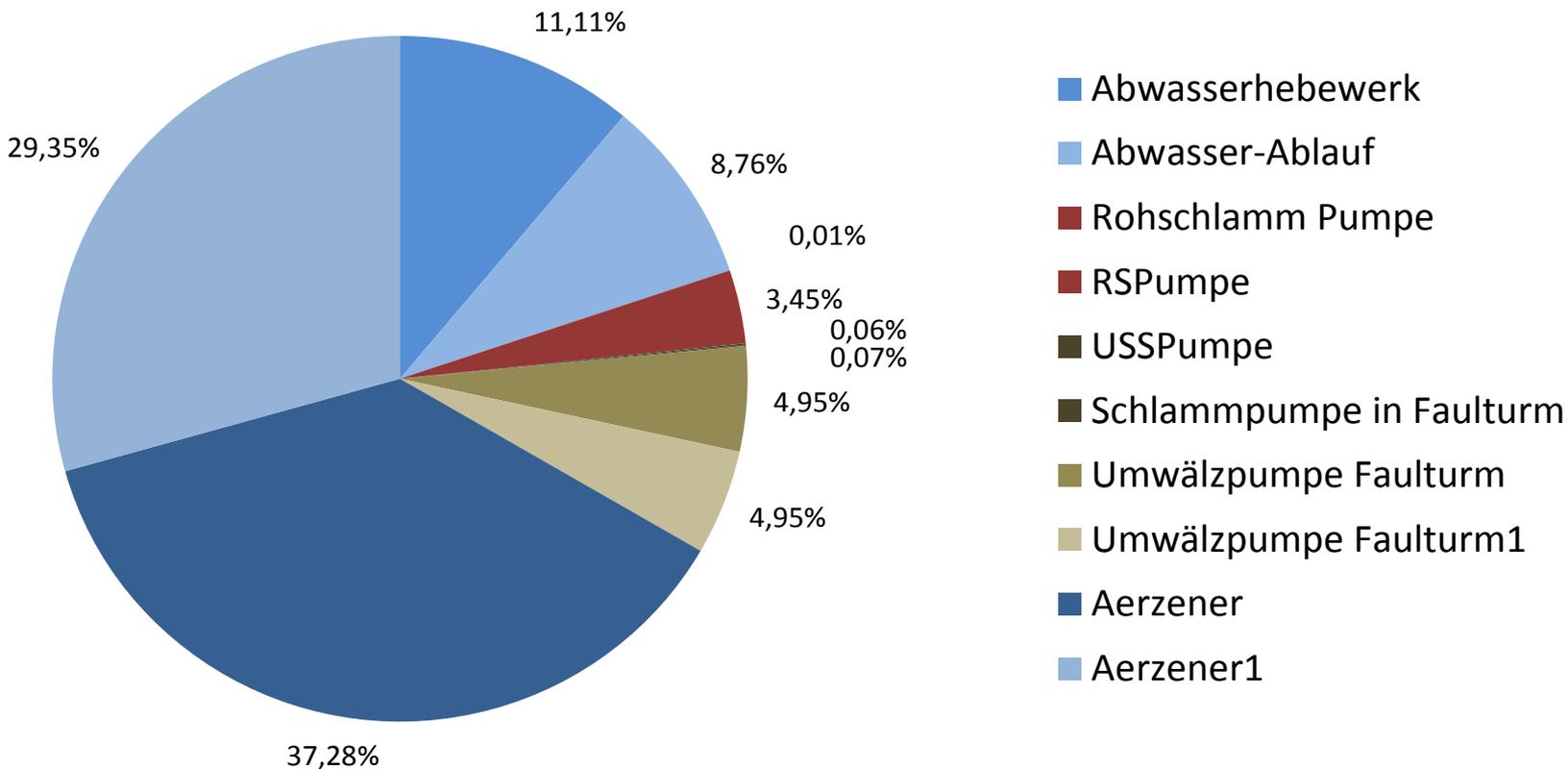
O2 Gesamt-Ablauf	NH Gesamt-Ablauf	NO Gesamt-Ablauf	Energie-Verbrauch	Energie-Ertrag	Brutto	Einsparung	Gesamt-Einsp.
1,30414973	0,75982983	14,3890957	2.313.222,74	620.159,33	1.693.063,41	0,00%	0,00%
0,47816415	0,93169716	3,87242768	2.161.756,79	707.237,13	1.454.519,66	-6,55%	-14,09%

Hauptverbraucher des HKW Emden unter SIMBA



Abwasser- hebwerk	Abwasser- Ablauf	Rohschlamm Pumpe	RSPumpe	USSPumpe	Schlamm- pumpe in Faulturm	b1/Umwälz- pumpe Faulturm	b1/Umwälz- pumpe Faulturm1	Aerzener	Aerzener1	Energie		
658,22	518,74	0,41	102,18	1,80	4,07	293,37	293,37	1.103,89	869,14	1.937,64	Energie pro d und Straße	
658,22	518,74	0,83	204,36	3,60	4,07	293,37	293,37	2.207,78	1.738,29	1.937,64	Energie pro d beide Straßen	
240.250,31	189.341,87	301,72	74.590,87	1.314,35	1.484,45	107.080,04	107.080,04	805.839,00	634.474,14	707.237,13	Energie pro a beide Straßen	
											Brutto	2.161.756,79
											Netto	1.454.519,66
11,11%	8,76%	0,01%	3,45%	0,06%	0,07%	4,95%	4,95%	37,28%	29,35%	-32,72%	Anteil	

Hauptverbraucher des HKW Emden unter SIMBA





Angewandte Forschung in der Energie- & Umwelttechnik

<http://eutec.hs-emden-leer.de>