

Verfahrenstechnische Optimierung einer kommunalen Kläranlage unter dem Einfluss von industriellen Indirekteinleitern

**Masterarbeit
zur Erlangung des akademischen Grades
Diplomingenieur**

eingereicht von:

GLOCK, KURT

Betreuer: Fürhacker, Maria, Ao. Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn.

Mitbetreuer: Fuchsluger, Christina, MSc. DI Dr.nat.techn.

Vorwort

Unter der sehr engagierten Leitung von Frau Prof. Dipl.-Ing. Dr. Fürhacker konnte ich die Masterarbeit am Institut für Siedlungswasserbau, Industriebewirtschaftung und Gewässerschutz bearbeiten. Daher möchte ich mich auch für die hervorragende, gemeinsame Betreuung von Frau Prof. Dipl.-Ing. Dr. Fürhacker und Frau MSc. DI Dr. Fuchsluger bedanken. Außerdem gebührt dem Technikumsleiter, Herrn Friedrich Kropitz, und dem gesamten Laborteam des Instituts, unter der Leitung von Frau Dipl.-Ing. Dr. Allabashi, ein herzlicher Dank. In diesem Zusammenhang möchte ich mich auch für die sehr gute und enge Zusammenarbeit mit der Geschäftsleitung des Gemeindeabwasserverbands erkenntlich zeigen. Zu guter Letzt bedanke ich mich bei meinen Eltern, die mich über die gesamte Studienzeit unterstützt haben.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Zielsetzung und Aufgabenstellung	2
3. Material und Methoden	4
3.1 Grundlagen der Verbandskläranlage	4
3.2 Erstellung des Blockdiagramms	4
3.3 Datenanalyse	4
3.4 Datenaufbereitung der Schlammanalysen	6
3.5 Schlammanalysen an der Universität für Bodenkultur	6
3.5.1 Probenahme und Probematerial	6
3.5.2 Durchführung einer Schlammanalyse	6
3.6 Batchversuch	10
3.6.1 Probematerial	10
3.6.2 Versuchsaufbau und -durchführung	10
3.7 Nitrifikationshemmtest	10
3.8 Analyse von Stichproben der Molkerei	10
3.9 Analysewoche in der Molkerei	11
3.9.1 Probenahmen und Probenahmestellen	11
3.9.2 Anlagenübersicht	13
3.9.3 „In-Situ“-Messung von Parametern	14
3.9.4 Bestimmung der Abwasserparameter	14
3.9.5 Bestimmung der freien Fettsäuren [mg/1000g]	18
3.9.6 Bestimmung der Schlammparameter	18
3.10 Laborversuche in den Modellkläranlagen (Kleinkläranlagen)	19
3.10.1 Design der Kleinkläranlage	20
3.10.2 Versuchsdurchführung	21
3.10.3 Erstellung der künstlichen Abwasserzuläufe	22
3.10.4 Bestimmung der Abwasserparameter	24
3.10.5 Parameter der Schlammuntersuchung	25
3.10.6 Schlammanalysen	25
4. Ergebnisse	26
4.1 Blockdiagramm	26
4.2 Datenanalyse	28
4.2.1 War ein Muster vorhanden?	29
4.2.2 Traten die Spitzen periodisch auf?	31
4.2.3 Konnten die Spitzen bestimmten Wochentagen zugeordnet werden?	31
4.2.4 Konnten die niedrigsten Werte bestimmten Wochentagen zugeordnet werden?	32
4.2.5 Waren signifikante Zusammenhänge mit anderen Parametern (NH ₄ -N Zulauf, CSB Zulauf,...) ersichtlich?	33
4.2.6 Waren die Spitzen an bestimmte Vorgänge (Pressvorgänge, Sauerstoffeintrag,...) gebunden?	36
4.3 Auswertung der Schlammanalysen	41
4.4 Auswertung der Schlammanalysen an der Universität für Bodenkultur	52
4.4.1 Schwimmschlammprobe 3.11.2011	52
4.4.2 Schlammprobe 8.11.2011	52
4.4.3 Schlammprobe vom 14.2.2012	53
4.5 Ergebnisse und Auswertung des Batchversuches	60

4.6	Nitrifikationshemmtest _____	60
4.7	Analyseauswertung der ersten Stichproben der Molkerei _____	67
4.8	Ergebnisse der Proben während der Analysewoche in der Molkerei _____	68
4.8.1	Auswertung der „In-Situ“-Parameter und der Abwasserparameter _____	68
4.8.2	Darstellung und Vergleich der „In-Situ“-Parameter _____	76
4.8.3	Darstellung und Vergleich der Abwasserparameter _____	80
4.8.4	Auswertung der Schlammparameter _____	102
4.9	Laborversuche in den Kleinkläranlagen _____	103
4.9.1	Laborversuch 1 _____	103
4.9.2	Laborversuch 2 _____	111
4.9.3	Laborversuch 3 _____	119
4.9.4	Laborversuch 4 _____	125
5.	Interpretation und Diskussion _____	133
6.	Zusammenfassung _____	139
7.	Ausblick _____	144
8.	Literaturverzeichnis _____	145
8.1	Internetverzeichnis _____	146
9.	Anhang _____	147
10.	Lebenslauf _____	
11.	Eidesstattliche Erklärung _____	

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schwimmschlamm im Belebungsbecken und Nachklärbecken	2
Abbildung 2: Datumseingabe - Datei: GAV Datenanalyse.xlsm	5
Abbildung 3: Parametereingabe - Datei: GAV Datenanalyse.xlsm.....	5
Abbildung 4: CommandButton - Datei: GAV Datenanalyse.xlsm	5
Abbildung 5: Blattwahl - Datei: GAV Datenanalyse.xlsm	5
Abbildung 6: Diagramm 1 - Datei: GAV Datenanalyse.xlsm	6
Abbildung 7: Blockdiagramm Molkerei.....	13
Abbildung 8: Design Kleinkläranlage	20
Abbildung 9: Kleinkläranlage im Betrieb	21
Abbildung 10: Blockdiagramm der Kläranlage des GAVs	27
Abbildung 11: Vergleich der täglichen Ammoniumkonzentration (mg/l) mit dem Grenzwert 1.1.2007 bis 31.12.2011	28
Abbildung 12: Bestimmung einer Musterabfolge der Ammoniumkonzentrationen.....	29
Abbildung 13: Teilausschnitt zur Erklärung der Musterabfolge	30
Abbildung 14: Musterabfolge im zweiten Halbjahr 2011	30
Abbildung 15: Häufigkeit der Tage zwischen den Spitzenwerten.....	31
Abbildung 16: Gegenüberstellung NH ₄ -N Zulauf (mg/l) und NH ₄ -N Ablauf (mg/l).....	33
Abbildung 17: Gegenüberstellung CSB Zulauf (mg/l) und NH ₄ -N Ablauf (mg/l).....	34
Abbildung 18: Gegenüberstellung Gesamt P Zulauf (mg/l) und NH ₄ -N Ablauf (mg/l)	35
Abbildung 19: Gegenüberstellung Anzahl der Pressen in Betrieb und NH ₄ -N im Ablauf (mg/l) .	36
Abbildung 20: Teilausschnitt (1.11.2011 bis 31.12.2011) der Gegenüberstellung Anzahl der Pressen in Betrieb und NH ₄ -N Ablauf (mg/l)	37
Abbildung 21: Gegenüberstellung Sauerstoffbilanz (kgO ₂ /d) und NH ₄ -N Ablauf (mg/l)	39
Abbildung 22: Gram-Färbung der Schwimmschlammprobe des Beckens C1 vom 08.11.2011.	53
Abbildung 23: Neisser-Färbung der Schwimmschlammprobe des Beckens C1 vom 08.11.2011	53
Abbildung 24: Beschaffenheit der Schlammprobe 1 (14.2.2012)	54
Abbildung 25: Beschaffenheit der Schlammprobe 2 (14.2.2012)	55
Abbildung 26: Festsitzende Ciliaten (14.2.2012)	55
Abbildung 27: Kriechende Ciliaten (14.2.2012).....	56
Abbildung 28: Rotatorien (ellipsenförmige Körper), Amöben (dunkle, kreisförmige Körper), (14.2.2012).....	56
Abbildung 29: Gram Färbung 1 (14.2.2012)	57
Abbildung 30: Gram-Färbung 2 (14.2.2012)	57
Abbildung 31: Gram-Färbung 3 (14.2.2012)	58
Abbildung 32: Neisser-Färbung 1 (14.2.2012)	58
Abbildung 33: Neisser-Färbung 2 (14.2.2012)	59

Abbildung 34: Neisser-Färbung 3 (14.2.2012)	59
Abbildung 35: Belebtschlammflocken vor Versuchsstart.....	60
Abbildung 36: Belebtschlammflocken nach 5 Tagen Versuchsdauer.....	60
Abbildung 37: Ergebnisse des Nitrifikationstests der Papierfabrik Zuläufe, der Mischproben des GAVs und der Molkereiabsetztanks (Zeitraum 10. bis 18. November 2011), Angaben in mg/l..	61
Abbildung 38: Ergebnisse des Ammoniumstickstoffabbaus des Nitrifikationstests der Papierfabrik Zuläufe, der Mischproben des GAVs und der Molkereiabsetztanks (Zeitraum 10. bis 18. November 2011), Angaben in %	62
Abbildung 39: Ergebnisse der Kontrollproben-Abweichung der NH ₄ -N Abbauraten von den Papierfabrik Zuläufen, den Mischproben des GAVs und der Molkereiabsetztanks (Zeitraum 10. bis 18. November 2011), Angaben in %	63
Abbildung 40: Ergebnisse des Nitrifikationshemmtests der Molkereizuläufe und Mischproben des GAVs (Zeitraum 19. bis 29. November 2011), Angabe in mg/l.....	64
Abbildung 41: Ergebnisse des Ammoniumstickstoffabbaus des Nitrifikationshemmtests der Molkereizuläufe und Mischproben des GAVs (Zeitraum 19. bis 29. November 2011), Angaben in Prozent.....	65
Abbildung 42: Darstellung des Parameters "Menge" (mit Zulauf GAV)	76
Abbildung 43: Darstellung des Parameters "Menge" (ohne Zulauf GAV)	76
Abbildung 44: Darstellung des Parameters "pH"	77
Abbildung 45: Darstellung des Parameters "Leitfähigkeit"	78
Abbildung 46: Darstellung des Parameters "Redoxpotential"	79
Abbildung 47: Darstellung der CSB-Konzentration	80
Abbildung 48: Darstellung der CSB-Fracht.....	81
Abbildung 49: Darstellung der CSB- und BSB ₅ -Konzentration.....	85
Abbildung 50: BSB – Sauerstoffverbrauch der Mittwoch-Probe	86
Abbildung 51: Darstellung der BSB ₅ -Fracht.....	86
Abbildung 52: Darstellung der N-Gesamt-Konzentration	87
Abbildung 53: Darstellung der N-Gesamt-Fracht	88
Abbildung 54: Darstellung der NH ₄ -N-Konzentration	90
Abbildung 55: Darstellung der NH ₄ -N-Fracht	91
Abbildung 56: Darstellung der NO ₃ -N-Konzentration	93
Abbildung 57: Darstellung der NO ₃ -N-Fracht.....	94
Abbildung 58: Darstellung der P-Gesamt-Konzentration.....	96
Abbildung 59: Darstellung der P-Gesamt-Fracht	97
Abbildung 60: Darstellung der Konzentration an freien Fettsäuren	99
Abbildung 61: Darstellung der Fracht an freien Fettsäuren.....	100
Abbildung 62: Sauerstoff- und Redoxmessung Laborversuch 1	104
Abbildung 63: Teilausschnitt der Sauerstoff- und Redoxmessung Laborversuch 1.....	105
Abbildung 64: Sauerstoff- und Redoxmessung Laborversuch 2	112
Abbildung 65: Teilausschnitt Sauerstoff- und Redoxmessung Laborversuch 2.....	113

Abbildung 66: Sauerstoff- und Redoxmessung Laborversuch 3	120
Abbildung 67: Teilausschnitt Sauerstoff- und Redoxmessung Laborversuch 3.....	121
Abbildung 68: Sauerstoff- und Redoxmessung Laborversuch 4	127
Abbildung 69: Teilausschnitt Sauerstoff- und Redoxmessung Laborversuch 4.....	128
Abbildung 70: Blockdiagramm Molkerei mit Veränderungsvorschlag.....	137

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Bestimmung der Parameter mittels Messkoffer "Multi 340i" (WTW)	14
Tabelle 2: CSB Küvetten-Test (HACH LANGE)	15
Tabelle 3: N-Ges TN_b Küvetten-Test (HACH LANGE)	15
Tabelle 4: NO_3 -N Küvetten-Test (HACH LANGE)	16
Tabelle 5: NH_4 -N Küvetten-Test (HACH LANGE)	17
Tabelle 6: P-Ges Küvetten-Test (HACH LANGE)	17
Tabelle 7: Versuche in den Kleinkläranlagen - Anzahl und Verteilung der Wasserproben	21
Tabelle 8: Versuche in den Kleinkläranlagen - Anzahl und Verteilung der Schlammproben	22
Tabelle 9: Ermittlung der notwendigen TOC-Fracht	23
Tabelle 10: Nährstoffverhältnisse GAV	23
Tabelle 11: Nährstofffrachten in den Zuläufen der Kleinkläranlagen	23
Tabelle 12: Nährstoffkonzentrationen in den Zuläufen der Kleinkläranlagen	24
Tabelle 13: Berechnung der Zugabemenge NH_4Cl	24
Tabelle 14: Berechnung der Zugabemenge K_2HPO_4	24
Tabelle 15: Zusammenfassung der Musterabfolgen	29
Tabelle 16: Anzahl der Spitzen pro Tag	31
Tabelle 17: Anzahl der Spitzen pro Tag bei einem Mindestwert von 10mg/l	32
Tabelle 18: Anzahl der niedrigsten Werte pro Tag	32
Tabelle 19: Morphologie der Schlammflocke	41
Tabelle 20: Fadenförmige Bakterien	44
Tabelle 21: Ciliaten	45
Tabelle 22: Flagellaten	46
Tabelle 23: Amöben	47
Tabelle 24: Mehrzeller	48
Tabelle 25: Sonstige Bakterien	49
Tabelle 26: Ergebnisse des Schwimmschlammes des Beckens B1 vom 03.11.2011	52
Tabelle 27: Beschaffenheit der Schlammprobe vom 14.2.2012	54
Tabelle 28: Ausweisung der Häufigkeit von Ciliaten (14.2.2012)	55
Tabelle 29: Ausweisung der Häufigkeit von Flagellaten (14.2.2012)	56
Tabelle 30: Ausweisung der Häufigkeit von Rotatorien und Nematoden (14.2.2012)	56
Tabelle 31: Ausweisung der Häufigkeit von Amöben (14.2.2012)	56
Tabelle 32: Analyseauswertung von den Proben der Molkerei	67
Tabelle 33: Auswertung der Analysewoche, Probenahmestelle: Buttertank 262	69
Tabelle 34: Auswertung der Analysewoche, Probenahmestelle: Buttertank 263	69
Tabelle 35: Auswertung der Analysewoche, Probenahmestelle: Gesamtzulauf Flotation	70
Tabelle 36: Frachten der Parameter, Probenahmestelle: Gesamtzulauf Flotation	71

Tabelle 37: Auswertung der Analysewoche, Probenahmestelle: Ablauf Flotation	72
Tabelle 38: Frachten der Parameter, Probenahmestelle: Ablauf Flotation, Gesamtfracht	73
Tabelle 39: Frachten der Parameter, Probenahmestelle: Ablauf Flotation, Teil KA GAV	73
Tabelle 40: Auswertung der Analysewoche, Probenahmestelle: Nachklärbecken KA Molkerei	74
Tabelle 41: Frachten der Parameter, Probenahmestelle: Nachklärbecken KA Molkerei	74
Tabelle 42: Auswertung der Analysewoche, Probenahmestelle: Zulauf GAV	75
Tabelle 43: Frachten der Parameter, Probenahmestelle: Zulauf GAV	75
Tabelle 44: Reduktion der CSB-Fracht durch Flotation.....	82
Tabelle 45: Aufteilung der CSB-Fracht nach der Flotation	83
Tabelle 46: Reduktion der CSB-Fracht durch die biologische Reinigung	84
Tabelle 47: Anteil der CSB-Fracht der Molkerei an der gesamten CSB-Fracht im Zulauf der Kläranlage des GAVs	84
Tabelle 48: Reduktion der N-Gesamt-Fracht durch die Flotation	88
Tabelle 49: Aufteilung der N-Gesamt-Fracht nach der Flotation	89
Tabelle 50: Reduktion der N-Gesamt-Fracht durch die mikrobiologische Reinigung.....	89
Tabelle 51: Anteil der N-Gesamt-Fracht der Molkerei an der N-Gesamt-Fracht im Zulauf der Kläranlage des GAVs	89
Tabelle 52: Reduktion der NH ₄ -N-Fracht durch die Flotation	91
Tabelle 53: Aufteilung der NH ₄ -N-Fracht nach der Flotation	92
Tabelle 54: Reduktion der NH ₄ -N-Fracht durch die mikrobiologische Reinigung.....	92
Tabelle 55: Anteil der NH ₄ -N-Fracht der Molkerei an der NH ₄ -N-Fracht im Zulauf der Kläranlage des GAVs.....	92
Tabelle 56: Reduktion der NO ₃ -N-Fracht durch die Flotation	94
Tabelle 57: Aufteilung der NO ₃ -N-Fracht nach der Flotation	95
Tabelle 58: Reduktion der NO ₃ -N-Fracht durch die mikrobiologische Reinigung	95
Tabelle 59: Anteil der NO ₃ -N-Fracht der Molkerei an der NO ₃ -N-Fracht im Zulauf der Kläranlage des GAVs.....	95
Tabelle 60: Reduktion der P-Gesamt-Fracht durch die Flotation	97
Tabelle 61: Aufteilung der P-Gesamt-Fracht nach der Flotation	98
Tabelle 62: Reduktion der P-Gesamt-Fracht durch die mikrobiologische Reinigung.....	98
Tabelle 63: Anteil der P-Gesamt-Fracht der Molkerei an der P-Gesamt-Fracht im Zulauf der Kläranlage des GAVs	98
Tabelle 64: Reduktion der Fracht an freien Fettsäuren durch die Flotation.....	100
Tabelle 65: Aufteilung der Fracht an freien Fettsäuren nach der Flotation.....	101
Tabelle 66: Reduktion der Fracht an freien Fettsäuren durch die mikrobiologische Reinigung	101
Tabelle 67: Anteil der Fracht an freien Fettsäuren der Molkerei an der Fracht der freien Fettsäuren im Zulauf der Kläranlage des GAVs.....	101
Tabelle 68: Auswertung der Schlammparameter der Betriebskläranlage der Molkerei	102
Tabelle 69: Auswertung der Schlammparameter der Kläranlage des GAVs	102

Tabelle 70: Theoretische Zulaufwerte Laborversuch 1	103
Tabelle 71: Auswertung der Abwasserparameter der Anlage "Bier" des Laborversuchs 1.....	107
Tabelle 72: Auswertung der Abwasserparameter der Anlage "Bier + FS" des Laborversuchs 1	107
Tabelle 73: Auswertung der Schlammparameter des Laborversuchs 1	108
Tabelle 74: Schlammanalysen Laborversuch 1	109
Tabelle 75: Theoretische Zulaufwerte Laborversuch 1	111
Tabelle 76: Auswertung der Abwasserparameter der Anlage "Bier" des Laborversuchs 2.....	115
Tabelle 77: Auswertung der Abwasserparameter der Anlage "Bier + FS" des Laborversuchs 2	116
Tabelle 78: Auswertung der Schlammparameter des Laborversuchs 2	116
Tabelle 79: Schlammanalysen Laborversuch 2	117
Tabelle 80: Kontrolle der Schlammbelastung im Laborversuch 2	118
Tabelle 81: Theoretische Zulaufwerte Laborversuch 1	119
Tabelle 82: Auswertung der Abwasserparameter der Anlage "Bier" des Laborversuchs 3.....	122
Tabelle 83: Auswertung der Abwasserparameter der Anlage "Bier + FS" des Laborversuchs 3	123
Tabelle 84: Auswertung der Schlammparameter des Laborversuchs 3	123
Tabelle 85: Schlammanalysen Laborversuch 3	124
Tabelle 86: Kontrolle der Schlammbelastung im Laborversuch 3	125
Tabelle 87: Theoretische Zulaufwerte Laborversuch 1	126
Tabelle 88: Auswertung der Abwasserparameter der Anlage "Bier" des Laborversuchs 4.....	129
Tabelle 89: Auswertung der Abwasserparameter der Anlage "Bier + FS" des Laborversuchs 4	130
Tabelle 90: Auswertung der Schlammparameter des Laborversuchs 4	130
Tabelle 91: Schlammanalysen Laborversuch 3	131
Tabelle 92: Kontrolle der Schlammbelastung im Laborversuch 4	132
Tabelle 93: Zulauf- und Ablaufkonzentration der Abwasserparameter der Kläranlage des GAVs (Mittelwerte vom Untersuchungszeitraum 1.1.2007 bis 31.12.2011).....	133
Tabelle 94: Überblick über die Frachtreduzierungen und -anteile	142

Kurzzeichen

<i>ACAT</i> ...	Applied Chemicals Anwendungstechnik
a_{Presse} ...	Anzahl der Pressen
α ...	Reduktionsfaktor für den Sauerstoffeintrag
$B_{\text{CSB,Ablauf Flotation}}$...	CSB Fracht, Ablauf Flotation (kg/d)
$\bar{B}_{\text{CSB,Ablauf Flotation}}$...	Mittelwert der CSB Fracht im Ablauf der Flotation (kg/d)
$B_{\text{CSB,Ablauf Flotation Teil KA GAV}}$...	CSB Fracht, Ablauf Flotation (kg/d)
$B_{\text{CSB,BB Molkerei}}$...	CSB Fracht, Zulauf Belebungsbecken Molkerei (kg/d)
$\bar{B}_{\text{CSB,BB Molkerei}}$...	Mittelwert der CSB Fracht, Zulauf Belebungsbecken Molkerei (kg/d)
$B_{\text{CSB,NKB Molkerei}}$...	CSB Fracht, Ablauf Nachklärbecken (kg/d)
$\bar{B}_{\text{CSB,NKB Molkerei}}$...	Mittelwert der CSB Fracht, Ablauf Nachklärbecken (kg/d)
$B_{\text{CSB,KK}}$...	CSB Fracht in der Kleinkläranlage (kg/d)
$B_{\text{CSB,L1,Bier}}$...	CSB-Fracht in der Kleinkläranlage „Bier“ im Laborversuch 1 (g/d)
$B_{\text{CSB,Reduktion Flotation}}$...	CSB Fracht, Reduktion durch Flotation (kg/d)
$\bar{B}_{\text{CSB,Reduktion Flotation}}$...	Mittelwert der Reduktion der CSB Fracht durch die Flotation (kg/d)
$B_{\text{CSB,Reduktion MB}}$...	CSB Fracht, Reduktion durch mikrobiologische Reinigung (kg/d)
$\bar{B}_{\text{CSB,Reduktion MB}}$...	Mittelwert der Reduktion der CSB Fracht durch die mikrobiologische Reinigung (kg/d)
$B_{\text{CSB,Teil KA GAV}}$...	Anteil der CSB Fracht nach der Flotation in Richtung der Kläranlage des GAVs (kg/d)
$\bar{B}_{\text{CSB,Teil KA GAV}}$...	Mittelwert des Anteils der CSB Fracht nach der Flotation in Richtung der Kläranlage des GAVs (kg/d)
$B_{\text{CSB,Zulauf Flotation}}$...	CSB Fracht, Zulauf Flotation (kg/d)
$\bar{B}_{\text{CSB,Zulauf Flotation}}$...	Mittelwert der CSB Fracht im Zulauf der Flotation (kg/d)
$B_{\text{CSB,Zulauf GAV}}$...	CSB Fracht im Zulauf der Kläranlage des GAVs (kg/d)
$\bar{B}_{\text{CSB,Zulauf GAV}}$...	Mittelwert der CSB Fracht im Zulauf der Kläranlage des GAVs (kg/d)
$B_{\text{N,GAV}}$...	Stickstofffracht in der Kläranlage des GAVs (kg/d)
$B_{\text{NH}_4\text{-N,KK}}$...	NH ₄ -N-Fracht in der Kleinkläranlage (g/d)
$B_{\text{P-Gesamt,KK}}$...	P-Gesamt-Fracht in der Kleinkläranlage (g/d)
$B_{\text{TOC,KK}}$...	TOC-Fracht in der Kleinkläranlage (g/d)
$B_{\text{TOC,L1,Bier}}$...	TOC-Fracht in der Kleinkläranlage „Bier“ im Laborversuch 1 (g/d)
$B_{\text{TS,KK}}$...	Schlammbelastung in der Kleinkläranlage (kgCSB/(kgTS*d))
$B_{\text{TS,L1,Bier}}$...	Schlammbelastung in der Kleinkläranlage „Bier“ im Laborversuch 1 (gCSB/(gTS*d))
$CSB_{\text{Zulauf Flotation}}$...	CSB-Konzentration im Zulauf der Flotation (g/l)
<i>DC</i> ...	Donau Chemie
EC_x ...	Effect Concentration (%)
ET_{Ams} ...	Eintauchtiefe der Belüfter in der Kläranlage des GAVs (m)

h_{Ams} ...	absolute Höhe der Kläranlage des GAVs (m ü.A.)
Δm_{O_2} ...	Differenz aus Sauerstoffeintrag und -bedarf (kg/d)
m_{Bedarf,O_2} ...	Bedarf an Sauerstoff für die gesamte Oxidation (kg/d)
M_{Bedarf,O_2} ...	Bedarf an Sauerstoff für die gesamte Oxidation + Sicherheit (kg/d)
$m_{Bedarf,O_2,CSB}$...	Bedarf an Sauerstoff für die CSB-Oxidation (kg/d)
$m_{Bedarf,O_2,N}$...	Bedarf an Sauerstoff für die N-Oxidation (kg/d)
$m_{Gebläse,O_2}$...	gesamter Sauerstoffeintrag durch die Gebläse (kg/d)
$m_{Klärerde}$...	Menge der abgepressten Klärerde (m ³ /d)
$m_{K_2HPO_4}$...	notwendige Masse an K ₂ HPO ₄ pro Liter Zulauf (g/l)
$M_{K_2HOP_4}$...	molare Masse K ₂ HPO ₄ (g/mol)
m_{NH_4Cl} ...	notwendige Masse an NH ₄ Cl pro Liter Zulauf (g/l)
M_N ...	molare Masse Stickstoff (g/mol)
M_{NH_4Cl} ...	molare Masse NH ₄ Cl (g/mol)
M_P ...	molare Masse Phosphor (g/mol)
m_{Presse} ...	maximale Durchflussmenge pro Presse (m ³ /d)
MV_{KK} ...	Mischungsverhältnis Wasser zu Bier in der Kleinkläranlage (-)
$NH_4 - N_{KK}$...	Ammoniumkonzentration in der Kleinkläranlage (g/l)
$NH_4 - N_{Ablauf,L1,Bier}$...	Ammoniumkonzentration im Ablauf der Kleinkläranlage „Bier“ des Laborversuchs 1 (mg/l)
$NH_4 - N_{Zulauf,L1,Bier}$...	Ammoniumkonzentration im Zulauf der Kleinkläranlage „Bier“ des Laborversuchs 1 (mg/l)
p_a ...	Ansaugdruck des Gebläses (bar)
p_{abs} ...	Normaldruck auf Meeresebene (bar)
$p_{CSB,Anteil Molkerei}$...	Prozentueller Anteil der CSB Fracht der Molkerei an der gesamten CSB Fracht der Kläranlage des GAVs (%)
$\bar{p}_{CSB,Anteil Molkerei}$...	Mittelwert des prozentuellen Anteils der CSB Fracht der Molkerei an der gesamten CSB Fracht der Kläranlage des GAVs (%)
$p_{CSB,BB Molkerei}$...	Prozentueller Anteil CSB Fracht, Zulauf Belebungsbecken Molkerei (%)
$\bar{p}_{CSB,BB Molkerei}$...	Mittelwert des prozentuellen Anteils der CSB Fracht, Belebungsbecken Molkerei (%)
$p_{CSB,Reduktion Flotation}$...	Relative Reduktion der CSB Fracht durch Flotation (%)
$\bar{p}_{CSB,Reduktion Flotation}$...	Mittelwert der relativen Reduktion der CSB Fracht durch Flotation (%)
$p_{CSB,Reduktion MB}$...	Relative Reduktion der CSB Fracht durch mikrobiologische Reinigung (%)
$\bar{p}_{CSB,Reduktion MB}$...	Mittelwert der relativen Reduktion der CSB Fracht durch die mikrobiologische Reinigung (%)
$p_{CSB,Teil KA GAV}$...	Prozentueller Anteil der CSB Fracht nach der Flotation in Richtung der Kläranlage des GAVs (%)
$\bar{p}_{CSB,Teil KA GAV}$...	Mittelwert des prozentuellen Anteils der CSB Fracht nach der Flotation in Richtung Kläranlage des GAVs (%)
$P - Gesamt_{KK}$...	Phosphorkonzentration in der Kleinkläranlage (g/l)
$p_{NH_4-N, KK}$...	Prozentueller Anteil der NH ₄ -N-Fracht an der TOC-Fracht in der Kleinkläranlage (%)

$p_{NH_4-N,L1,Bier}$...	Abbauleistung der NH_4-N -Konzentration in der Anlage „Bier“ des Laborversuchs 1 (%)
$p_{P-Gesamt, KK}$...	Prozentueller Anteil der P-Gesamt-Fracht an der TOC-Fracht in der Kleinkläranlage (%)
$Q_{KK,Zulauf}$...	Zulaufmenge der Kleinkläranlage (l/d)
$Q_{L1,Bier}$...	Zulaufmenge der Kleinkläranlage „Bier“ im Laborversuch 1 (l/d)
$Q_{Zulauf Flotation}$...	Zulaufmenge der Flotation (m^3/d)
T_{abs} ...	Nullpunkt der Temperatureinheit Celsius ($^{\circ}C$, K)
T_{Ams} ...	durchschnittliche Temperatur in den Belebungsbecken der Kläranlage des GAVs ($^{\circ}C$, K)
TOC_{Bier} ...	TOC-Konzentration von Bier (g/l)
$TOC_{KK,Zulauf}$...	TOC-Konzentration im Zulauf (g/l)
$TOC_{L1,Bier}$...	TOC-Konzentration im Zulauf der Kleinkläranlage „Bier“ im Laborversuch 1 (g/l)
TS_{KK} ...	Trockensubstanz in der Kleinkläranlage (g/l)
t_{Summe} ...	Summe der Betriebsstunden der Gebläse (h)
$v_{Betrieb}$...	Betriebsvolumenstrom des Gebläses (Bm^3/min)
v_{Norm} ...	Normvolumenstrom des Gebläses (Nm^3/min)
V_{Gesamt} ...	Gesamtluftvolumen der Gebläse pro Tag (Nm^3/d)
V_{KK} ...	Volumen Kleinkläranlage (l)
VTA ...	VerfahrensTechnologische Abwasseraufbereitung
V_{Vorrat} ...	Volumen Vorratsbehälter für Kleinkläranlagen (l)
$x_{Abwasser}$...	Sauerstoffeintrag bei Abwasser ($gO_2/(Nm^3*mET)$)
$x_{Reinwasser}$...	Sauerstoffeintrag bei Reinwasser ($gO_2/(Nm^3*mET)$)

Kurzfassung

Das Auftreten von Bläh- und Schwimmschlamm kann in Abwasserreinigungsanlagen (ARA) zu Problemen, wie zur Überschreitung des $\text{NH}_4\text{-N}$ -Ablaufgrenzwertes und zu einem Schlammabtrieb in den Vorfluter führen.

In dieser Arbeit sollte der Frage nachgegangen werden, ob die Probleme auf interne Prozesse (z.B.: Belüftungsdefizit, Presswasserrückführung) oder auf externe Zuflüsse (z.B.: Molkerei, Wäscherei) zurückzuführen waren.

Eine Datenanalyse, Screeningtests zur Bestimmung von Hemmungen, eine Analysewoche in der Anlage eines Indirekteinleiters (Molkerei) und Parallelversuche in Modellkläranlagen wurden durchgeführt.

Die Datenauswertung zeigte, dass die $\text{NH}_4\text{-N}$ Konzentration über den Untersuchungszeitraum stieg. Außerdem kam es zu einer Konzentration der $\text{NH}_4\text{-N}$ Ablaufspitzen am Ende einer Arbeitswoche. Dies ließ einen Einfluss der Industrie vermuten. Die Daten der Schlammanalysen wiesen auf ein Wachstum von fadenförmigen Bakterien hin und der schlechte Zustand des Schlammes spiegelte sich in einem hohen Schlammvolumen ($>2000\text{ml/l}$) und Schlammindex ($>300\text{ml/g}$) wider.

In den Screeningtests konnte keine Nitrifikationshemmung durch einen Abwasserstrom ausgewiesen werden.

Die Erkenntnisse der Analysewoche waren, dass die Molkerei einen Anteil von 15-20% an den Zulaufstoffen (C, N, P) stellte. Außerdem wurde nachgewiesen, dass rund 75% der Fracht an freien Fettsäuren aus der Molkerei stammten.

Im Zuge der Parallelversuche in Modellkläranlagen konnte eine Verschlechterung des Schlammes unter dem Einfluss des Molkereiabwassers ausgewiesen werden.

Drei Lösungsvorschläge wurden für die ARA ausgearbeitet. Die Varianten 1 und 2 zielen auf eine optimierte Vorreinigung des gesamten Molkereiabwassers ab und unterscheiden sich in der Anordnung der Reinigungsschritte in der Anlage der Molkerei. Die Variante 3 beinhaltet interne Betriebsverbesserungen in der ARA.

Zuletzt ist zu erwähnen, dass bereits die Maßnahmen der Variante 3 zu einer Verbesserung des Zustandes in der ARA führten.

Abstract

Bulking and floating sludge can occur under specific conditions in waste water treatment plants (WWTP) causing problems such as exceedance of the $\text{NH}_4\text{-N}$ -limit and sludge in the effluent.

The goal of the study was to clarify, if the problems occurred because of internal control deficits (e.g.: aeration deficit, supernatant of the chamber filter press) or because of external inflows (e.g.: dairy, laundry).

In a first step all previously recorded data of the WWTP were analysed. Furthermore nitrification inhibition tests, an analysing week at an indirect discharger (dairy) and small scale experiments with artificial waste water including fatty acids of the dairy were made.

The data showed that the concentration of $\text{NH}_4\text{-N}$ increased over time and the sludge parameters were $>2000\text{ml/l}$ sludge volume and $>300\text{ml/g}$ sludge volume index. Increased counts of ammonium peaks at the end of a working week were detected. Probably the peaks were caused by industrial indirect dischargers. The sludge reports indicated a growth of filamentous bacteria.

The nitrification inhibition screening did not indicate a significant inhibition of different waste water streams.

The outcome of the analysing week was that 15-20% of the WWTP-loads (C, N, P) were produced in the dairy. In addition 75% of the fatty acid load originated from the dairy.

The result of the small scale experiments was that the sludge quality deteriorated when the waste water from the dairy was present.

Based on the results three different alternatives were planned to ensure a more stable handling of the WWTP. An optimized pretreatment in a selector and a dissolved air flotation is part of the alternatives 1 and 2. The difference between these alternatives is another sequence of the treatment steps. Alternative 3 includes improvements of the operation of the WWTP.

At the end it must be mentioned, that the realised measures of the third alternative at the WWTP caused a significant improvement of the effluent quality.

1. Einleitung

„Betriebsprobleme auf Kläranlagen sind so alt wie die Entstehung und der Betrieb von biologischen Kläranlagen.“ (KUNST et al. 2000)

Das angeführte Zitat deutet darauf hin, dass die Regelung von biologischen Kläranlagen aufgrund der sehr komplexen technischen, chemischen und mikrobiologischen Zusammenhänge eine große Herausforderung für die Betreiber darstellt. Laut KUNST et al. (2000) sind 50% der Betriebsstörungen in kommunalen Anlagen auf biologische Ursachen, wie zum Beispiel Blähschlamm, Schwimmschlamm oder Schaum, zurückzuführen. Die Auswirkungen der genannten Störungen können dramatischen Folgen nach sich ziehen. Demzufolge sind ein Schlammabtrieb und eine zu hohe organische Belastung der Gewässer möglich. Die Entwicklung von Blähschlamm, Schwimmschlamm oder Schaum ist vor allem auf ein vermehrtes Auftreten von fadenförmigen Mikroorganismen zurückzuführen. Diese Bakterien sind aufgrund ihres hohen Oberflächen:Volumen-Verhältnisses im Vergleich zu den kompakten Flocken sehr leicht, und weisen daher ein schlechtes Absetzverhalten auf. Charakteristisch für einen Blähschlamm ist ein sehr hoher Schlammindex (ISV). Ab einem ISV von 150ml/g spricht man laut Definition der ATV FA 2.6.1. (1988) von einem Blähschlamm. Aufgrund der immer höheren Anforderungen an die Reinigung kam es in den letzten Jahren zu einem vermehrten Aus- und Umbau der Kläranlagen. Die Erweiterungen der kommunalen Kläranlagen, die aufgrund der geforderten N- und P-Elimination notwendig wurden, führten zu wesentlich größeren Beckenvolumina. Nachdem aber die organischen Zulaufmengen meist konstant blieben, reduzierten sich lediglich die Schlammbelastung und die Substratkonzentration in den Becken. Bei geringeren Substratkonzentrationen entwickelten sich die fadenförmigen Bakterien aber deutlich besser als die flockig wachsenden Bakterien. In diesen sogenannten „Niedriglastanlagen“ mit einer BSB₅-Schlammbelastung unter 0,1kgBSB₅/(kg TS*d) kam es daher häufig zur Vergesellschaftung von *Microthrix parvicella*, Typ 0092, Typ 0041, *Nostocoida limicola* und nocardioformen Actinomyceten, welche alle zu den fadenförmigen Mikroorganismen gezählt werden. (KUNST et al. 2000)

Neben der genannten Reduktion der Schlammbelastung können auch toxisch wirkende Abwasserinhaltsstoffe zu Problemen in der Kläranlage führen. Die Herkunft der toxisch wirkenden Inhaltsstoffe kann teilweise auf externe Zuläufe aus Industriebetrieben (Indirekteinleiter), aber auch auf interne Prozesse (Presswasserrückführung,...) zurückzuführen sein. Die speziellen Eigenschaften dieser Stoffe können ebenfalls zur Zerstörung der Schlammflocke führen, aber auch eine Hemmung von Prozessschritten bewirken. Oftmals führt der Einfluss von toxischen Abwasserinhaltsstoffen zu einer Nitrifikationshemmung, sodass die geforderten Ablaufgrenzwerte nicht mehr eingehalten werden können. SCHWEIGHOFER (1997) bestätigt die Annahme, dass sowohl interne Betriebsparameter als auch externe Einflüsse ausschlaggebend für eine unzureichende Nitrifikation sein könnten. Vor allem bei einer kurzfristigen Beeinträchtigung der Nitrifikation sollte eine Überprüfung eines adäquaten Betriebs erfolgen. Als mögliche Ursachen werden von SCHWEIGHOFER (1997) eine nicht ausreichende Belüftung, ein kurzfristig gesunkener pH-Wert bzw. Temperatur, die Bewirtschaftung der anlageninternen Rückflüsse (Trüb-, Presswässer, etc.) aber auch kurzfristig hemmende Einleitungen genannt. Für längerfristige Beeinträchtigungen könnte laut SCHWEIGHOFER (1997) ein zu kurzes aerobes Schlammalter ausschlaggebend sein.

In der vorliegenden Studie wird anhand eines konkreten Anlassfalls versucht die Ursachen für die Blähschlamm-Bildung und die Überschreitung der Ammoniumgrenzwerte in einer spezifischen Kläranlage zu finden und geeignete Verbesserungsvorschläge auszuarbeiten.

2. Zielsetzung und Aufgabenstellung

Ausgangssituation

Bereits Anfang des Jahres 2007 kam es in der Kläranlage eines Gemeindeabwasserverbands (GAVs) zu optischen Problemen in den Belebungsbecken, die auf eine Schwimmschlammbildung zurückzuführen waren (Abbildung 1). Im Dezember 2010 verschlechterte sich die Situation dramatisch und aus den anfangs optischen Problemen wurden verfahrenstechnische, welche anhand von häufigen Überschreitungen des Ammonium-Grenzwertes von 5 mg/l und anhand des Schlammabtriebes aus den Nachklärbecken erkennbar wurden.



Abbildung 1: Schwimmschlamm im Belebungsbecken und Nachklärbecken

Nachdem die ersten internen Lösungsversuche ohne Erfolg blieben, nahm die Betriebsleitung des Gemeindeabwasserverbands Kontakt zum Institut für Siedlungswasserbau, Industriewasserwirtschaft und Gewässerschutz (SIG) der Universität für Bodenkultur auf. Dies führte zu einem ersten Treffen am Ende des Jahres 2011, bei dem die Geschäftsführung des GAVs, der Leiterin der universitären Arbeitsgruppe Frau Prof. Dipl.-Ing. Dr. Fürhacker und ihrem Team die entstandene Problematik schilderte.

Frau Prof. Dipl.-Ing. Dr. Fürhacker kam zu dem Entschluss, diese Thematik im Rahmen einer Diplomarbeit zu behandeln. Dabei sollten vor allem mögliche Ursachen des Problems aufgezeigt werden und geeignete Gegenmaßnahmen vorgeschlagen werden.

Zielsetzung und Aufgabenstellung

Um ein Verständnis über die Abläufe und Prozesse im Zusammenhang mit den durch Blähschlamm entstandenen Problemen zu erhalten, sollten in einem ersten Schritt ein Blockdiagramm der Kläranlage erstellt und eine Analyse der gesammelten Daten der Kläranlage durchgeführt werden. Vorrangiges Ziel dabei sollte es sein, die Entwicklung und den Verlauf der Ammoniumablaufwerte zu betrachten, mögliche Muster und periodische Vorgänge zu erkennen, aber auch Zusammenhänge mit internen Prozessen bzw. Indirekteinleitern herzustellen. Die Entwicklung des Schlammes sollte anhand der vorliegenden Analysen ebenfalls betrachtet werden. Außerdem sollten mikrobiologische Schlammanalysen in den ersten Wochen erstellt werden, um über Referenzpunkte für mögliche Veränderungen zu verfügen.

In einem Batchversuch sollte die Schlamm- bzw. Bakterienentwicklung des Belebtschlammes der Kläranlage des Gemeindeabwasserverbands unter optimalen Bedingungen (ideale Nährstoffe und ausreichende Belüftung) untersucht werden.

Eine weitere Aufgabe war die Feststellung einer möglichen Nitrifikationshemmung aufgrund etwaiger Indirekteinleiter bzw. selbst verursachter, anlageninterner Beeinflussungen. Im Zuge dessen sollten Nitrifikationshemmtests durchgeführt werden.

BRITZ et al. (2006) hält fest, dass externe Zuläufe aus der Lebensmittelindustrie zur Blähschlamm- und Schaumbildung sowie zu einem Effizienzverlust in der Reinigungsleistung vor allem in der Winterperiode führen können. Vor allem gelöste und emulgierte Fette, die in der Lebensmittelindustrie entstehen und durch den Einsatz von Puffertanks, einer pH-Stabilisierung und einer DAF (Dissolved Air Flotation) nur sehr schwer entfernt werden können, könnten möglicherweise der Verursacher für die entstandene Problematik sein. Da sich im Einzugsgebiet der zu untersuchenden Kläranlage eine Molkerei mit inkludierter Butterei befindet, die derartige Fette und Fettsäuren erzeugt, sollten in einem ersten Schritt Proben aus dem Abwassertank der Molkerei gezogen und im Lebensmittelchemielabor der Universität für Bodenkultur auf Fettsäuren untersucht werden.

Nach Rücksprache mit den Verantwortlichen der Molkerei und der Geschäftsführung des GAVs sollte ein möglicher Einfluss des Industrieabwassers der Molkerei in der betriebsinternen Kläranlage untersucht werden. Ziel dabei war es neben den üblichen Überwachungsparametern (CSB, BSB, TN_b , NH_4-N , NO_3-N , P-Ges) und den „in-situ“ Parametern pH, Leitfähigkeit, gelöster Sauerstoff und Redoxpotential auch den Gehalt der freien Fettsäuren zu bestimmen. Außerdem sollte eine Analyse über die Schlammbeschaffenheit in der Betriebskläranlage der Molkerei durchgeführt werden.

Auch in TOCHHI et al. (2013) wird auf den negativen Einfluss von Molkereiabwasser auf die Abwasserreinigung hingewiesen. In der vorliegenden Studie wird versucht durch eine Serienschaltung von mehreren Becken dem Problem Herr zu werden. Die Ähnlichkeiten der genannten Studien mit der Situation in der Kläranlage des GAVs deuteten ebenfalls auf einen Zusammenhang zwischen der einleitenden Molkerei und den Problemen in der Kläranlage des GAVs hin. Daher sollten, zusätzlich zu den Untersuchungen vor Ort, im Labor der Universität für Bodenkultur mehrere Parallelversuche mit zwei Modellkläranlagen durchgeführt werden. Diese Versuche sollten mögliche Einflüsse des Abwassers der Molkerei auf die Schlammentwicklung aufzeigen. Die dafür notwendigen Kleinkläranlagen waren zu entwerfen und auf die örtlichen Gegebenheiten im GAV anzupassen.

Ziel der Probenahme während der Analysewoche und des Parallelversuchs sollte es sein, einen möglichen Zusammenhang zwischen der Abwassereinleitung der Molkerei und den Problemen beim Betrieb der Kläranlage des GAVs festzustellen. Dabei war anzustreben, diesen kausalen Zusammenhang zu beschreiben und mögliche Gegenmaßnahmen zur Verbesserung des Betriebs in der Abwasserreinigungsanlage des Gemeindeabwasserverbands vorzuschlagen.

3. Material und Methoden

3.1 Grundlagen der Verbandskläranlage

Die Kläranlage ist für eine Belastung von bis zu 150.000 Einwohnerequivalenten ausgelegt und wird von einem Gemeindeabwasserverband betrieben. Dieser Verband umfasst elf Gemeinden, in denen einige Industriebetriebe angesiedelt sind. Dabei sind vor allem eine Molkerei, eine Papierfabrik und eine Großwäscherei zu nennen, die gemeinsam rund ein Viertel der gesamten Zulaufmenge der Kläranlage des Gemeindeabwasserverbands erzeugen.

3.2 Erstellung des Blockdiagramms

In Zusammenarbeit mit der Betriebsleitung und auf Basis des vorliegenden Plans „Verbandskläranlage“ konnte ein Blockdiagramm erstellt werden. Das Blockschaltbild wurde mit Hilfe der Software „AutoCAD 2007“ gezeichnet und wird im Absatz 4.1 näher erläutert.

3.3 Datenanalyse

Als Grundlage für die Datenanalyse wurde von der Betriebsleitung der Kläranlage des GAVs ein Datensatz des Betriebstagebuchs zur Verfügung gestellt. Der Zeitraum der gelieferten Daten erstreckte sich von 1. Jänner 2007 bis zum 31. Dezember 2011 und umfasste 147 verschiedene Parameter. Die folgende Aufzählung zeigt einige der wichtigsten Kenngrößen:

- Zulaufwassermenge mit Überlauf (m³)
- BSB₅ Zulauf Kläranlage (mg/l)
- BSB₅ Ablauf Kläranlage (mg/l)
- CSB Zulauf Kläranlage (mg/l)
- CSB Ablauf Kläranlage (mg/l)
- NH₄-N Zulauf Kläranlage (mg/l)
- NH₄-N Ablauf Kläranlage (mg/l)
- Schmutzfracht CSB Zulauf (kg/d)
- Schmutzfracht NH₄-N Zulauf (kg/d)
- BB 1 Schlammvolumen (ml/l)
- BB 1 Schlamm-TS (g/l)
- BB 1 Schlammindex (ml/g)
- ...

Anhand der Daten wurde ein Excel-File generiert, welches auf der beiliegenden CD zu finden ist. In der so entstandenen Datei „GAV Datenanalyse.xlsx“ sind im Blatt „Tabelle 1“ alle Parameter aufgelistet. Zusätzlich sind noch weitere Parameter eingetragen, die aus verschiedensten Überlegungen hinzugefügt bzw. berechnet worden sind. Als Beispiel sind folgende Parameter zu nennen:

- Störfall Molkerei
- Maximalwert von NH₄-N im Ablauf am Montag, Dienstag,...
- Minimalwert von NH₄-N im Ablauf am Montag, Dienstag,...
- Anzahl der Pressen
- Schlammbelastung
- ...

(Die Spalte „Anzahl der Pressen“ bezieht sich auf die Anzahl der eingesetzten Pressen zur Schlammwässerung.)

In den folgenden Abbildungen 2 bis 5 sind die Eingabemöglichkeiten und in Abbildung 6 ist ein Beispieldiagramm dargestellt.

Im Blatt „Tabelle 1“ können der Start- und Endzeitpunkt für einen beliebig gewünschten Betrachtungszeitraum eingegeben werden.

3	Anfang	01.11.2011
4	Ende	31.12.2011

Abbildung 2: Datumseingabe - Datei: GAV Datenanalyse.xlsm

Außerdem können bis zu drei Parameter beliebig gewählt werden, die anschließend im Diagramm 1 des Excel-Files angezeigt werden. Die Eingabe der gewünschten Parameter erfolgt in den Zellen D3, E3 und F3.

D	E	F
NH4-N Zulauf	NH4-N Ablauf	
mg/l	mg/l	

Abbildung 3: Parametereingabe - Datei: GAV Datenanalyse.xlsm

Mit dem „CommandButton“ kann die Auswahl bestätigt werden und das Diagramm wird von den gewählten Parametern, über den gewünschten Zeitraum automatisch erstellt.

	A	B
1		
2		
3	Anfang	01.11.2011
4	Ende	31.12.2011
5	CommandButton	
6		
7		
8		

Abbildung 4: CommandButton - Datei: GAV Datenanalyse.xlsm

In der Blattauswahl kann man nun das „Diagramm 1“ wählen, um zum erstellten Diagramm zu gelangen.



Abbildung 5: Blattwahl - Datei: GAV Datenanalyse.xlsm

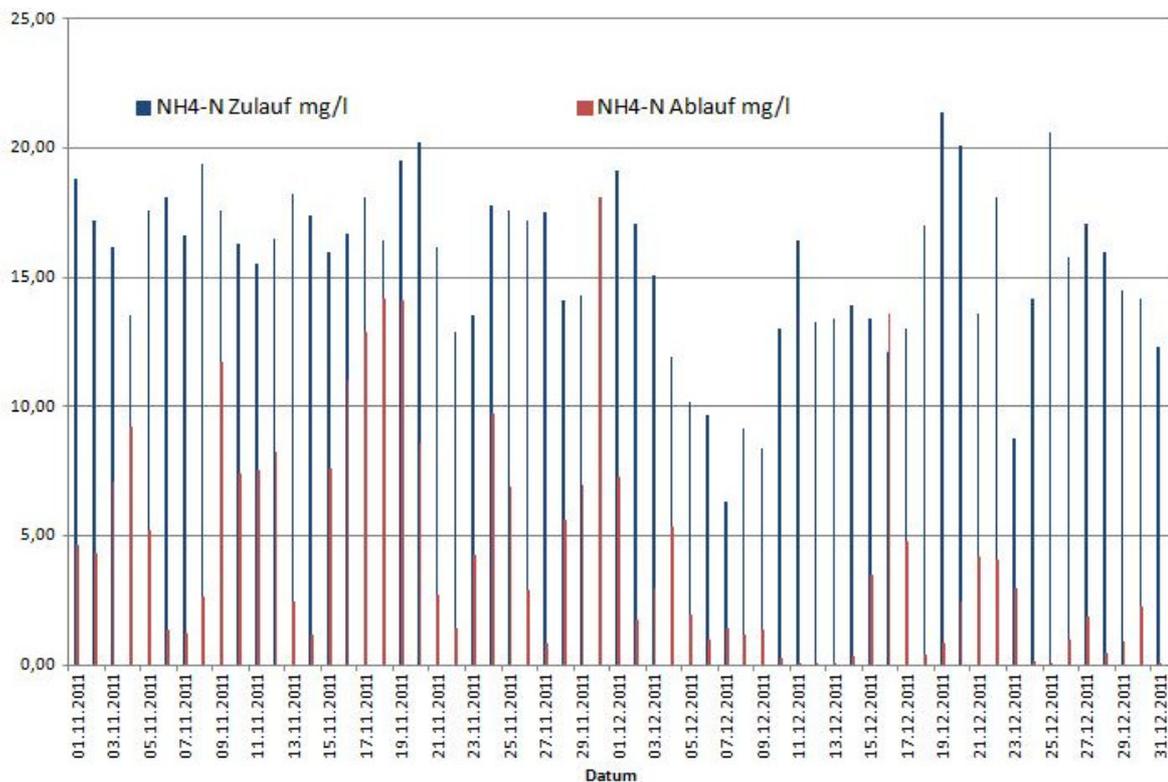


Abbildung 6: Diagramm 1 - Datei: GAV Datenanalyse.xlsm

3.4 Datenaufbereitung der Schlammanalysen

Im Zuge der Datenaufbereitung wurden alle Schlammanalysen von April 2005 bis Jänner 2012 von der Betriebsleitung der Verbandskläranlage zur Verfügung gestellt. Die Auswertung über diesen Zeitraum sollte mögliche Veränderungen der Schlammzusammensetzung aufzeigen.

3.5 Schlammanalysen an der Universität für Bodenkultur

3.5.1 Probenahme und Probematerial

Folgende Proben wurden entnommen und standen zur Auswertung im Mikrobiologielabor des Instituts für Siedlungswasserbau, Industrierwasserwirtschaft und Gewässerschutz (SIG) der Universität für Bodenkultur zur Verfügung.

- 8.11.2011: Schwimmschlamm Becken B1 und C1
- 14.2.2011: Belebtschlamm Becken B2

Zusätzlich wurden bereits am 3.11.2011 Schwimmschlammproben aus dem Becken B1 entnommen, die ausschließlich im Chemielabor des Instituts für Siedlungswasserbau, Industrierwasserwirtschaft und Gewässerschutz (SIG) der Universität für Bodenkultur untersucht wurden. Im Zuge dieser Analyse wurden folgende Parameter bestimmt.

- Gesamter Organischer Kohlenstoff (TOC) (vgl. 3.10.4)
- Gesamtphosphor (P) (vgl. 3.10.4)
- Trockenrückstand (TR) und Trockensubstanz (TS) (vgl. 3.10.5)

3.5.2 Durchführung einer Schlammanalyse

Zusätzlich zu den Schlammparametern wurden auch noch mikroskopische Schlammuntersuchungen durchgeführt.

Bei der Schlammanalyse wurden die Eigenschaften des Schlammes und die darin vorkommenden Lebewesen bestimmt. Gemeinsam mit schlammspezifischen Parametern wie Schlammvolumen, Trockensubstanz, Schlammindex und Glühverlust konnten somit Rückschlüsse auf das vorhandene System und dessen Zustand gezogen werden.

Im Allgemeinen wurden folgende Charakteristika des Schlammes bestimmt:

(ZIBUSCHKA, 2006)

Organoleptisch

1) Farbe

- Graubraun bis mittelbraun – gesunder belebter Schlamm bzw. Tropfkörperaufwuchs
- Hellbraun – Bläh- und Schwimmschlamm
- Dunkelbraun – alter, eventuell hochbelasteter Schlamm
- Schwarz – angefaulter Schlamm bzw. Faulschlamm (H_2S Bildung)

2) Geruch

- Frisch, erdig
- Muffig
- Faulig

Mikroskopisch

Das institutseigene Mikroskop „Axioplan 2“ der Firma „Zeiss“ wurde mit folgenden Objektiven verwendet. EC Plan-NEOFLUAR 10x/0,30

- EC Plan-NEOFLUAR 40x/0,75
- EC Plan-NEOFLUAR 100x/1,30

1) Gestalt der Belebtschlammflocken

- Abgerundet
- Unregelmäßig

2) Festigkeit

- Schwach – Zentrum fehlt, Kohäsion zwischen Bakterienzellen ist niedrig; Test mit Deckgläschen durch Quetschen der Flocke
- Stark

3) Struktur

- Kompakt – nur wenige Hohlräume
- Offen – viele Hohlräume, (z.B. verursacht durch Fadenbakterien)

4) Größe

- Große Flocken – Durchmesser >500 μm
- Mittlere Flocken – Durchmesser 150-500 μm
- Kleine Flocken – Durchmesser <150 μm

5) Fädigkeit

- Fädigkeit 1 – geringe Fädigkeit
- Fädigkeit 2 – geringe bis mittlere Fädigkeit
- Fädigkeit 3 – mittlere bis starke Fädigkeit

- Fädigkeit 4 – starke Fädigkeit

Bestimmung der Mikroorganismen

Neben der Bestimmung der Schlammcharakteristika war auch die Zuordnung der Mikroorganismen zu bekannten Gruppen von entscheidender Bedeutung. Die Mikroorganismen lassen sich in folgende Gruppen teilen.

1) Protozoen (=Einzeller)

- Ciliaten (=Wimpertierchen)
 - ~ Freischwimmend (z.B.: Euplotes sp., Lionotus sp.)
 - ~ Kriechend (z.B.: Aspidisca sp., Trachelophyllum pusillum)
 - ~ Festsitzend (z.B.: Vorticella sp., Carchesium sp.)
- Flagellaten (=Geißeltierchen)
 - ~ Zooflagellaten
 - ~ Augenflagellaten
- Rhizopoden (=Wurzelfüßer)
 - ~ Nacktamöben
 - ~ Schalenamöben

2) Metazoen (=Mehrzeller)

- Rotatorien (=Rädertierchen bzw. Rundwürmer)
- Nematoden (=Fadenwürmer)

Bestimmung der Fadenbakterien

Zusätzlich zu den genannten Organismen wurden auch noch fadenförmige Bakterien bestimmt. Fadenförmige Bakterien waren von großer Bedeutung, da sie bei vermehrtem Auftreten zu Schwimm- bzw. Blähschlamm bildung führen können. Um eine genaue Bestimmung der Bakterien durchführen zu können, wurde in der Regel ein Bestimmungsschlüssel für fadenförmige Bakterien verwendet, bei dem zwischen „grampositiv“ und „gramnegativ“ bzw. „Neisser positiv“ und „Neisser negativ“ unterschieden wurde. Diese Begriffe bezogen sich auf die sogenannten „Gram“ und „Neisser“-Färbungen, welche in den folgenden Absätzen näher beschrieben werden.

1) Gram-Färbung

Zum Anfärben von Mikroorganismen nach dem Färbeverfahren von Gram wurde das Färbeset „Gram-color“ verwendet (DIAGNOSTICA MERCK).

- Wirkungsweise

Anilinfarbstoffe wurden im Zelleib von Mikroorganismen bei nachfolgender Jodeinwirkung zu einem Farbe-Jod-Komplex gebunden.

Bei grampositiven Mikroorganismen konnte der Farbe-Jod-Komplex nicht mehr durch Entfärbemittel wie Alkohol oder Aceton aus der Zelle gelöst werden. Die Zelle blieb blauviolett angefärbt.

Bei gramnegativen Mikroorganismen wurde der Farbe-Jod-Komplex gelöst und die Zelle durch Gegenfärbung rosa bis rot angefärbt.

- Zusammensetzung des Färbesets:

Lösung 1: Kristallviolettlösung 500ml

Lösung 2: Lugols Lösung 500ml

Lösung 3+4: Entfärbelösung je 500ml

Lösung 5: Safraninlösung 500ml

- Vorbereitung der Ausstriche

Das Untersuchungsmaterial wurde mit einer ausgeglühten Öse auf einen fettfreien Objektträger aufgetragen. Dann wurde es entweder direkt oder mit 1 bis 2 Tropfen physiologischer Natriumchloridlösung verrieben und ausgestrichen. Nach der Lufttrocknung wurde die Hitzefixierung vorgenommen, indem man den Ausstrich (Ausstrichseite oben) dreimal langsam durch den oberen Teil der Flamme des Bunsenbrenners zog. Danach ließ man den Ausstrich abkühlen und abschließend wurden die Zellen gefärbt.

- Ausführung der Färbung (Färbebank)

- 1) Objektträger vollständig mit Lösung 1: Kristallviolettlösung bedecken, 1 Minute färben, abgießen.
- 2) Reste kurz mit Lösung 2: Lugols-Lösung abspülen.
- 3) Objektträger vollständig mit Lösung 2: Lugols Lösung bedecken, 1 Minute einwirken lassen.
- 4) Mit destilliertem Wasser etwa 5 Sekunden vorsichtig abspülen.
- 5) Objektträger in Lösung 3 oder 4: Entfärbelösung etwa 20-60 Sekunden schwenken, bis keine Farbwolken mehr abgehen und der Ausstrich graublau erscheint.
- 6) Mit destilliertem Wasser etwa 5 Sekunden vorsichtig abspülen.
- 7) Objektträger vollständig mit Lösung 5: Safraninlösung bedecken, 1 Minute färben.
- 8) Mit destilliertem Wasser etwa 5 Sekunden vorsichtig abspülen.
- 9) Trocknen lassen, mikroskopieren.
- 10) Ergebnis: grampositive Mikroorganismen blauviolett, gramnegative Mikroorganismen rosa bis rot.

Bei Färbung im Eintauchverfahren empfiehlt sich eine Verdünnung bei Kristallviolettlösung mit demineralisiertem Wasser im Verhältnis 1:5.

- 2) Neisser-Färbung (ROTH 2011)

Die Neisser-Färbung ist eine Standardfärbung zur Beurteilung von Corynebakterien, z.B.: dem *Corynebacterium diphtheriae*.

- Ausführung der Färbung (Färbebank)

- 1) Färben mit Methylenblau-Kristallviolett-Lösung. 30 sec
- 2) Kurz spülen mit destilliertem Wasser
- 3) Gegenfärben mit Neisser-Lösung III. 1 min
- 4) Kurz spülen mit destilliertem Wasser

- 5) Präparat zwischen Filterpapier trocknen.
- 6) Ergebnis: Polkörperchen: dunkelbraun bis schwarz; Bakterienkörper: bräunlich

3.6 Batchversuch

3.6.1 Probematerial

Am 3.11.2011 wurden zweimal 10 Liter des Belebtschlammes des Beckens B1 der Abwasserreinigungsanlage des GAVs entnommen.

3.6.2 Versuchsaufbau und –durchführung

Zwei Kanister mit einem Fassungsvermögen von 20 Liter wurden mit je 10 Liter Schlammprobe gefüllt. Über eine Versuchsdauer von 5 Tagen wurden die beiden Reaktoren belüftet und täglich mit einer Biermenge von 125ml belastet.

Vor und nach Versuchsdurchführung wurden Proben von beiden Kanistern entnommen, um die mikrobiologische Entwicklung des Belebtschlammes zu dokumentieren.

3.7 Nitrifikationshemmtest

Der Toxizitätstest zur Bestimmung der Nitrifikationshemmung in Belebtschlamm wurde an die Norm EN ISO 9509 L38 (2006) angelehnt, aber aufgrund der großen Probenzahl nur als Screeningtest durchgeführt. Es wurden keine EC_x bestimmt, sondern nur eine prozentuelle Hemmung erfasst.

Zur Berechnung der prozentuellen Nitrifikationshemmung wurde das Ammonium vor Start und am Ende des Tests bestimmt. Die Testdauer belief sich auf 3 bis 16 Stunden und der Test wurde bei Raumtemperatur (20°C) durchgeführt. Zu jedem Ansatz wurden zusätzlich auch Blind- und Kontrollproben angesetzt. Die Versorgung der Proben geschah mit Druckluft über Belüftungssteine. Weiters erfolgte eine Zugabe des Nährmediums Ammoniumsulfat und des pH Puffers Kaliumhydrogencarbonat.

Als nitrifizierender Belebtschlamm wurde frischer Schlamm der Kläranlage Klosterneuburg und des GAVs verwendet.

Es wurde von folgenden Proben Nitrifikationshemmtests durchgeführt:

- Papierfabrik Zuläufe: 12. bis 18. November 2011
- Zulauf-Mischproben der ARA des GAVs: 10. bis 29. November 2011
- Zulauf-Einzelproben der ARA des GAVs: 10. November 2011
- Molkerei Zuläufe: 21. bis 29. November 2011
- Molkereiabsetztank: 18. November 2011

Die dafür nötige Bestimmung von Ammonium wurde laut DIN 38406 T5 mit Hilfe der Photometrie und mit Nitroprussidnatrium durchgeführt. Die Bestimmungsgrenze lag bei 0,1mg NH₄-N/l.

3.8 Analyse von Stichproben der Molkerei

Folgende Proben wurden am Betriebsgelände der Molkerei entnommen und anschließend von Priv.Do. Dr. Matthias Schreiner, Mitarbeiter der Arbeitsgruppe „Lebensmittelchemie“ am Institut für Lebensmittelwissenschaften der Universität für Bodenkultur, mittels Gaschromatographie auf das Vorkommen von freien Fettsäuren untersucht.

- 18.11.2011: Butterabwassertank 262
- 18.11.2011: Butterabwassertank 1901
- 18.11.2011: Molkerei Probenehmer Zulauf

– 18.11.2011: Molkerei Belebungsbecken Ablauf

3.9 Analysewoche in der Molkerei

3.9.1 Probenahmen und Probenahmestellen

Von Montag, den 27.2.2012, bis Freitag, den 2.3.2012, wurden täglich Proben an verschiedenen Punkten des Molkereibetriebs bzw. der Betriebskläranlage entnommen. Gemeinsam mit der Betriebsleitung der Molkerei wurden folgende Probenahmestellen definiert, an denen täglich mehrmals (bei Einzelproben) oder einmalig (Mischproben) Proben gezogen wurden.

Buttertank (Einzelprobe)

Am Betriebsgelände der Molkerei befinden sich zwei Butterabwassertanks, die die Bezeichnung „262“ bzw. „263“ tragen. Der Tank „262“ setzt sich aus zwei Kammern zu je 60 m³ zusammen. Der „263“-Tank fasst ein Volumen von 60 m³. In diese Tanks wird abwechselnd das Reinigungswasser der Butterei gefördert, wobei die Abwassermenge und Qualität stark fluktuiert und direkt vom Reinigungsprozess abhängt. Unter anderem wird auch das Abwasser der Reinfettanlage, in der Butterfett, d.h. entwässerte Butter hergestellt wird, in diese Tanks geleitet.

Gesamtzulauf Flotation (Mischprobe)

Das gesamte Abwasser der Molkerei wird über den Gesamtzulauf in die Betriebskläranlage geleitet. Nach einem Fettabsetztank (= Rohschlammumpwerk) mit einer Dimension von 25 m³ befindet sich ein mengenproportionaler Probenehmer, aus dem täglich eine 24 h-Mischprobe gezogen wurde und als „Gesamtzulauf – Flotation“ bezeichnet wurde.

Ablauf Flotation (Mischprobe)

Über zwei Puffertanks, Selektor und Puffer genannt, wird das Abwasser über eine Neutralisationsstufe, in der der pH-Wert mit Salpetersäure oder Natronlauge eingestellt wird, in die Flotation (DAF Dissolved Air Flotation) geschickt. Im Zuge der Flotation soll ein Großteil der Fette und fetthaltigen Bestandteile entfernt werden. Nach der Flotation befindet sich ein zeitproportionaler Probenehmer, aus dem wiederum täglich eine 24 h-Mischprobe gezogen wurde. Nach der Flotation wird ein Teil des Abwassers in die Kanalisation geleitet und gelangt in die Kläranlage des Gemeindeabwasserverbands. Die Menge der Abwassereinleitung in den Kanal schwankt sehr stark und liegt im Mittel bei rund 1000 m³/d.

Nachklärbecken KA Molkerei (Mischprobe)

Der übrige Teil des Flotationsablaufs wird in das Belebungsbecken der Molkerei mit einem Fassungsvermögen von 3000 m³ geleitet. Hier beginnt der Prozess der biologischen Reinigung, der im Nachklärbecken ($V = 355 \text{ m}^3$) beendet wird. Der Abfluss des Nachklärbeckens wird wiederum über einen zeitproportionalen Probenehmer beprobt. Diese 24 h-Mischprobe wird als Probe „Nachklärbecken KA Molkerei“ bezeichnet und im Zuge der Analysewoche täglich gezogen.

Zulauf GAV (Mischprobe)

Zusätzlich zu den Probenahmen am Betriebsgelände der Molkerei wurde täglich eine 24 h-Mischprobe des Zulaufs der einige Kilometer entfernten Kläranlage gezogen.

Von jeder Probe wurde insgesamt ein Volumen von einem Liter genommen, wobei diese Menge auf zwei 0,5 l PET-Flaschen aufgeteilt wurde. Eine Probe wurde mit dem Konservierungsmittel

Azidiol stabilisiert (siehe unten), sodass die Abbauprozesse beim Transport auf ein Minimum reduziert werden konnten. Diese Stabilisierung ist zur nachfolgenden Bestimmung der freien Fettsäuren notwendig. Die Proben wurden in Kühltaschen zur nachfolgenden Analyse bzw. Lagerung in den Kühlraum der Universität für Bodenkultur transportiert.

Herstellung von Azidiol (ELIZONDO et al, 2007)

Für die Herstellung von 100 ml Azidiol löst man 2,4 g Natriumazid und 3 g Natriumzitat Pentahydrat in 60 ml Wasser. Zusätzlich werden 0,1 g von Chlorphenicol in 0.7 ml eines 96% Ethanol gelöst. Anschließend vermengt man die beiden Lösungen und rührt diese bei 50 °C bis zur vollständigen Durchmischung. Für 20 ml Milch ist eine Menge von 100 µl Azidiol zur Konservierung nötig. Für jede Probe der Molkerei mit einer Menge von 500 ml wurden 5 ml Azidiol hinzugefügt.

3.9.2 Anlagenübersicht

Das folgende Blockdiagramm bietet eine Übersicht des Abwasserreinigungsprozesses der Molkerei und stellt die Probenahmestellen dar. (Abbildung 7)

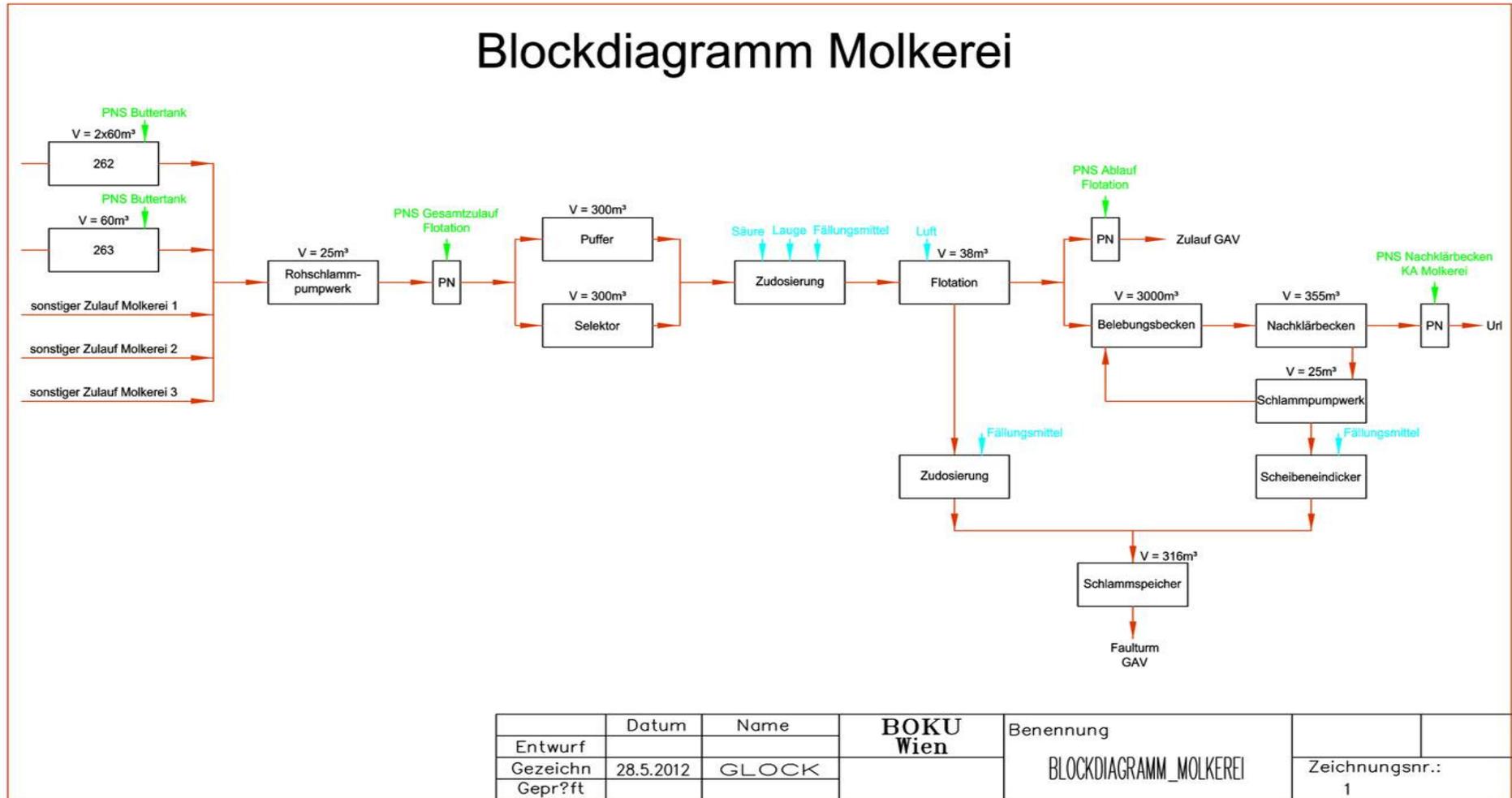


Abbildung 7: Blockdiagramm Molkerei

3.9.3 „In-Situ“-Messung von Parametern

Die Bestimmung der „in-situ“-Parameter wurde mittels Messkoffer „Multi 340i“ der Firma „WTW“ durchgeführt (WTW) (Tabelle 1). Mit Hilfe dieser Messeinrichtung konnten die folgenden Parameter gemessen werden.

- pH-Wert
- Leitfähigkeit
- Redoxpotential

Tabelle 1: Bestimmung der Parameter mittels Messkoffer "Multi 340i" (WTW)

Parameter	Sonde	Messbereich
pH	pH 340i	-2,00 bis +19,99
Leitfähigkeit	Cond 340i	1 μ S/cm bis 500 mS/cm
Redoxpotential	SenTix ORP	- mV

3.9.4 Bestimmung der Abwasserparameter

Die Abwasserparameter wurden direkt mit den Geräten der Betriebskläranlage der Molkerei gemessen. Dabei kamen Systeme der Firma „HACH LANGE“ zum Einsatz (HACH LANGE). Die aufgelisteten Parameter wurden bestimmt und werden nachstehend näher beschrieben.

- Chemischer Sauerstoffbedarf CSB
- Biochemischer Sauerstoffbedarf BSB
- Gesamtstickstoff TN_b
- Ammoniumstickstoff NH_4-N
- Nitratstickstoff NO_3-N
- Gesamtphosphor P

Filterverwendung und Verdünnungen

- Filter

Vor Bestimmung der Parameter NH_4-N und NO_3-N wurden die Proben filtriert. Für die Proben aus den Buttertanks und dem Zulauf zur Betriebskläranlage war eine Vorfiltration über Faltenfilter (Porenweite 4 - 7 μ m) notwendig. Anschließend folgte die Filtration, genauso wie bei allen anderen Proben, über Spritzenfilter (Porenweite 0,45 μ m).

- Verdünnungen

Wurde ein Messbereich überschritten, musste eine Verdünnung der Probe vorgenommen werden. Aufgrund der Erfahrung des Klärwärters konnte bereits vor dem Küvetten-Test eine notwendige Verdünnung bestimmt werden.

Chemischer Sauerstoffbedarf CSB [mg/l O₂]

Der CSB wurde mit einem Küvetten-Test bestimmt, wobei je nach Messbereich die notwendigen Produkte der Tabelle 2 gewählt wurden. Das Prinzip und die Vorgehensweise waren für alle Küvetten-Tests zur CSB-Bestimmung gleich, lediglich die Probenvolumina unterschieden sich.

Tabelle 2: CSB Küvetten-Test (HACH LANGE)

Produkt ID	Messbereich	Probenvolumen
	mg/l	ml
LCK 014	1000 - 10000	0,5
LCK 514	100 - 2000	2,0
LCK 414	5 - 60	2,0

– Prinzip

Oxidierbare Stoffe reagieren mit schwefelsaurer Kaliumdichromatlösung in Gegenwart von Silbersulfat als Katalysator. Chlorid wird mit Quecksilbersulfat maskiert. Ausgewertet wird die Grünfärbung des Cr³⁺.

– Vorgehensweise

- 1) Bei Bedarf Probe homogenisieren (bei Proben aus Butterabwassertanks und Gesamtzulauf zur Flotation der Betriebskläranlage) bzw. Bodensatz durch Schwenken in Schwebe bringen.
- 2) 0,5 ml / 2 ml Probe vorsichtig pipettieren.
- 3) Küvette verschließen, von außen gut säubern.
- 4) Schwenken.
- 5) In Thermostaten erhitzen: 2 Std. bei 148 °C
- 6) Heiße Küvette entnehmen: 2 x vorsichtig schwenken.
- 7) Auf Raumtemperatur abkühlen. Im Küvettenständer
- 8) Küvette außen gut säubern und auswerten.

Gesamtstickstoff N-Ges TN_b [mg/l]

Die Bestimmung des Gesamt-Sticksoffs erfolgte über einen gebrauchsfertigen Küvetten-Test mit vordosierten Reagenzien für die photometrische Auswertung. Je nach benötigtem Messbereich wurden wiederum zwei verschiedene Produkte angeführt, die in der Anwendung gleich funktionierten, aber unterschiedliche Probenvolumina und Volumina der Lösung A benötigten (Tabelle 3).

Tabelle 3: N-Ges TN_b Küvetten-Test (HACH LANGE)

Produkt ID	Messbereich	Probenvolumen	Lösung A
	mg/l	ml	ml
LCK 338	20 - 100	0,2	2,3
LCK 238	5 - 40	0,5	2,0

– Prinzip

Anorganisch und organisch gebundener Stickstoff wird durch einen Aufschluss mit Peroxodisulfat zu Nitrat oxidiert. Die Nitrationen reagieren in schwefel- und phosphorsaurer Lösung mit 2.6-Dimethylphenol zu einem Nitrophenol.

– Vorgehensweise

- 1) Nacheinander zügig in ein trockenes Reaktionsglas dosieren: 0,2 ml / 0,5 ml Probe, 2,3 ml / 2,5 ml Lösung A (LCK 338 A), 1 Tablette B (LCK 138/238/338 B). Sofort verschließen. Nicht schwenken.
- 2) Direkt erhitzen. Thermostat: 60 min bei 100 °C
- 3) Abkühlen und 1 MicroCap C (LCK 138/238/338 C) zugeben.
- 4) Reaktionsglas verschließen und schwenken, bis das Lyophilisat vollständig und schlierenfrei aus dem MicroCap C herausgelöst ist.
- 5) In Küvetten-Test langsam pipettieren: 0,5 ml aufgeschlossene Probe.
- 6) 0,2 ml Lösung D (LCK 138/238/338 D) langsam pipettieren. Küvette sofort verschließen und schwenken, bis keine Schlieren mehr zu beobachten sind.
- 7) Nach 15 min Küvette außen gut säubern und auswerten.

Nitrat-Stickstoff NO₃-N [mg/l]

Der Nitrat-Stickstoff wurde ebenfalls mit einem Küvetten-Test mit vordosierten Reagenzien für die photometrische Auswertung bestimmt. In der folgenden Tabelle 4 werden das Produkt und der Messbereich dargestellt.

Tabelle 4: NO₃-N Küvetten-Test (HACH LANGE)

Produkt ID	Messbereich
	mg/l
LCK 339	0,23 – 13,5

– Prinzip

In schwefel- und phosphorsaurer Lösung reagieren Nitrationen mit 2.6-Dimethylphenol zu 4-Nitro-2.6-dimethylphenol.

– Vorgehensweise

- 1) Bei Bedarf filtrieren mit Faltenfilter und Druckfilter (Butterabwassertank und Gesamtzulauf Flotation)
- 2) 1,0 ml Probe langsam pipettieren.
- 3) 0,2 ml Lösung LCK 339A langsam pipettieren.
- 4) Küvette verschließen und schwenken, bis keine Schlieren mehr zu beobachten sind.
- 5) Nach 15min Küvette außen gut säubern und auswerten.

Ammonium-Stickstoff NH₄-N [mg/l]

Zur Bestimmung des Ammonium-Stickstoffs wurde wiederum ein Küvetten-Test mit vordosierten Reagenzien für die photometrische Auswertung verwendet. Nachfolgend werden die Produkt-ID und der Messbereich genannt (Tabelle 5).

Tabelle 5: NH₄-N Küvetten-Test (HACH LANGE)

Produkt ID	Messbereich
	mg/l
LCK 304	0,015 - 2,0

– Prinzip

Ammoniumionen reagieren bei pH 12,6 mit Hypochloritionen und Salicylationen in Gegenwart von Nitroprussid-Natrium als Katalysator zu Indophenolblau.

– Vorgehensweise

- 1) Bei Bedarf filtrieren mit Faltenfilter und Druckfilter (Butterabwassertank und Gesamtzulauf Flotation)
- 2) Siegelfolie von dem aufgeschraubten DosiCap Zip vorsichtig abziehen.
- 3) DosiCap zip abschrauben.
- 4) 5,0 ml Probe pipettieren.
- 5) Sofort DosiCap Zip aufschrauben; Riffelung oben.
- 6) Kräftig schütteln.
- 7) Nach 15min Küvette außen gut säubern und auswerten.

Gesamtphosphor P [mg/l]

Mit Hilfe des gebrauchsfertigen Küvetten-Tests mit vordosierten Reagenzien für die photometrische Auswertung wurde der Gesamtphosphor bestimmt. Die Produktbezeichnungen und die verschiedenen Messbereiche finden sich in der Tabelle 6 wider.

Tabelle 6: P-Ges Küvetten-Test (HACH LANGE)

Produkt ID	Messbereich	Probenvolumen	Lösung B
	mg/l	ml	ml
LCK 350	6,0 - 60	0,4	0,5
LCK 348	1,5 - 15	0,5	0,2

– Prinzip

Phosphationen reagieren in saurer Lösung mit Molybdat- und Antimonionen zu einem Antimonylphosphormolybdat-Komplex, der durch Ascorbinsäure zu Phosphormolybdänblau reduziert wird.

– Vorgehensweise

- 1) Siegelfolie von dem aufgeschraubten DosiCap Zip vorsichtig abziehen.
- 2) DosiCap Zip abschrauben.

- 3) 0,4 ml / 0,5 ml Probe pipettieren.
- 4) DosiCap Zip aufschrauben; Riffelung oben.
- 5) Kräftig schütteln.
- 6) In Thermostaten erhitzen. Thermostat: 60 min bei 100 °C
- 7) In erkaltete Küvette pipettieren: 0,5 ml / 0,2 ml Reagenz B (LCK 348/349/350 B). Reagenz B nach Gebrauch sofort verschließen.
- 8) Graues DosiCap C (LCK 348/349/350 C) auf die Küvette schrauben.
- 9) Küvette schwenken, dabei mehrfach auf den Kopf drehen. Nach 10 min Küvette noch einmal schwenken, außen gut säubern und auswerten.

3.9.5 Bestimmung der freien Fettsäuren [mg/1000g]

Die mit Azidiol stabilisierten Proben der Analysewoche in der Molkerei wurden von Priv.Doz. Dr. Matthias Schreiner, Mitarbeiter der Arbeitsgruppe „Lebensmittelchemie“ am Institut für Lebensmittelwissenschaften der Universität für Bodenkultur, mittels Gaschromatographie auf das Vorkommen von freien Fettsäuren untersucht.

3.9.6 Bestimmung der Schlammparameter

Die Bestimmung der Schlammparameter erfolgte mit den Geräten der Betriebskläranlage. Folgende Parameter wurden gemessen.

- Trockensubstanz
- Schlammvolumen

Trockensubstanz TS [g/l]

Mit Hilfe eines Trockenschanks wurde der Belebtschlamm bis zur Gewichtskonstanz getrocknet und aus dem Trockenrückstand (g) die Trockensubstanz bestimmt.

Schlammvolumen VSV [ml/l]

In einem Standzylinder wurde das spezifische Volumen des Belebtschlammes nach einer genormten Zeit von 30 Minuten bestimmt. Aufgrund der schlechten Absetzeigenschaft des Schlammes wurden 1:10 Verdünnungen für die Versuchsdurchführung verwendet.

3.10 Laborversuche in den Modellkläranlagen (Kleinkläranlagen)

Mit Hilfe von Kleinkläranlagen wollte man die Situation im Gemeindeabwasserverband möglichst originalgetreu nachstellen. Die Ergebnisse dieser Versuche sollten zeigen, ob das Abwasser der Molkerei, im speziellen der Buttertanks, eine negative Auswirkung auf den Betrieb im GAV hat. Bevor mit den Versuchen begonnen wurde, mussten gewisse Voraussetzungen und Rahmenbedingungen definiert werden, um einen möglichst störungsfreien, kontinuierlichen und aussagekräftigen Ablauf zu gewährleisten.

Voraussetzungen

- Gleichmäßige Schlammbelastung
Anpassung an ARA des Gemeindeabwasserverbands: $\sim 0,1 - 0,2 \text{ g CSB/ (gTS*d)}$
- Gleichmäßige Zulaufmenge
kontinuierlicher Zulauf über gesamten Versuchszeitraum
- Gleichmäßiger Rührvorgang
ständiges Rühren im Belebungsbecken, Ruhezone im Nachklärbecken
- Gleichmäßige Belüftung
Vier Zyklen pro Tag mit zweistündiger Belüftung ($\sim 2 - 3 \text{ mg/l O}_2$) und vierstündiger Ruhephase.

Rahmenbedingungen

- Definiertes Versuchsvolumen von fünf Liter
- Definierte Versuchsdauer von neun bis zehn Tagen
- Einhaltung der Nährstoffverhältnisse TOC:NH₄-N:P-Gesamt
Anpassung an GAV TOC:NH₄-N:P-Gesamt=100:8,6:3,5
(Ermittelte Medianwerte der Parameter aus der Datenanalyse „GAV Datenanalyse.xlsm)
- Um den Volumenstrom flüssig zu halten, damit keine Schlammrückführung notwendig ist, wurde mit konzentriertem künstlichem Abwasser gearbeitet.

3.10.1 Design der Kleinkläranlage

Als Ausgangsmaterial wurde ein zehn Liter Aquarium (LxBxH 299x199x199mm) verwendet, welches durch das Einfügen von zwei Kunststoffplatten in drei Bereiche geteilt wurde.

Die erste Kunststoffplatte wurde in die Mitte des Aquariums geklebt, wobei zwischen Aquariumsboden und Platte ein Spalt von 15 mm frei blieb. Zwischen Aquariumswand und dieser ersten Kunststoffplatte sollte in weiterer Folge das Belebungsbecken der Kläranlage sein.

Die zweite Kunststoffplatte wurde direkt auf den Aquariumsboden in 65 mm Entfernung zur ersten Platte geklebt. Diese Platte hatte eine Höhe von 122 mm. Der Bereich zwischen erster und zweiter Kunststoffplatte wurde als Nachklärbecken betrieben.

Der dritte Bereich zwischen der zweiten Kunststoffplatte und der Aquariumswand sollte in den Versuchen als Auffangvolumen für das gereinigte Abwasser Verwendung finden.

Die folgende Abbildung 8 soll den Aufbau der Kleinkläranlage verdeutlichen. Im Anhang befindet sich die genaue planerische Darstellung.

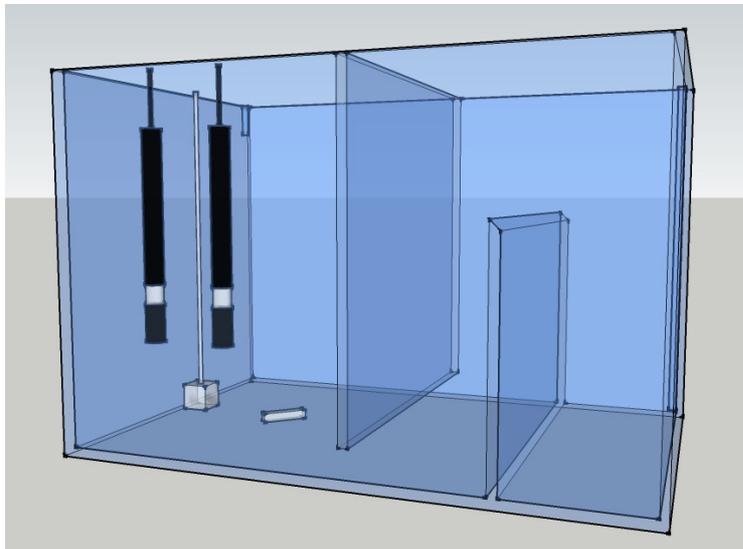


Abbildung 8: Design Kleinkläranlage

In der Abbildung 8 sind deutlich der Belüftungsstein, die beiden Messsensoren zur Sauerstoff- und Redox-Messung und der Magnetstab zu erkennen. Mit Hilfe des Magnetstabs und einem, unter dem Aquarium stehenden, Magnetrührer wurde der Schlamm im Bereich 1 „Belebungsbecken“ ständig gerührt. Durch den Belüftungsstein wurde viermal täglich für zwei Stunden belüftet. Außerdem befand sich in der oberen Ecke des Aquariums ein Schlauch, über den der Zulauf in die Kläranlage geleitet wurde.

Das Schlamm-Abwasser-Gemisch des Belebungsbeckens wurde durch den Spalt unter der ersten Platte durchgeführt und beruhigte sich hinter der ersten Platte aufgrund der geringeren Turbulenzen. Dadurch kam es zum Absetzen des Schlammes und einer schwerkraftbedingten Trennung von Schlamm und Wasser.

Die zweite Platte diente als Schwelle, sodass durch den ständigen Zulauf der Wasserspiegel bis zum Brechen des Wassers über die Schwelle anstieg.

Im dritten Bereich befand sich ein Ablaufschlauch, mit Hilfe dessen das gereinigte Abwasser wieder aus dem System gepumpt wurde.

Das System war während des Betriebs so zu optimieren, dass zum einen im Nachklärbecken noch genug Turbulenzen waren, um einen Schlammaustausch mit dem Belebungsbecken zu gewährleisten und zum anderen die Turbulenzen so gering waren, dass es zu keinen Überlauf des Schlammes kam.

Die Abbildung 9 zeigt eine Kleinkläranlage im Betrieb.

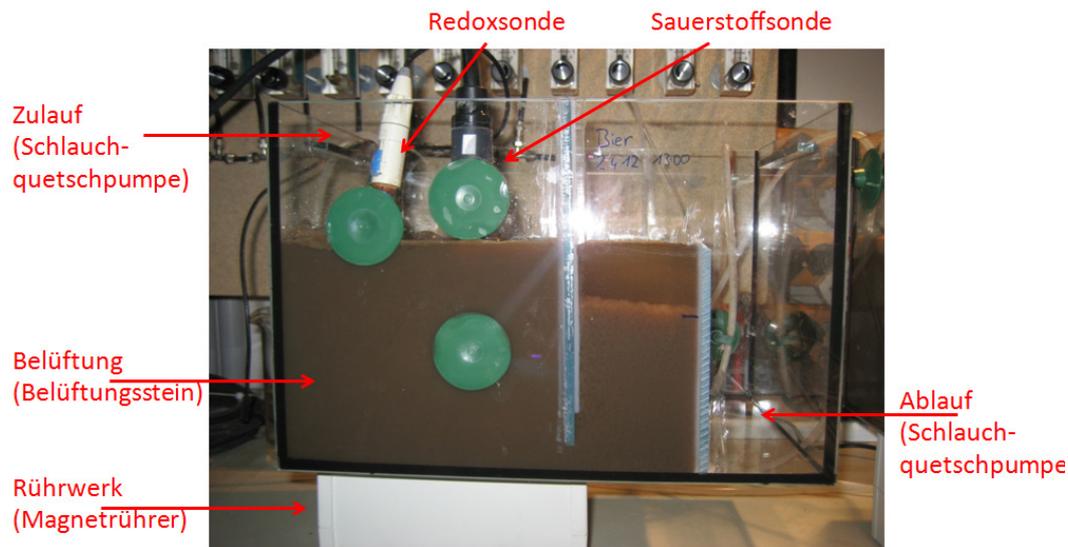


Abbildung 9: Kleinkläranlage im Betrieb

3.10.2 Versuchsdurchführung

Die Versuche wurden mit künstlich hergestellten Abwässern durchgeführt, die am Anfang jeder Versuchsreihe zur Analyse in das Labor „Chemie“ des Instituts für Siedlungswasserbau, Industriewasserwirtschaft und Gewässerschutz gebracht wurden. In Summe wurden vier Parallelversuche durchgeführt, für die jeweils zwei Abwasserzuläufe notwendig waren.

Nach jeweils neun bis zehn Tagen wurde eine Versuchsreihe beendet und die Abläufe wurden als Mischprobe der letzten 12 Stunden wiederum zur Bestimmung der Abwasserparameter in das Labor „Chemie“ gebracht.

Zusätzlich wurde vor jedem Versuch die Wasserphase des Ausgangsschlammes untersucht, um einen definierten Ausgangspunkt zu erhalten.

Die folgende Tabelle 7 soll die Anzahl und Verteilung der Proben nochmals verdeutlichen. Die Zusammensetzung der Proben wird im Kapitel 4 Ergebnisse näher beschrieben.

Tabelle 7: Versuche in den Kleinkläranlagen - Anzahl und Verteilung der Wasserproben

	Kleinkläranlage 1	Kleinkläranlage 2
Versuch 1 (2.4.12 - 10.4.12)	Wasserphase Ausgangsschlamm 1	
	Zulauf 1.1	Zulauf 1.2
	Ablauf 1.1	Ablauf 1.2
Versuch 2 (11.4.12 - 20.4.12)	Wasserphase Ausgangsschlamm 2	
	Zulauf 2.1	Zulauf 2.2
	Ablauf 2.1	Ablauf 2.2
Versuch 3 (30.4.12 - 9.5.12)	Wasserphase Ausgangsschlamm 3	
	Zulauf 3.1	Zulauf 3.2
	Ablauf 3.1	Ablauf 3.2
Versuch 4 (30.5.12 - 8.6.12)	Wasserphase Ausgangsschlamm 4	
	Zulauf 4.1	Zulauf 4.2
	Ablauf 4.1	Ablauf 4.2

Unabhängig von den Wasserproben wurde auch der Schlamm im Zuge dieser Versuche analysiert. Als Ausgangsschlamm diente dafür jeweils der Schlamm der Kläranlage Klosterneuburg, der jeweils am Morgen des ersten Versuchstages von der Kläranlage geholt wurde. Nachstehend werden die Schlammproben wieder tabellarisch dargestellt (Tabelle 8).

Tabelle 8: Versuche in den Kleinkläranlagen - Anzahl und Verteilung der Schlammproben

	Kleinkläranlage 1	Kleinkläranlage 2
Versuch 1 (2.4.12 - 10.4.12)	Ausgangsschlamm 1	
	Schlamm 1.1	Schlamm 1.2
Versuch 2 (11.4.12 - 20.4.12)	Ausgangsschlamm 2	
	Schlamm 2.1	Schlamm 2.2
Versuch 3 (30.4.12 - 9.5.12)	Ausgangsschlamm 3	
	Schlamm 3.1	Schlamm 3.2
Versuch 4 (30.5.12 - 8.6.12)	Ausgangsschlamm 4	
	Schlamm 4.1	Schlamm 4.2

3.10.3 Erstellung der künstlichen Abwasserzuläufe

Die Abwasserzuläufe wurden so berechnet, dass die gewünschten Rahmenbedingungen und Voraussetzungen der Kläranlage des Gemeindeabwasserverbands eingehalten werden konnten. Dazu war es notwendig eine genaue Berechnung der Zulaufmenge und der Nährstoffgabe durchzuführen.

Berechnung der Zulaufmenge

Die Berechnung der Zulaufmenge war abhängig von der Kohlenstoffkonzentration im Zulauf. Als Kohlenstoffquelle wurden Bier und die freien Fettsäuren aus dem Buttertank der Molkerei (Probenahme vom 19. November 2011) verwendet. Da die TOC-Konzentration nur von Bier bekannt war, wurde die Zulaufmenge nur für den Versuch ohne freie Fettsäuren berechnet. Der Zulauf der zweiten Kleinkläranlage im Parallelversuch wurde mit freien Fettsäuren versetzt und individuell angepasst. Darauf wird in der Beschreibung der einzelnen Versuche näher eingegangen.

Aus früheren Versuchen war die TOC-Konzentration von Bier mit 33,8 g/l bekannt. Des Weiteren waren das Volumen mit fünf Litern definiert, die gewünschte Schlammbelastung von 0,2 g CSB/g TS gegeben und der durchschnittliche Trockensubstanzgehalt der GAV-Anlage von 4,2 g/l bekannt. Die theoretische Trockensubstanz konnte angenommen werden, da der Versuchsschlamm entweder aus der SBR-Anlage der Universität für Bodenkultur oder aus der Kläranlage Klosterneuburg stammte, und üblicherweise eine Trockensubstanz von rund 4,2 g/l aufwies. Der erste Schritt war die Ermittlung der notwendigen TOC-Fracht für einen Tag. Diese konnte aus der gewünschten CSB-Fracht mittels Faktor 2,67 (Umrechnung von mg/l O₂ auf mg/l C) bestimmt werden (Tabelle 9).

$$B_{CSB, KK} = V_{KK} * B_{TS, KK} * TS_{KK} = 5,00 \text{ l} * 0,2 \text{ g} \frac{CSB}{g_{TS} * d} * 4,2 \text{ g} \frac{TS}{l} = 4,20 \text{ g/d O}_2$$

$$B_{TOC, KK} = \frac{B_{CSB, KK}}{2,67} = \frac{4,20 \text{ g/d}}{2,67} = 1,57 \text{ g/d C}$$

Tabelle 9: Ermittlung der notwendigen TOC-Fracht

Volumen	Schlammbelastung	Trockensubstanz	CSB - Fracht	TOC - Fracht
l	g CSB/(g TS*d)	g/l	g/d	g/d
5,00	0,2	4,2	4,20	1,57

Da die TOC-Konzentration von Bier für die Versuche viel zu hoch gewesen wäre, und dadurch extrem niedrige Zulaufmengen notwendig gewesen wären, wurde das Bier mit Wasser vermischt. Das Mischungsverhältnis wurde mit 50 festgelegt. (Als Beispiel kann hier angeführt werden, dass auf 9,8 l Wasser eine Menge von 0,2 l Bier kamen und somit das Verhältnis von 50 hergestellt wurde.) Mit Hilfe der TOC-Konzentration von Bier konnte somit die Konzentration im künstlichen Zulauf errechnet werden.

$$TOC_{KK,Zulauf} = \frac{TOC_{Bier}}{MV_{KK}} = \frac{33,8 \text{ g/l}}{50} = 0,676 \text{ g/l C}$$

Aus den errechneten Parametern TOC-Fracht und TOC-Konzentration im Zulauf konnte die notwendige Zulaufmenge ermittelt werden.

$$Q_{KK,Zulauf} = \frac{B_{TOC,KK}}{TOC_{KK,Zulauf}} = \frac{1,57 \text{ g/d}}{0,676 \text{ g/l}} = 2,33 \text{ l/d Bier/Wasser - Gemisch Verhältnis 1:50}$$

Berechnung der Nährstoffzugabe

Die folgenden Berechnungen wurden für die gewünschten Nährstoffverhältnisse von TOC:NH₄-N:P-Gesamt=100:8,6:3,5 durchgeführt (Tabelle 10). Außerdem wurde von einem Zulaufvorrat von zehn Litern ausgegangen, welcher üblicherweise für vier bis fünf Tage ausreichte.

Tabelle 10: Nährstoffverhältnisse GAV

TOC	NH ₄ -N	P-Gesamt
%	%	%
100	8,6	3,5

Aus den Nährstoffverhältnissen ergaben sich die notwendigen Frachten und Konzentrationen für Ammonium und Phosphor (Tabelle 11).

$$B_{NH_4-N, KK} = B_{TOC, KK} * p_{NH_4-N, KK} = 1,57 \frac{\text{g}}{\text{d}} * 8,6 \% = 0,14 \text{ g/d}$$

$$B_{P-Gesamt, KK} = B_{TOC, KK} * p_{P-Gesamt, KK} = 1,57 \frac{\text{g}}{\text{d}} * 3,5 \% = 0,06 \text{ g/d}$$

Tabelle 11: Nährstofffrachten in den Zuläufen der Kleinkläranlagen

TOC	NH ₄ -N	P-Gesamt
g/d	g/d	g/d
1,57	0,14	0,06

Über die Zulaufmenge konnten die Konzentrationen ermittelt werden (Tabelle 12).

$$NH_4 - N_{KK} = \frac{B_{NH_4-N, KK}}{Q_{KK, Zulauf}} = \frac{0,14 \text{ g/d}}{2,33 \text{ l/d}} = 0,06 \text{ g/l}$$

$$P - Gesamt_{KK} = \frac{B_{P-Gesamt, KK}}{Q_{KK, Zulauf}} = \frac{0,06 \text{ g/d}}{2,33 \text{ l/d}} = 0,02 \text{ g/l}$$

Tabelle 12: Nährstoffkonzentrationen in den Zuläufen der Kleinkläranlagen

NH ₄ -N	P-Gesamt
g/l	g/l
0,06	0,02

Die notwendigen Frachten an Ammonium bzw. Phosphor wurden über Ammoniumchlorid-Salz (NH₄Cl) bzw. Dikaliumhydrogenphosphat-Salz (K₂HPO₄) erstellt und im Zulauf gelöst. Über die Molekulargewichte konnten die benötigten Mengen ermittelt werden (Tabelle 13 und 14).

$$m_{NH_4Cl} = \frac{NH_4-N_{KK}}{M_N} * M_{NH_4Cl} = \frac{0,06 \frac{g}{l}}{14 \frac{g}{mol}} * 53,5 \frac{g}{mol} = 223 \text{ mg/l}$$

$$m_{NH_4Cl,10l} = m_{NH_4Cl} * V_{Vorrat} = 0,22 \frac{g}{l} * 10 l = 2225 \text{ mg}$$

 Tabelle 13: Berechnung der Zugabemenge NH₄Cl

M _N	M _{H4}	M _{Cl}	M _{NH4Cl}	Masse	Vorrat	Zugabemenge
g/mol	g/mol	g/mol	g/mol	mg NH ₄ Cl/l	l	mg NH ₄ Cl/10 l
14	4	35,5	53,5	223	10	2225

$$m_{K_2HPO_4} = \frac{P-Gesamt_{KK}}{M_P} * M_{K_2HPO_4} = \frac{0,02 \frac{g}{l}}{31 \frac{g}{mol}} * 174 \frac{g}{mol} = 133 \text{ mg/l}$$

$$m_{K_2HPO_4,10l} = m_{K_2HPO_4} * V_{Vorrat} = 0,13 \frac{g}{l} * 10 l = 1332 \text{ mg}$$

 Tabelle 14: Berechnung der Zugabemenge K₂HPO₄

M _{K2}	M _H	M _P	M _{O4}	M _{K2HPO4}	Masse	Vorrat	Zugabemenge
g/mol	g/mol	g/mol	g/mol	g/mol	mg K ₂ HPO ₄ /l	l	mg K ₂ HPO ₄ /10l
78	1	31	64	174	133	10	1332

3.10.4 Bestimmung der Abwasserparameter

Unter der Leitung von Frau Dipl. Ing. Dr. Allabashi wurden im Labor „Chemie“ des Instituts für Siedlungswasserbau, Industrieressourcenmanagement und Gewässerschutz die folgenden Abwasserparameter für die Zuläufe und Abläufe der Kleinkläranlagen bestimmt.

Total Organic Carbon – TOC [mg/l]

Der gesamte organische Kohlenstoff (Total Organic Carbon) wurde laut der DIN EN 1484 H3 (1997) gemessen und in mg C/l angegeben. Der TOC wurde im Direktverfahren als NPOC (Non Purgeable Organic Carbon = nicht ausblasbarer organischer Kohlenstoff) gemessen. Die Bestimmungsgrenze lag bei 1 mg/l.

Ammoniumstickstoff – NH₄-N [mg/l]

Ammonium wurde laut der DIN 38406 T5 mit Hilfe der Photometrie und mit Nitroprussidnatrium gemessen. Die Bestimmungsgrenze lag bei 0,03 mg/l.



Nitratstickstoff – NO₃-N [mg/l]

Das Nitrat wurde laut EN ISO 10304-1 u. 2 (D19/D20) mittels Flüssigkeits-Ionenchromatographie durch Bestimmung der Anionen ermittelt. Die Bestimmungsgrenze lag bei 0,1 mg/l.

Gesamtphosphor – P [mg/l]

Der Gesamt-Phosphor wurde laut der Norm DIN EN ISO 6878 mit dem photometrischen Verfahren mittels Ammoniummolybdat gemessen. Die Bestimmungsgrenze lag bei 0,02 mg/l.

3.10.5 Parameter der Schlammuntersuchung

Eigenständig wurden im Labor „Chemie“ des Instituts für Siedlungswasserbau, Industriewasserwirtschaft und Gewässerschutz die nachstehenden Schlammparameter ermittelt.

Trockenrückstand TR [g] und Trockensubstanz TS [g/l]

Als Trockenrückstand eines Schlammes bezeichnet man den bei diesem Trocknungsverfahren erhaltenen Massenanteil fester Substanz in Schlamm und die Trockensubstanz gibt den Trockenmassegehalt an (DIN 38 414 S2).

Glührückstand GR [%] und Glühverlust GV [%]

Der Glührückstand wurde nach der Norm DIN EN 12879 (Charakterisierung von Schlämmen - Bestimmung des Glühverlustes der Trockenmasse) bestimmt. Zuerst wurde der Trockenrückstand bestimmt und anschließend wurde im Muffelofen bei 550 °C für 2 Stunden bis zur Gewichtskonstanz geglüht. Die danach übriggebliebene Masse wurde als Glührückstand bezeichnet. Die Differenz der Masse des Glührückstands von der Gesamtmasse entsprach dem organischen Anteil der Probe und wird Glühverlust genannt. Üblicherweise werden Glührückstand und Glühverlust in Prozent, bezogen auf die Gesamtmasse, angegeben. Ein hoher Glührückstand deutet auf einen hohen Anteil an mineralischer Substanz in der Probe hin.

Schlammvolumen VSV [ml/l]

Als Schlammvolumen bezeichnet man das spezifische Volumen, welches nach einer genormten Standzeit von 30 Minuten in einem Standzylinder vom Belebtschlamm eingenommen wird. Die Einheit des Schlammvolumens ist ml/l.

Schlammindex ISV [ml/g]

Aus dem Schlammvolumen und der Trockensubstanz ließ sich der Schlammindex berechnen. Er gibt das Volumen an, welches ein Gramm der Trockensubstanz im Belebtschlamm einnahm. In kommunalen Anlagen sollte der Wert nicht über 150 ml/g sein. Liegt der Wert darunter, kann auf einen guten Betrieb geschlossen werden.

$$ISV [ml/g] = \frac{VSV[ml/l]}{TS[g/l]}$$

3.10.6 Schlammanalysen

Die Schlammanalysen wurden am Institut für Siedlungswasserbau, Industriewasserwirtschaft und Gewässerschutz im Labor „Mikrobiologie“ durchgeführt. (vgl. 3.5.2) Die Bestimmung der Fadenbakterien mittels Gram- und Neisser-Färbung fand hierbei keine Anwendung.

4. Ergebnisse

4.1 Blockdiagramm

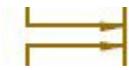
Gemeinsam mit dem Betriebsleiter wurde ein Blockdiagramm (Abbildung 10) über die Abläufe in der Kläranlage des GAVs ausgearbeitet. Das Blockdiagramm soll die Gegebenheiten auf der Anlage möglichst einfach und konkret abbilden. In der folgenden Legende werden kurz die verwendeten Zeichen und deren Bedeutung erläutert.



Bauwerke bzw. Maschinen der Anlage



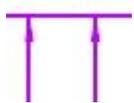
Zuleitungen



Transportleitungen für Rücklaufschlamm und Überschussschlamm bzw. Absetzphase der Vorklärung



Zusätzliche Transportleitungen der Nachklärbecken



Rückleitungen für die wässrigen Rückstände der Schlammbearbeitung



Messstellen der Kläranlage mit zugehöriger Kurzbezeichnung im Datenprotokoll

4.2 Datenanalyse

Zu Beginn wurde die tägliche Aufzeichnung der Ammoniumkonzentrationen im Ablauf analysiert und mit dem vorgeschriebenen Grenzwert von 5mg/l verglichen (Abbildung 11).

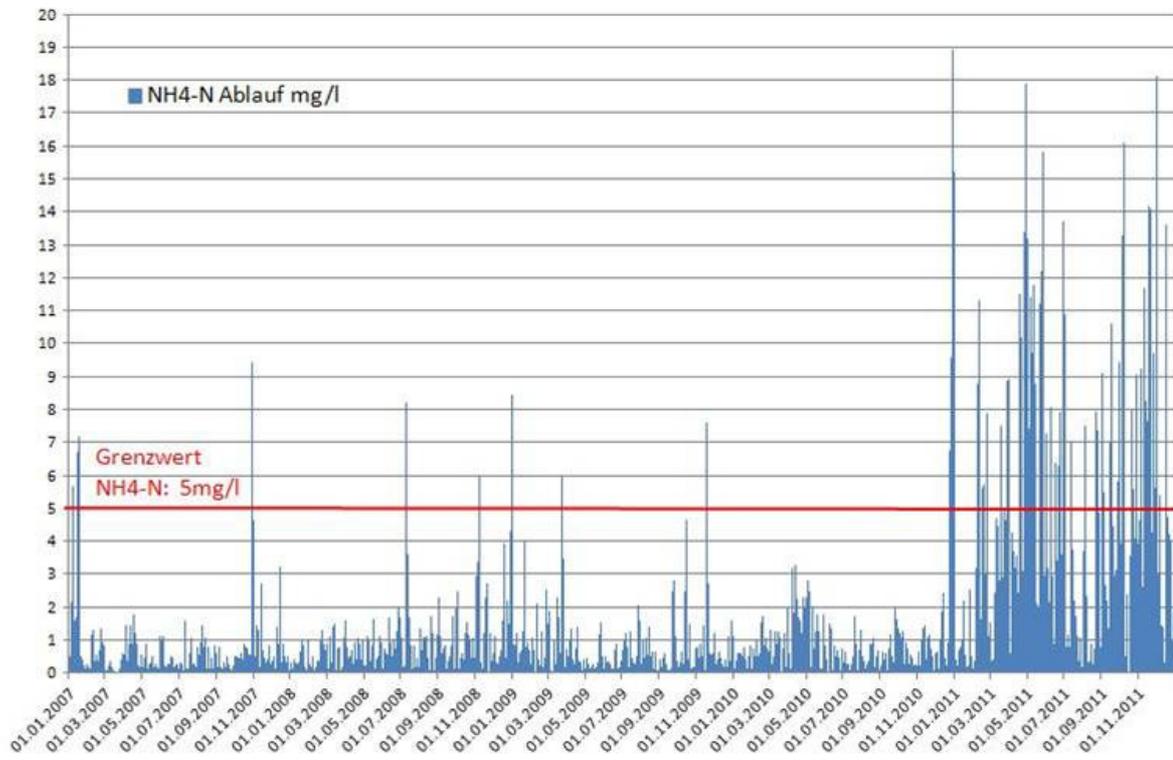


Abbildung 11: Vergleich der täglichen Ammoniumkonzentration (mg/l) mit dem Grenzwert 1.1.2007 bis 31.12.2011

Bereits auf dem ersten Blick ist zu erkennen, dass der Grenzwert vom Beginn der Aufzeichnung bis Ende 2010 nur sporadisch überschritten wurde. Doch ab Ende 2010 konnte der Grenzwert über mehrere Monate nicht mehr eingehalten werden.

Um mögliche Ursachen für diese Überschreitungen zu finden, wurden die folgenden Fragen aufgestellt und versucht diese mittels der Datenanalyse zu beantworten.

- War ein Muster vorhanden?
- Traten die Spitzen periodisch auf?
- Konnten die Spitzen bestimmten Wochentagen zugeordnet werden?
- Konnten die niedrigsten Werte bestimmten Wochentagen zugeordnet werden?
- Waren signifikante Zusammenhänge mit anderen Parametern (NH₄-N Zulauf, CSB Zulauf,...) ersichtlich?
- Waren die Spitzen an bestimmte Vorgänge (Pressvorgänge, Sauerstoffeintrag,...) gebunden?
- Gab es einen Zusammenhang mit den gemeldeten Störfällen der Molkerei?

4.2.1 War ein Muster vorhanden?

Um eine Antwort auf diese Frage zu finden, wurde ein Zeitabschnitt am Anfang der Datenreihe herangezogen.

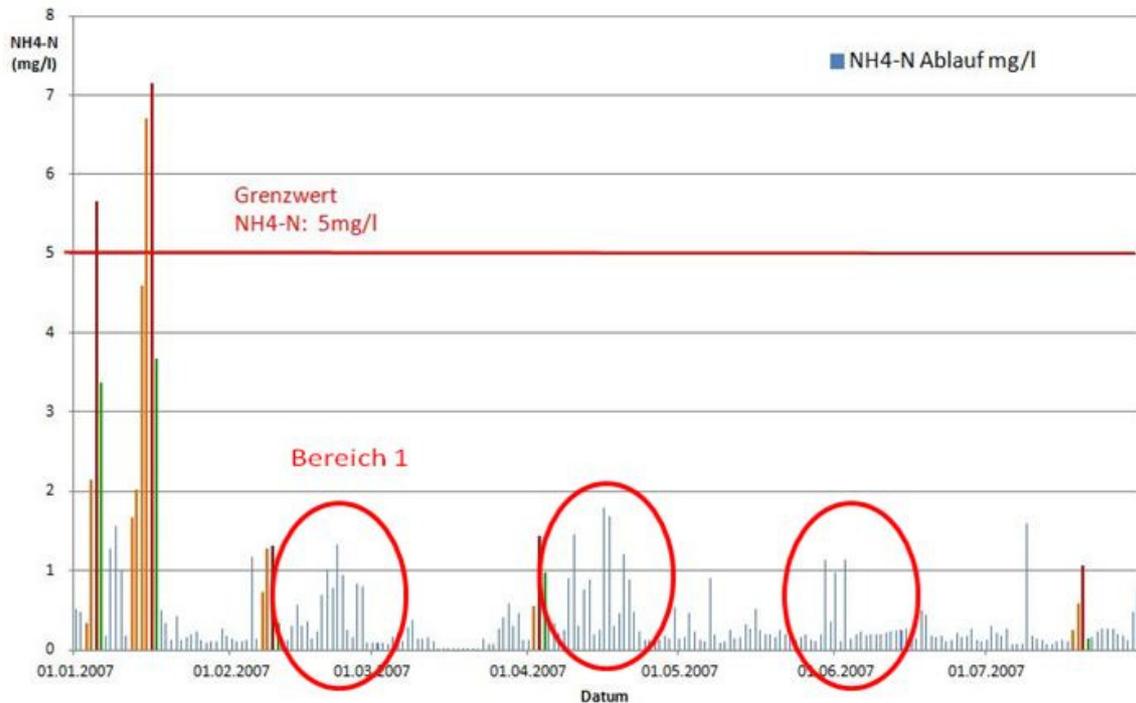


Abbildung 12: Bestimmung einer Musterabfolge der Ammoniumkonzentrationen

In der Abbildung 12 ist deutlich zu erkennen, dass ein gewisser Aufbau einer Tagesspitze vorhanden war. So war sehr häufig ein Anstieg der Ammoniumkonzentrationen (in Abbildung 12 orange markiert) über vier bis fünf Tage bei hohen Spitzen und über ein bis zwei Tage bei kleinen Spitzen ersichtlich. Des Weiteren zeigt sich, dass der Spitzenwert (in Abbildung 12 rot markiert) nur einen Tag anhielt und der Rückgang (in Abbildung 12 grün markiert) in ein bis zwei Tagen relativ schnell abklang. In der folgenden Tabelle 15 wird diese Erkenntnis kurz zusammengefasst.

Tabelle 15: Zusammenfassung der Musterabfolgen

	Hohe Spitzen	Kleine Spitzen
Anstieg (orange)	4-5 Tage	1-2 Tage
Spitze (rot)	1 Tag	1 Tag
Rückgang (grün)	1-2 Tage	1 Tag

Neben der genannten Theorie zum Aufbau einer Spitze gab es auch Bereiche, die nicht in dieses Schema eingeordnet werden konnten. Zu diesen Bereichen zählten die, mit einem roten Kreis markierten, Tage in der Abbildung 12. Anhand des Bereichs 1 der Abbildung 12 bzw. Abbildung 13 sollte eine mögliche Erklärung für diese Zeitabschnitte gefunden werden.

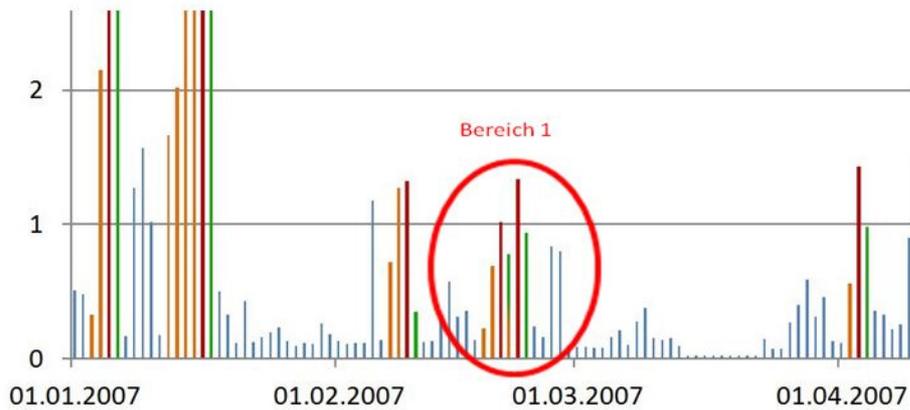


Abbildung 13: Teilausschnitt zur Erklärung der Musterabfolge

Die erste, rot markierte Spitze im Bereich 1 verhielt sich wie in der Tabelle 15 beschrieben. Zuerst war ein Anstieg über zwei Tage zu sehen, danach folgte ein Tag mit dem Spitzenwert und dann sollte ein Tag des Rückgangs erfolgen. Vermutlich würde dieser Rückgang tatsächlich stattgefunden haben, doch währenddessen baute sich bereits der nächste Spitzenwert auf. Aus diesem Grund war dieser Tageswert auch grünorange gekennzeichnet, da er für die erste Spitze den Tag des Rückgangs und für die darauffolgende, zweite Spitze einen Tag des Anstiegs widerspiegelte. In weiterer Folge waren der zweite, wiederum rot markierte, Spitzenwert und der grün markierte Tag des Rückgangs festzustellen. Daraus war zu schließen, dass bei Spitzenwerten innerhalb von wenigen Tagen, die Musterabfolgen ineinander verschoben wurden.

Als nächster Schritt wurde geprüft, ob dieses Muster auch in den letzten Monaten der Datenaufzeichnung und somit in der Zeit der starken Grenzwertüberschreitungen vorhanden war.

Die Abbildung 14 zeigt deutlich, dass die Musterabfolge auch in den letzten Monaten der Datenaufzeichnung von August 2011 bis Dezember 2011 zu erkennen war.

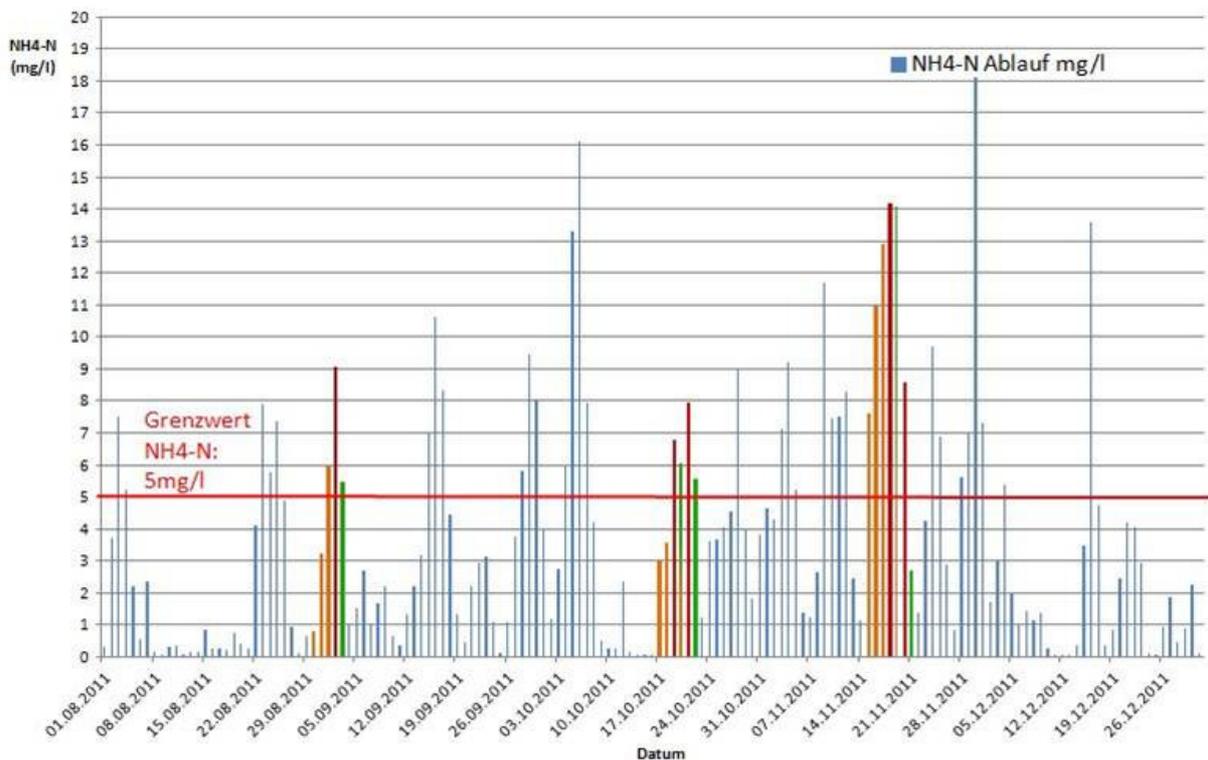


Abbildung 14: Musterabfolge im zweiten Halbjahr 2011

4.2.2 Traten die Spitzen periodisch auf?

Um diese Frage zu beantworten, musste vorerst der Begriff Spitze definiert werden. Im Excel-File „GAV Datenanalyse.xlsx“ wurde ein Wert als Spitze bezeichnet, wenn der Tageswert höher war, als jener des Vortages und des darauffolgenden Tages.

Die folgende Abbildung 15 zeigt die Anzahl der Tage, die zwischen den Tagen mit Spitzenwerten liegen. Die Auswertung zeigt, dass der Abstand zwischen den Spitzenwerten nicht immer gleich war. Zumeist waren ein, zwei, drei oder vier Tage zwischen den Spitzenwerten. Eine genaue Aussage war demzufolge aber nicht möglich.

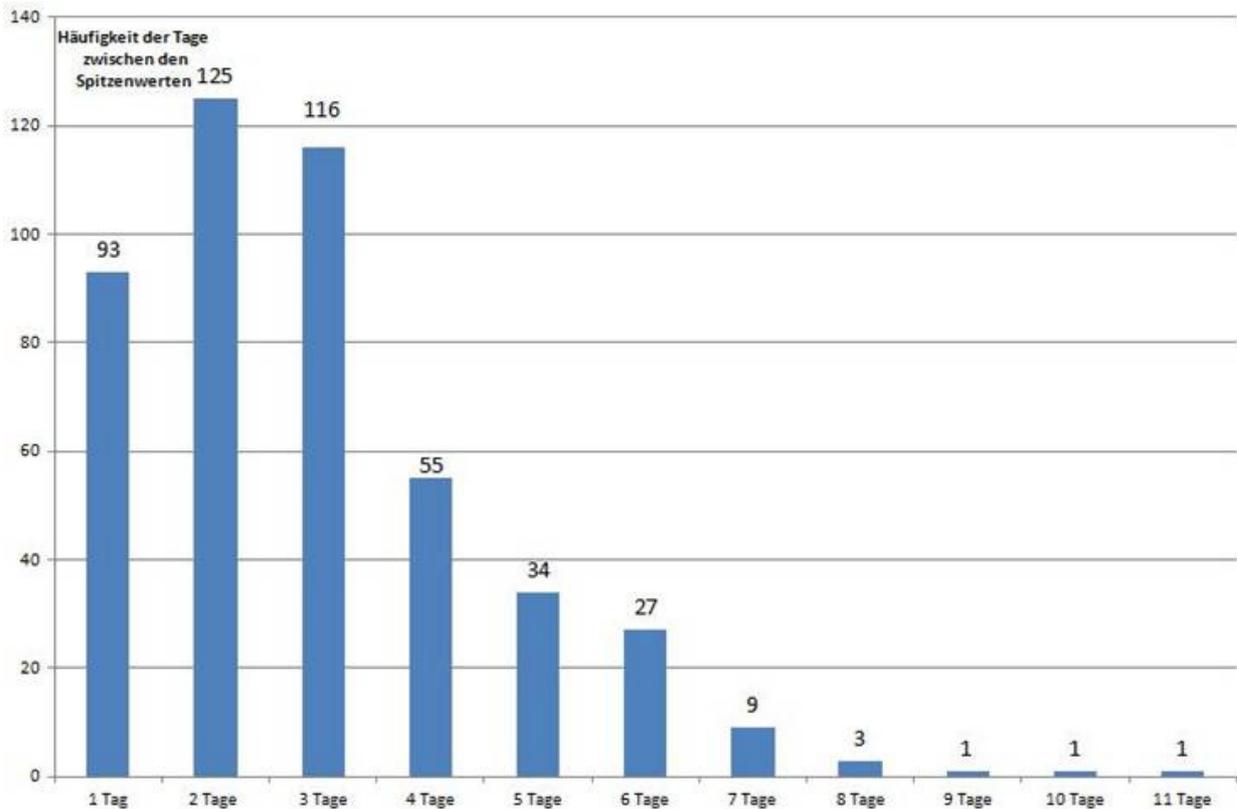


Abbildung 15: Häufigkeit der Tage zwischen den Spitzenwerten

4.2.3 Konnten die Spitzen bestimmten Wochentagen zugeordnet werden?

In der Tabelle 16 wurden die Spitzen den Wochentagen zugeordnet. Auch hier war eine eindeutige Aussage nicht möglich. Allerdings war festzustellen, dass besonders die Wochentage von Montag bis Freitag Spitzenwerte aufwiesen. Im Gegensatz dazu war das Wochenende mit nur 5,8 Prozent aller Werte nur sehr selten von Spitzen betroffen.

Tabelle 16: Anzahl der Spitzen pro Tag

	Anzahl der Spitzen pro Tag						
	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So
Abs.	114	73	72	60	119	19	8
%	24,5	15,7	15,5	12,9	25,6	4,1	1,7

Um eine deutlichere Aussage treffen zu können, wurde ein weiteres Kriterium hinzugefügt. So wurde zusätzlich zu der Bedingung, dass der Spitzenwert eines Tages höher sein muss, als der des Vortages und des darauffolgenden Tages, eine zweite Bedingung eingeführt. Demnach musste der Spitzenwert zusätzlich noch höher als 10mg/l sein. Mit Hilfe dieser Bedingung

sollten nun nur noch jene Spitzen berücksichtigt werden, die tatsächlich auf eine verfahrenstechnische Problematik in der Anlage schließen ließen.

Tabelle 17: Anzahl der Spitzen pro Tag bei einem Mindestwert von 10mg/l

	Anzahl der Spitzen pro Tag						
	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So
Abs.	0	2	4	6	5	0	0
%	0	11,8	23,5	35,3	29,4	0	0

Die Tabelle 17 zeigt sehr gut, dass die Gesamtanzahl an Spitzen deutlich geringer wurde, und, dass die Spitzen vor allem an den Wochentagen Mittwoch, Donnerstag und Freitag auftraten. Dies ließ den Rückschluss zu, dass die Ammoniumkonzentration im Laufe der üblichen Arbeitswoche von Montag bis Freitag stieg. Vermutlich war dies auf den verstärkten Betrieb der einleitenden Firmen und auf der Kläranlage (z.B.: Pressen) zurückzuführen.

4.2.4 Konnten die niedrigsten Werte bestimmten Wochentagen zugeordnet werden?

Ähnlich wie bei den Spitzenwerten wurde auch das Kriterium für die Tage mit den niedrigsten Werten definiert. So wurden jene Werte berücksichtigt, die niedriger waren als die Werte des Vortages und des darauffolgenden Tages.

Tabelle 18: Anzahl der niedrigsten Werte pro Tag

	Anzahl der niedrigsten Werte pro Tag						
	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So
Abs.	15	65	58	66	21	51	158
%	3,5	15	13,4	15,2	4,8	11,8	36,4

Bei dieser Auswertung (Tabelle 18) ist festzustellen, dass die Verteilung der Minima über die Werkzeuge ziemlich konstant war, jedoch ein signifikanter Anstieg am Sonntag festzustellen war. Dies stärkte wiederum die Aussage, dass der geregelte Arbeitsablauf in den Firmen und auf der Kläranlage einen Einfluss auf die Verteilung der Minima hatte.

4.2.5 Waren signifikante Zusammenhänge mit anderen Parametern (NH₄-N Zulauf, CSB Zulauf,...) ersichtlich?

NH₄-N Zulauf

Um einen Vergleich zwischen den Ammonium Zulaufkonzentrationen und den Ammonium Ablaufkonzentrationen zu erhalten, wurden diese in einem Diagramm gegenübergestellt.

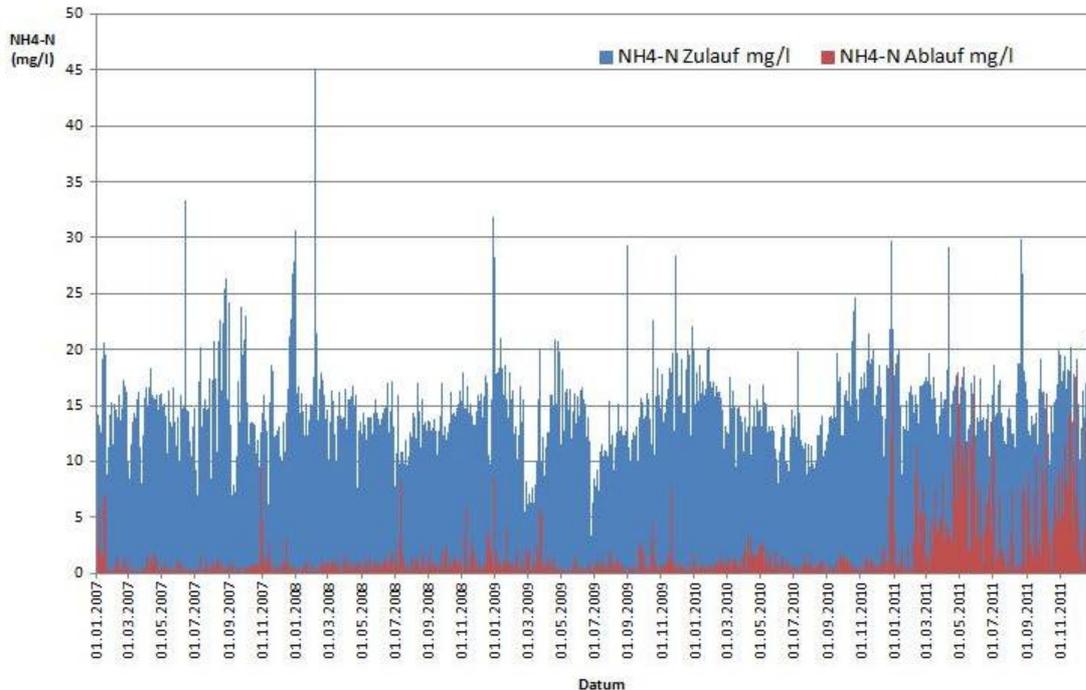


Abbildung 16: Gegenüberstellung NH₄-N Zulauf (mg/l) und NH₄-N Ablauf (mg/l)

In der Abbildung 16 ist nur sehr schwer ein Zusammenhang zwischen Zulauf- und Ablaufkonzentration herzustellen. Natürlich gab es gewisse Schwankungen auch im Zulauf, doch die deutliche Steigerung der Ablaufkonzentration am Ende des Jahres 2010 spiegelte sich im Zulauf nicht wieder. Über den gesamten Untersuchungszeitraum lag eine konstante, mittlere NH₄-N Konzentration von rund 13mg/l im Zulauf vor. Auch die durchschnittliche NH₄-N Schmutzfracht im Zulauf blieb bei rund 260kgNH₄-N/d konstant in dieser Zeit. Somit war eine erhöhte Ablaufkonzentration aufgrund einer Veränderung im Zulauf auszuschließen.



CSB Zulauf

Des Weiteren wurde die CSB Zulaufkonzentration mit der $\text{NH}_4\text{-N}$ Ablaufkonzentration verglichen, um eine mögliche Verschiebung der Nährstoffkonzentrationen (C:N:P) bzw. eine Konkurrenz um den eingebrachten Sauerstoff aufzeigen zu können.

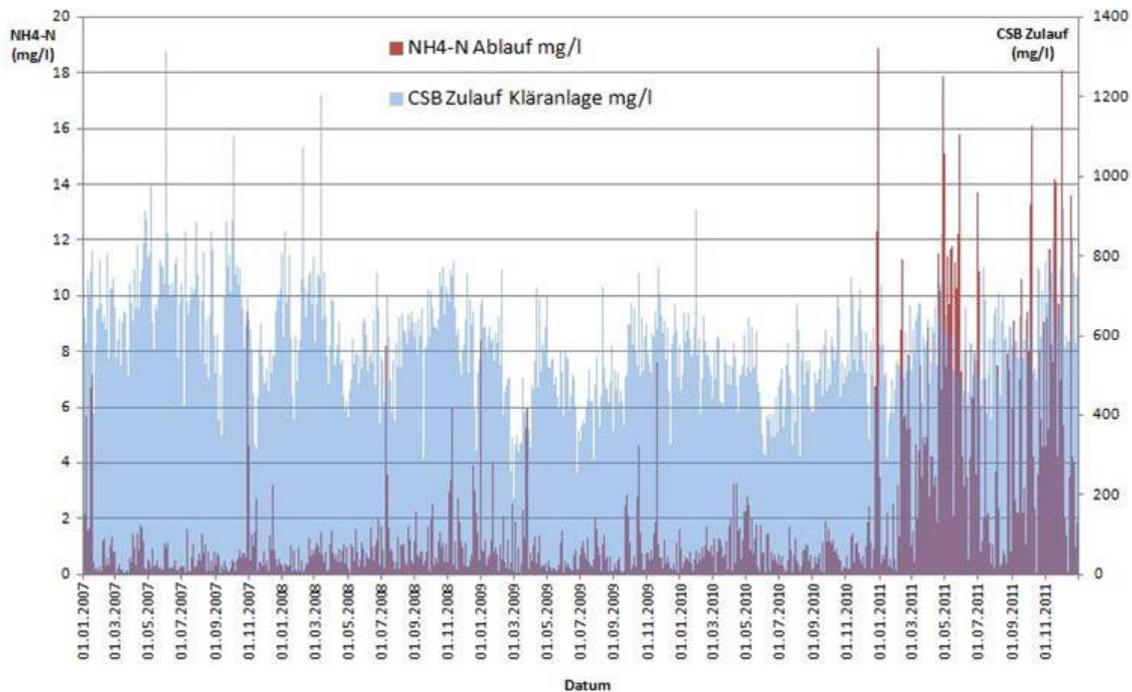


Abbildung 17: Gegenüberstellung CSB Zulauf (mg/l) und $\text{NH}_4\text{-N}$ Ablauf (mg/l)

Auch in der Abbildung 17 ist keine signifikante Änderung der CSB-Zulaufkonzentration im Laufe der Zeit zu erkennen. Im Mittel lagen die CSB Zulaufkonzentration bei 520mg/l und die CSB Schmutzfracht bei 10650kg/d. Sowohl die Konzentration als auch die Fracht blieb über den gesamten Untersuchungszeitraum ziemlich stabil.

P-Gesamt

Eine Änderung der Phosphorkonzentration im Zulauf könnte ebenfalls Auswirkungen auf den Betrieb der Anlage und somit auf die Ammoniumkonzentration im Ablauf gehabt haben.

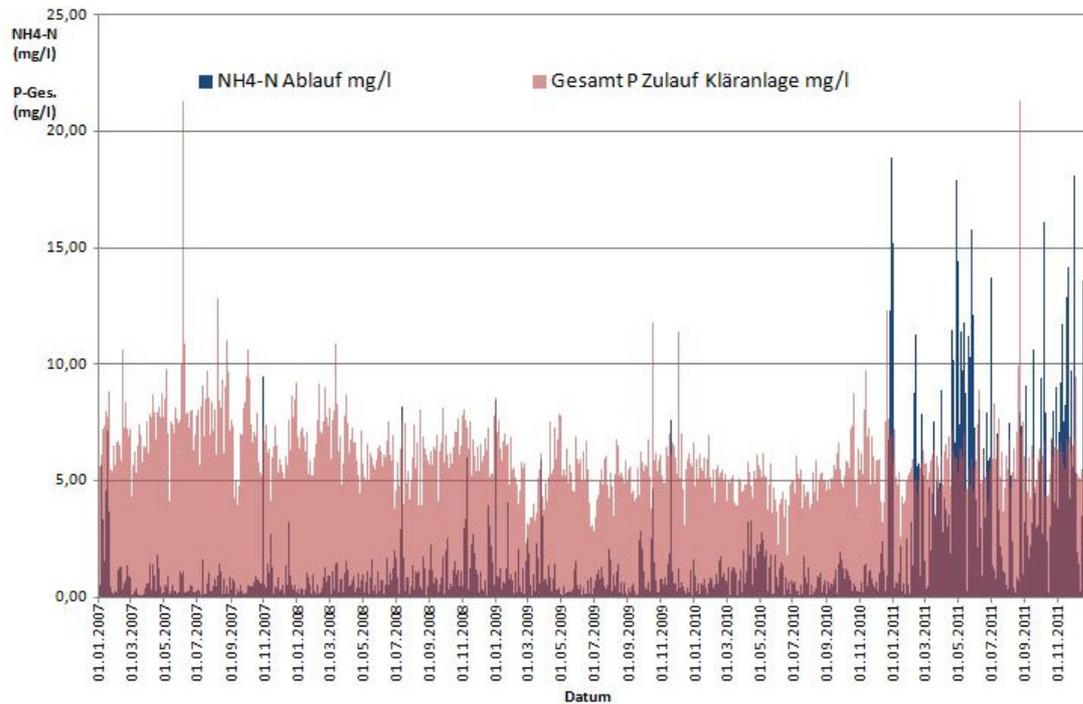


Abbildung 18: Gegenüberstellung Gesamt P Zulauf (mg/l) und NH₄-N Ablauf (mg/l)

Bis auf wenige Ausreißer war auch die Zulaufkonzentration des Gesamtphosphors über den Analysezeitraum relativ konstant (Abbildung 18). Durchschnittlich konnten 5mg/l an Gesamtphosphor im Zulauf bei einer Fracht von rund 110kg/d gemessen werden. Wiederum kam es zu keinem signifikanten Anstieg über den gesamten Untersuchungszeitraum.

Abschließend ist zu sagen, dass kein Parameter im Zuge der Datenanalyse gefunden werden konnte, der sich im Laufe des Analysezeitraums gravierend geändert hätte bzw. ähnliche Schwankungen wie die Ammoniumablaufkonzentration zeigte. Somit kann ausgeschlossen werden, dass eine veränderte Zulaufzusammensetzung maßgebenden Anteil an den verfahrenstechnischen Problemen der Anlage hatte. Einzig die Vermutung bleibt, dass gewisse Stoffe in die Anlage eingetragen wurden, die nicht über die üblichen Parameter gemessen und somit angezeigt werden konnten.

4.2.6 Waren die Spitzen an bestimmte Vorgänge (Pressvorgänge, Sauerstoffeintrag,...) gebunden?

Pressvorgänge

Im Zuge der Schlammwässerung wurde nach der Faulung im Faulturm der Schlamm über Kammerfilterpressen gepresst, um den Wassergehalt des Schlammes zu senken. Das überschüssige Wasser wurde dann über ein Zwischenpumpwerk wieder zurück ins System geleitet. Laut dem Betriebsleiter der Kläranlage war die Ammoniumkonzentration des sogenannten „Presswassers“ erfahrungsgemäß ziemlich hoch, weshalb bei der Datenanalyse eine Verbindung zwischen den Pressvorgängen und der Ammoniumablaufkonzentration untersucht wurde.

Die Anzahl der eingesetzten Pressen ließ sich über die Gesamtmenge der abgepressten Klärrerde (zu finden im Excel-File „GAV Datenanalyse.xlsm“ in der Spalte EP) und der möglichen Menge pro Presse von $4,8 \text{ m}^3/\text{d}$ an abgepresster Klärrerde berechnen. Als Beispiel dient die Anzahl der Pressen am 1.1.2007.

Menge der abgepressten Klärrerde: $m_{\text{Klärrerde}} = 24 \text{ m}^3/\text{d}$

Mögliche Menge pro Presse: $m_{\text{Presse}} = 4,8 \text{ m}^3/\text{d}$

Anzahl der eingesetzten Pressen: $a_{\text{Presse}} = \frac{m_{\text{Klärrerde}}}{m_{\text{Presse}}} = \frac{24 \text{ m}^3/\text{d}}{4,8 \text{ m}^3/\text{d}} = 5$

Diese Berechnung wurde für jeden Tag der Datenreihe durchgeführt und findet sich in der Spalte GF des Excel-Files „GAV Datenanalyse.xlsm“ wieder. Die grafische Darstellung im Vergleich zur $\text{NH}_4\text{-N}$ Ablaufkonzentration zeigt die Abbildung 19.

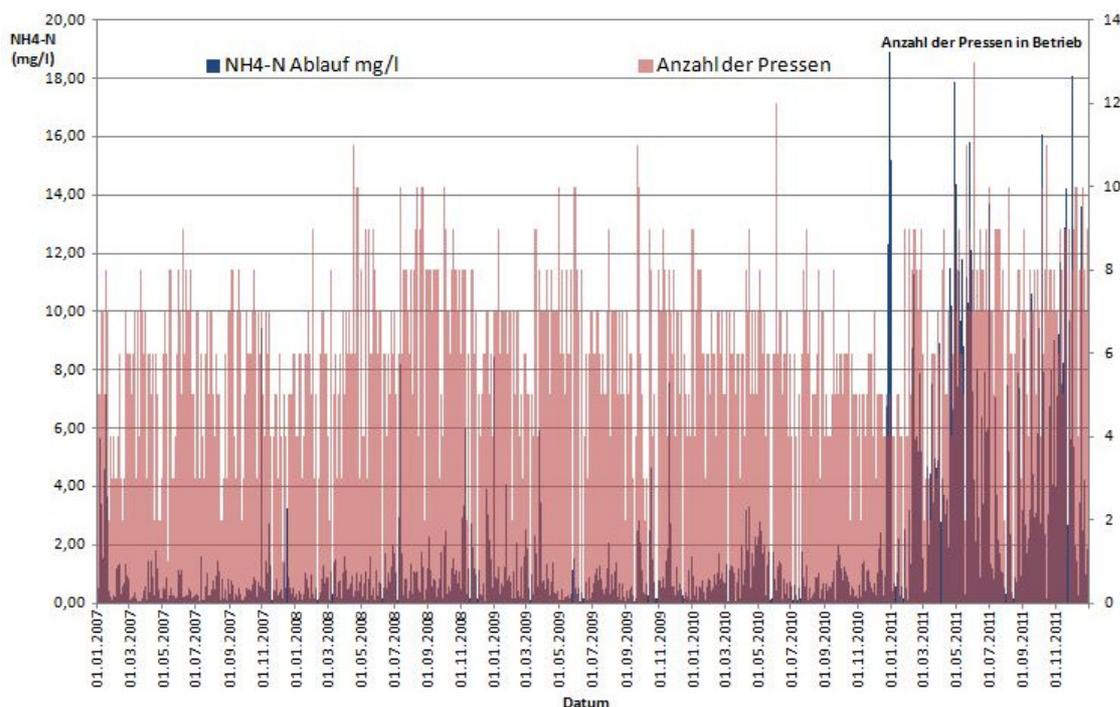


Abbildung 19: Gegenüberstellung Anzahl der Pressen in Betrieb und $\text{NH}_4\text{-N}$ im Ablauf (mg/l)

Die Gegenüberstellung zeigt, dass die Anzahl der Pressvorgänge über den betrachteten Zeitraum nicht signifikant verändert wurde und somit ein Zusammenhang mit den erhöhten Ammoniumablaufkonzentrationen ab Ende 2010 nur schwer herzustellen war. Es ist jedoch zu beachten, dass nur die Anzahl der Pressvorgänge ausgewertet werden konnte und nicht die eingetragene Schmutzfracht an Ammonium, da diesbezüglich keine Messungen vorlagen. Laut dem Betriebsleiter war im täglichen Betrieb ein Anstieg des pH-Werts von rund sieben auf zehn im Zwischenpumpwerk während der Pressvorgänge zu erkennen.

Eine Auswertung über einen kürzeren Zeitraum, wie in Abbildung 20 dargestellt, zeigt, dass zumindest die Minima der Ammoniumkonzentration und die Minima der Anzahl der Pressvorgänge häufig am selben Tag auftraten. Vermutlich spiegelte dies wiederum den Verlauf einer üblichen Arbeitswoche von Montag bis Freitag wider.

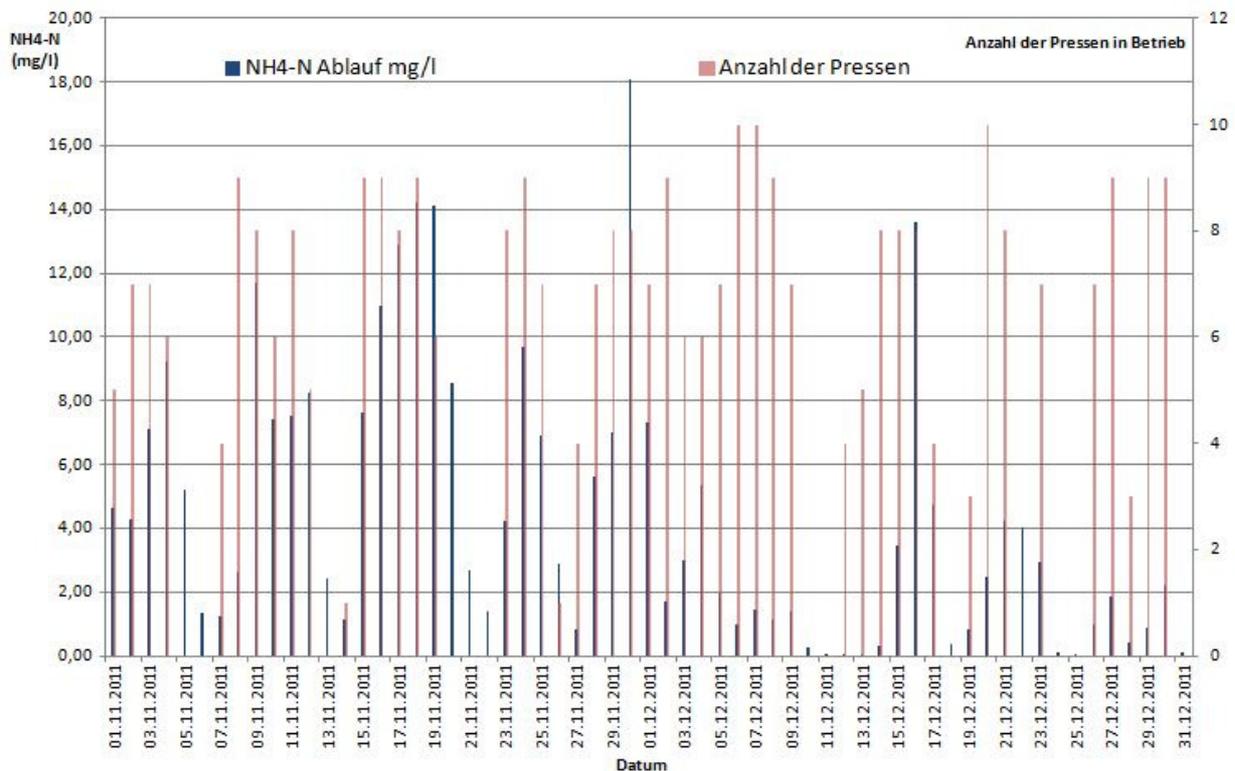


Abbildung 20: Teilausschnitt (1.11.2011 bis 31.12.2011) der Gegenüberstellung Anzahl der Pressen in Betrieb und $\text{NH}_4\text{-N}$ Ablauf (mg/l)

Sauerstoffeintrag

Im Zuge der Datenanalyse wurde eine Abschätzung des Sauerstoffeintrags durchgeführt. Um eine Bilanzierung zu erhalten, wurde die Leistung der installierten Gebläse mit dem theoretischen Bedarf an Sauerstoff verglichen. Die Berechnung findet sich anhand eines Musterbeispiels in der Tabelle 2 des Excel-Files „GAV Datenanalyse.xlsm“ wider. In den Spalten HQ, HR und HS der Tabelle 1 des Excel-Files finden die konkreten Berechnungen für die Anlage statt.

– Leistung der Gebläse

In der Kläranlage des GAVs wurden die Gebläse GM25S der Firma Aerzen verwendet. Insgesamt waren 12 Aggregate vorhanden, wobei in jeder der vier Straßen drei Gebläse im Einsatz waren. Pro Straße fanden sich zwei der drei Gebläse im Belebungsbecken 2 und das dritte war für die Versorgung im Belebungsbecken 3 zuständig. Die angegebenen Leistungsdaten der Gebläse waren:

$$p_a = 550\text{mbar}$$

$$v_{\text{Betrieb}} = 22,2\text{Bm}^3/\text{min}$$

Um den Normvolumenstrom zu berechnen, musste der örtliche Luftdruck ermittelt werden. Dieser errechnete sich aus der örtlichen Höhenlage von $h_{\text{Ams}} = 275\text{m ü. A.}$ und der durchschnittlichen Temperatur im Belebungsbecken von rund $T_{\text{Ams}} = 20^\circ\text{C} = 293\text{K}$.

$$p_{\text{abs}} = 1013\text{mbar}$$

$$T_{\text{abs}} = 273\text{K}$$

$$h_{\text{Ams}} = 275\text{m ü. A.}$$

$$T_{Ams} = 20^{\circ}C = 293K$$

$$p_{Ams} = p_{abs} * (1 - 0,0065 * \frac{h_{Ams}}{T_{Ams}})^{5,255} = 1013mbar * (1 - 0,0065 * \frac{275m}{293K})^{5,255} = 980mbar$$

Schlussendlich konnte der Normvolumenstrom errechnet werden.

$$v_{Norm} = v_{Betrieb} * \frac{p_{Ams}}{p_{abs}} * \frac{T_{abs}}{T_{Ams}} = 22,2 \frac{Bm^3}{min} * \frac{980mbar}{1013mbar} * \frac{273K}{293K} = 20,0Nm^3/min$$

Als nächster Schritt musste die Anzahl der Betriebsstunden pro Tag summiert werden. Im Musterbeispiel der Tabelle 2 wurden die Daten des 1.1.2007 herangezogen.

$$t_{Summe} = 77,1h$$

Das Gesamtluftvolumen pro Tag errechnete sich somit, wie folgt:

$$V_{Gesamt} = v_{Norm} * t_{Summe} * 60 = \frac{20,0Nm^3}{min} * 77h * 60 = 92538Nm^3/d$$

Aus der Erfahrung war bekannt, dass der Sauerstoffeintrag bei Reinwasser von $16,5gO_2/(Nm^3*mET)$ erreicht werden konnte. Bei Abwasser musste dieser Wert noch mittels Alpha-Wert reduziert werden.

$$x_{Reinwasser} = 16,5 \frac{gO_2}{Nm^3*mET}$$

$$\alpha = 0,6$$

$$x_{Abwasser} = x_{Reinwasser} * \alpha = 16,5 \frac{gO_2}{Nm^3*mET} * 0,6 = 9,9 \frac{gO_2}{Nm^3*mET}$$

Um die nötigen Kilogramm an Sauerstoff pro Tag für die Bilanzierung zu erhalten, musste folgender Zusammenhang hergestellt werden.

$$m_{Gebläse,O_2} = x_{Abwasser} * ET_{Ams} * V_{Gesamt} = 9,9 \frac{gO_2}{Nm^3*mET} * 6m * 92539 \frac{Nm^3}{d} = 5503kgO_2/d$$

– Bedarf an Sauerstoff

Der nötige Sauerstoffbedarf konnte grob über die CSB und N Schmutzfracht im Zulauf abgeschätzt werden.

CSB

Als Faustformel für den CSB konnten rund 40% des Zulaufs als nötige O_2 -Menge angenommen werden. Im Musterbeispiel berechnete sich die O_2 -Menge wie folgt.

$$B_{CSB,Zulauf GAV} = 12366kg/d$$

$$m_{Bedarf,O_2,CSB} = 0,4 * B_{CSB,Zulauf GAV} = 0,4 * \frac{12366kg}{d} = 4947kgO_2/d$$

N

Die Stickstofffracht des Zulaufs musste um 10% reduziert werden, da diese bereits in der Vorklä rung abgezogen wurden. Über das Trübwasser der Schlammfilterpressen kam wieder ein Teil zurück in das System. Dieser Beitrag konnte mit 15% des Zulaufs abgeschätzt werden.

$$B_{N,Zulauf GAV} = 531kg/d$$

$$B_{N,GAV} = -B_{N,Zulauf GAV} * 0,1 + B_{N,Zulauf GAV} * 1,15 = -531 \frac{kg}{d} * 0,1 + 531 \frac{kg}{d} * 1,15 = 557,3kg/d$$

Bei der Nitrifikation sind $4,6 mg O_2/mg N$ notwendig, um NH_4-N in NO_3-N umzuwandeln. Hingegen werden bei der Denitrifikation $2,9 mg O_2/mg N$ bei der Umwandlung von NO_3 zu N_2 frei. In Summe ergeben sich $1,7 mg O_2/mg N$, die in das System eingetragen werden mussten. Die Menge an Sauerstoff für die Stickstoffreinigung ergab sich wie folgt.

$$m_{Bedarf,O_2,N} = 1,7 * B_{N,GAV} = 1,7 * \frac{557,3kg}{d} = 947,4kg O_2/d$$

Die Gesamtsumme des nötigen Sauerstoffbedarfs ergab sich zu:

$$m_{\text{Bedarf},O_2} = m_{\text{Bedarf},O_2,CSB} + m_{\text{Bedarf},O_2,N} = 4947 \text{ kgO}_2/\text{d} + 947,4 \text{ kgO}_2/\text{d} = 5894 \text{ kgO}_2/\text{d}$$

Da die gesamte Bedarfsermittlung eine grobe Abschätzung darstellte, wurden noch 20% des berechneten Bedarfs als Sicherheit einbezogen.

$$M_{\text{Bedarf},O_2} = m_{\text{Bedarf},O_2} * 1,2 = 5894 \text{ kgO}_2/\text{d} * 1,2 = 7073 \text{ kgO}_2/\text{d}$$

– Bilanz

Für die Bilanzierung wurde der Bedarf von der Leistung der Gebläse abgezogen. Bei einem positiven Ergebnis konnte die eingebrachte Sauerstoffmenge als ausreichend angesehen werden. In dem angeführten Beispiel vom 1.1.2007 ergab die Bilanzierung mit $-1569 \text{ kgO}_2/\text{d}$ ein negatives Ergebnis, was einen zu geringen Sauerstoffeintrag für diesen Tag bedeutete.

$$\Delta m_{O_2} = m_{\text{Gebläse},O_2} - M_{\text{Bedarf},O_2} = 5503 \text{ kgO}_2/\text{d} - 7073 \text{ kgO}_2/\text{d} = -1569 \text{ kgO}_2/\text{d}$$

Die Bilanzierung wurde für den gesamten Datensatz von 2007 bis 2011 berechnet und findet sich in der Spalte HS der Tabelle 1 im Excel-File „GAV Datenanalyse.xlsm“ wieder. In der Abbildung 21 wird die Sauerstoffbilanzierung mit der Ammoniumkonzentration im Ablauf verglichen.

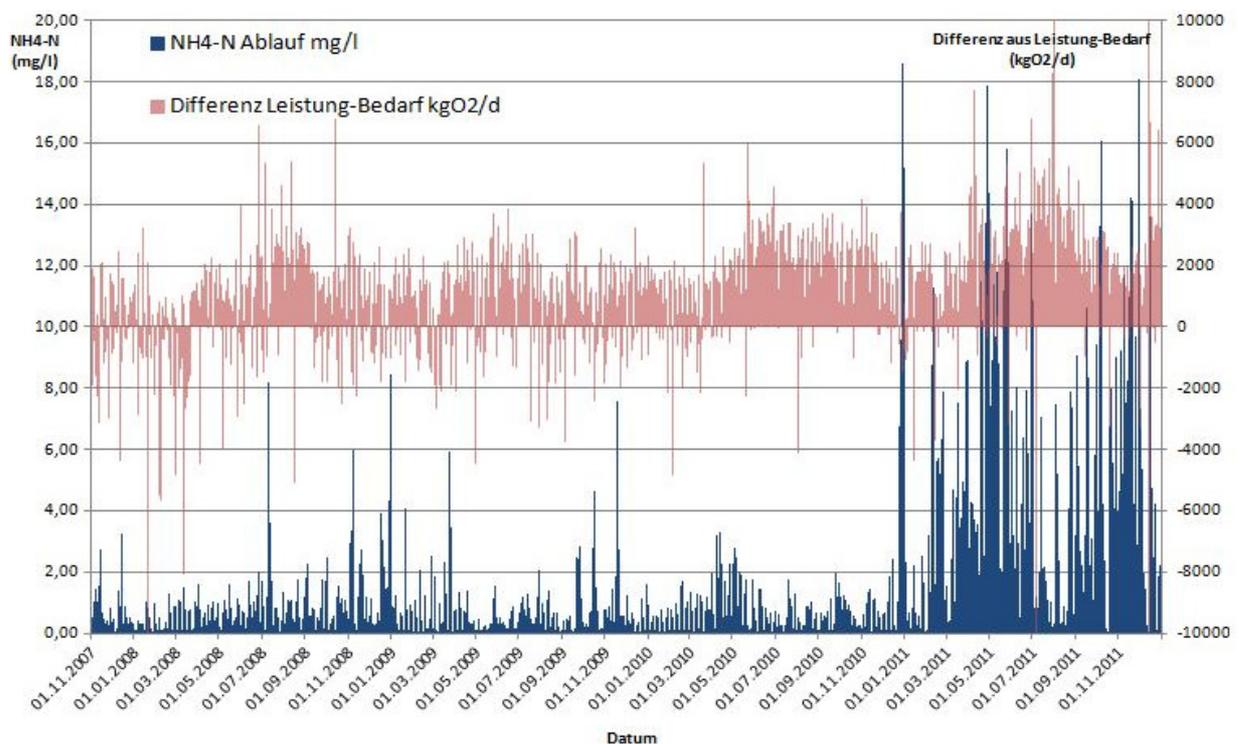


Abbildung 21: Gegenüberstellung Sauerstoffbilanz (kgO_2/d) und $\text{NH}_4\text{-N}$ Ablauf (mg/l)

Die Gegenüberstellung zeigt, dass sich das Muster nur geringfügig über den gesamten Untersuchungszeitraum geändert hat. Außerdem scheint, dass der Sauerstoffeintrag ausreichend war, jedoch wurden in dieser Berechnung nur gemittelte Tageswerte berücksichtigt und es konnte nicht auf eine bedarfsorientierte Belüftung aufgrund des Tagesgangs der Zulauftrachten eingegangen werden.

HINWEIS: Bei der Berechnung wurde die Materialübernahmestelle der Kläranlage nicht berücksichtigt, da im Vergleich zur Gesamtmenge von rund 20.000 m^3 die tägliche Materialübernahme von rund 50 m^3 zu vernachlässigen war.

HINWEIS: Ab Mai 2011 war ein markanter Fehler in der Aufzeichnung der Gebläsebetriebsstunden zu erkennen. Ab diesem Zeitpunkt wurden teilweise 28

Ergebnisse

Betriebsstunden pro Tag und Gebläse aufgezeichnet. Um den Fehler einigermaßen auszugleichen, wurden alle Aufzeichnungen über 24 Betriebsstunden auf 24 festgesetzt.



4.3 Auswertung der Schlammanalysen

In den folgenden Tabellen 19 bis 25 wurden alle Schlammanalysen der Kläranlage des GAVs, welche im Zeitraum April 2005 bis Jänner 2012 erstellt wurden, ausgewertet. Die originalen Schlammanalysen liegen in der Kläranlage des GAVs auf.

Tabelle 19: Morphologie der Schlammflocke

Datum	Firma	Geruch	Farbe	Flockengröße	Struktur	Fädigkeit	ISV rel. Fädigkeit
2005-04-05	ACAT	-	-	-	Kompakt bis locker	-	3-4
2005-08-11	ACAT	-	-	-	Kompakt bis locker	-	3-4
2005-12-01	ACAT	-	-	-	Kompakt bis locker	-	3-4
2006-03-22	ACAT	-	-	-	Sehr kompakt	-	2-3
2007-01-23	ACAT	-	-	150-500	Locker strukturiert, leicht abgerundet	-	5-6
2007-01-29	ACAT	-	-	150-500	Kräftig, kompakt, unregelmäßig geformt locker strukturiert, leicht abgerundet lange Fäden aus Flocke herausragend	-	5-6
2007-02-05	ACAT	-	-	150-500	Kräftig, kompakt, unregelmäßig geformt locker strukturiert, leicht abgerundet lange Fäden aus Flocke herausragend	-	5-6
2007-02-13	ACAT	-	-	150-500	Kräftig, kompakt, unregelmäßig geformt lange Fäden aus Flocke herausragend Fäden vornehmlich in Flocke verknäult	-	5
2007-02-23	ACAT	-	-	150-500	Kräftig, kompakt, unregelmäßig geformt lange Fäden aus Flocke herausragend Fäden vornehmlich in Flocke verknäult	-	4-5
2007-03-06	ACAT	-	-	150-500	Kräftig, kompakt, unregelmäßig geformt kurze Fäden aus Flocke herausragend lange Fäden aus Flocke herausragend Fäden vornehmlich in Flocke verknäult	-	4-5
2007-03-19	DonauChemie	-	-	150, 150-500	Kräftig, Umriss unregelmäßig, kompakt ++ schwach, Umriss unregelmäßig +	4-5	-
2007-03-20	ACAT	-	-	150-500	Kräftig, kompakt, unregelmäßig geformt kurze Fäden aus Flocke herausragend lange Fäden aus Flocke herausragend Fäden vornehmlich in Flocke verknäult	-	4
2007-11-12	DonauChemie	-	-	150, 150-500	Kräftig, Umriss unregelmäßig, kompakt ++	3-4	-
2008-03-20	VTA	Erdig	Dunkelbraun	Alle Größen	Unregelmäßig, ausgefranst, vernetzt	3	5-6
2008-04-11	VTA	Unauffällig	Braun	Alle Größen, Agglomerate	Offen bis kompakt, ausgefranst, tlw. Vernetzt	2-3	4-5
2008-05-15	VTA	Unauffällig	Braun	Alle Größen, Agglomerate	Unregelmäßig, ausgefranst, tlw. Vernetzt	2-3	5

Ergebnisse

2008-06-24	VTA	Unauffällig	Mittelbraun	Alle Größen	Locker mit kompakten Kernen	3	6
2008-06-30	VTA	Unauffällig	Braun	Alle Größen	Vernetzt, offene und kompakte Bereiche	3	6
2008-07-07	VTA	Unauffällig	Grau-braun	Meist Agglomerate, aber auch kleine	Offen mit kompakten Bereichen	3	5-6
2008-07-15	VTA	Unauffällig	Bräunlich	Alle Größen	Flockenbildung, unregelmäßig, viele kompakte Bereiche, vereinzelt freie Fäden, tlw. Angefault, sporadisch Zerfall	3	5-6
2011-04-11	VTA	Unauffällig	Graubraun, trüb	Alle Größen, oft vernetzt	Stark fädig, locker-offen mit kleinen kompakten Kernen, tlw. Kompakte Flocken, tlw. Instabil	3	5-6
2011-04-27	VTA	Unauffällig	Grau, leicht braun, trüb	Meist vernetzte Agglomerate	Offen mit kompakten Kernbereichen, stark fädig	3	5-6
2011-05-02	DonauChemie	-	-	150	Kräftig, Umriss unregelmäßig ++ schwach, Umriss unregelmäßig + Agglomerate ++ offen + kompakt +	4	-
2011-06-08	DonauChemie	-	-	150	Kräftig, Umriss unregelmäßig ++ schwach, Umriss unregelmäßig + Agglomerate ++ offen ++ kompakt +	3(-4)	-
2011-06-16	DonauChemie	-	-	150	Kräftig, Umriss unregelmäßig ++ schwach, Umriss unregelmäßig + Agglomerate ++ offen ++ kompakt +	3(-4)* *Schaum	-
2011-06-30	DonauChemie	-	-	150	Kräftig, Umriss unregelmäßig ++ schwach, Umriss unregelmäßig + Agglomerate ++ offen ++ kompakt +	3(-4)	-
2011-07-12	DonauChemie	-	-	150	Kräftig, Umriss unregelmäßig ++ schwach, Umriss unregelmäßig + Agglomerate ++ offen + kompakt +	3(-4)	-
2011-08-08	DonauChemie	-	-	150	Kräftig, Umriss unregelmäßig ++ schwach, Umriss unregelmäßig + Agglomerate ++ offen + kompakt +	3(-4)	-
2011-11-15	VTA	Unauffällig	Graubraun	Meist vernetzte Agglomerate	Stark fädig, offen bis kompakt, mehr Fäden als Flocken	4	6-7

Ergebnisse

2011-11-22	DonauChemie	-	-	150	Kräftig, Umriss unregelmäßig ++ schwach, Umriss unregelmäßig + Agglomerate ++ offen + kompakt +	4(-5)	-
2011-11-30	VTA	Stumpf	Grau, leicht bräunlich	Stark vernetzte Agglomerate	Kleine kompakte Einheiten, fallweise größere kompakte Bereiche, massenhaft Fäden	4	6-7
2011-12-13	VTA	Stumpf	Grau-hellbraun	Vernetzte Struktur, Flockenbildung erkennbar	Stark fädig, kleine kompakte Einheiten, fallweise größere kompakte Bereiche	4	6-7
2012-01-04	VTA	Nach Altpapier	Graubraun	Alle Größen	Stark fädig, offene und kompakte Bereiche	3	6-7



Tabelle 20: Fadenförmige Bakterien

Datum	Firma	H. hydro- ssis	Microth- rix parv.	Nosto- coida I	Nostoc- oida II	Nostoc- oida III	Thio- thrix sp.	Typ 0041/0 675	Typ 0092	Typ 021N	Typ 0803	Typ 1701	Typ 1851	„Strep- tococ- cus	Typ 058 1	Beggiat- oa sp.	Haliscom- enobacte- r h.
2005-04-05	ACAT							0	XX	0							
2005-08-11	ACAT							0X	XX	0X							
2005-12-01	ACAT		0	0	0	0		0	XX								
2006-03-22	ACAT		0					0	0X								
2007-01-23	ACAT		0					0		XX							
2007-01-29	ACAT		0					0		XX							
2007-02-05	ACAT		0					0		XX							
2007-02-13	ACAT		0					0		XX							
2007-02-23	ACAT		0					0		X							
2007-03-06	ACAT		0					0		X							
2007-03-19	DC		X	0				0									
2007-03-20	ACAT		0					0		X							
2007-11-12	DC		0					0							0		
2008-03-20	VTA		0X/XX*	(0)		0		0X/0*	X/0X*	(0)			X/0*				
2008-04-11	VTA		0X/X*	0X/0*		0		0	X/X*	0/(0)*			0/0*				
2008-05-15	VTA		(0)	X		(0)		(0)	XX				X				
2008-06-24	VTA		(0)/0*	0X/0*		(0)		0/0*	XX/XX*				0/0*				
2008-06-30	VTA	(0)	(0)			0X/0X*	(0)	0/0*	XX/XX*	(0)			X/X*			(0)	
2008-07-07	VTA		0/0*	0X/0X*				(0)/(0)*	XX/XX*				0/0X*				
2008-07-15	VTA	(0)/0*				0X/0X*		(0)/(0)*	XX/XX*				0X/0X*			(0)	
2011-04-11	VTA	(0)	0/0*	0/0*	X/0X*	0		0/0*	XX/XX*				(0)/(0)*	(0)			
2011-04-27	VTA	(0)	0/0X*	0/(0)*	X/X*	0	(0)	(0)	XX/XX*		0X/0*		0X/0*	(0)			
2011-05-02	DC		X					0		0		0					
2011-06-08	DC		X							0		0					0
2011-06-16	DC		X							0		0					0
2011-06-30	DC		X					0									0
2011-07-12	DC		X					0									
2011-08-08	DC		X/0	0				0		0			0				0
2011-11-15	VTA	(0)	0/0X*	0/0X*	XX/XX*	(0)		(0)	XX/XX*	(0)	0/(0)*	(0)	(0)/(0)*				
2011-11-22	DC		0	0				0		X		0		0			
2011-11-30	VTA		0/0X*	0/0*	X/X*				XX/XX*		0X/0*		0/0*				
2011-12-13	VTA	(0)	0		X	0		(0)	XX		0		(0)	(0)			
2012-01-04	VTA	0X/X*		X/X*	0			0	XX/XX*	(0)	(0)		0	(0)			

DC...DonauChemie



Tabelle 22: Flagellaten

Datum	Firma	Kleine Zooflagellaten (<10µm)	Weitere Zooflagellaten (>10µm)	Peranema sp.
2005-04-05	ACAT		k.A.	
2005-08-11	ACAT		k.A.	
2005-12-01	ACAT		k.A.	
2006-03-22	ACAT		k.A.	
2007-01-23	ACAT		k.A.	
2007-01-29	ACAT		k.A.	
2007-02-05	ACAT		k.A.	
2007-02-13	ACAT		k.A.	
2007-02-23	ACAT		k.A.	
2007-03-06	ACAT		k.A.	
2007-03-19	DonauChemie			
2007-03-20	ACAT		k.A.	
2007-11-12	DonauChemie			
2008-03-20	VTA	+-	+	
2008-04-11	VTA	+-		(+-)
2008-05-15	VTA		k.A.	
2008-06-24	VTA	+		
2008-06-30	VTA	+	+	
2008-07-07	VTA	(+-)		
2008-07-15	VTA		(+-)	
2011-04-11	VTA		(+-)	(+-)
2011-04-27	VTA	(+-)		
2011-05-02	DonauChemie		k.A.	
2011-06-08	DonauChemie		k.A.	
2011-06-16	DonauChemie		k.A.	
2011-06-30	DonauChemie		k.A.	
2011-07-12	DonauChemie		k.A.	
2011-08-08	DonauChemie		k.A.	
2011-11-15	VTA	+		(+-)
2011-11-22	DonauChemie		k.A.	
2011-11-30	VTA		(+-)	+-
2011-12-13	VTA		(+-)	+-
2012-01-04	VTA	(+-)	+	(+-)



Tabelle 23: Amöben

Datum	Firma	Nacktamöben	Schalenamöben (Arcella)	Schalenamöben (Euglypha)	Schalenamöben (Pyxidicula)
2005-04-05	ACAT			k.A.	
2005-08-11	ACAT			k.A.	
2005-12-01	ACAT			k.A.	
2006-03-22	ACAT			k.A.	
2007-01-23	ACAT			k.A.	
2007-01-29	ACAT			k.A.	
2007-02-05	ACAT			k.A.	
2007-02-13	ACAT			k.A.	
2007-02-23	ACAT			k.A.	
2007-03-06	ACAT			k.A.	
2007-03-19	DonauChemie				
2007-03-20	ACAT			k.A.	
2007-11-12	DonauChemie				
2008-03-20	VTA		+		
2008-04-11	VTA	+ -	+++	+ -	
2008-05-15	VTA			k.A.	
2008-06-24	VTA	(+ -)	++	+ -	
2008-06-30	VTA		+	+	
2008-07-07	VTA	+ -	++	+	
2008-07-15	VTA	(+ -)	+++	++	
2011-04-11	VTA	+	+++	+	
2011-04-27	VTA	+ -	+++	+ -	+
2011-05-02	DonauChemie			k.A.	
2011-06-08	DonauChemie			k.A.	
2011-06-16	DonauChemie			k.A.	
2011-06-30	DonauChemie			k.A.	
2011-07-12	DonauChemie			k.A.	
2011-08-08	DonauChemie			k.A.	
2011-11-15	VTA	+ -	++++		
2011-11-22	DonauChemie			k.A.	
2011-11-30	VTA	+ -	+++	+ -	
2011-12-13	VTA	++	++++	(+ -)	
2012-01-04	VTA	+++	++++	(+ -)	



Tabelle 24: Mehrzeller

Datum	Firma	Rotatorien	Nematoden	Bärtierchen
2005-04-05	ACAT		k.A.	
2005-08-11	ACAT		k.A.	
2005-12-01	ACAT		k.A.	
2006-03-22	ACAT		k.A.	
2007-01-23	ACAT		k.A.	
2007-01-29	ACAT		k.A.	
2007-02-05	ACAT		k.A.	
2007-02-13	ACAT		k.A.	
2007-02-23	ACAT		k.A.	
2007-03-06	ACAT		k.A.	
2007-03-19	DonauChemie			
2007-03-20	ACAT		k.A.	
2007-11-12	DonauChemie			
2008-03-20	VTA	+	(+-)	
2008-04-11	VTA	+-		
2008-05-15	VTA		k.A.	
2008-06-24	VTA	+-		(+-)
2008-06-30	VTA	(+-)		
2008-07-07	VTA	+		
2008-07-15	VTA	(+-)		(+-)
2011-04-11	VTA	+-		
2011-04-27	VTA	+-		
2011-05-02	DonauChemie		k.A.	
2011-06-08	DonauChemie		k.A.	
2011-06-16	DonauChemie		k.A.	
2011-06-30	DonauChemie		k.A.	
2011-07-12	DonauChemie		k.A.	
2011-08-08	DonauChemie		k.A.	
2011-11-15	VTA	+-		
2011-11-22	DonauChemie		k.A.	
2011-11-30	VTA	(+-)		
2011-12-13	VTA	+		
2012-01-04	VTA	+		



Tabelle 25: Sonstige Bakterien

Datum	Firma	Freie Bakterien	Zoogloea sp.	Spirochäten	Spirillen	Sarcina sp.
2005-04-05	ACAT			k.A.		
2005-08-11	ACAT			k.A.		
2005-12-01	ACAT			k.A.		
2006-03-22	ACAT			k.A.		
2007-01-23	ACAT			k.A.		
2007-01-29	ACAT			k.A.		
2007-02-05	ACAT			k.A.		
2007-02-13	ACAT			k.A.		
2007-02-23	ACAT			k.A.		
2007-03-06	ACAT			k.A.		
2007-03-19	DonauChemie	+	-	-	-	
2007-03-20	ACAT			k.A.		
2007-11-12	DonauChemie	++	-	-	-	
2008-03-20	VTA	+-		(+-)		(+-)
2008-04-11	VTA	+-		+*	+-	+
2008-05-15	VTA			k.A.		
2008-06-24	VTA	+*		+	+	+
2008-06-30	VTA	+-		+		+-
2008-07-07	VTA	+-	(+-)	+	(+-)	
2008-07-15	VTA	+-		+	++	+/*
2011-04-11	VTA	++		+		
2011-04-27	VTA	+	(+-)	+-		+
2011-05-02	DonauChemie	+				
2011-06-08	DonauChemie	+				
2011-06-16	DonauChemie	+				
2011-06-30	DonauChemie	+				
2011-07-12	DonauChemie	+				
2011-08-08	DonauChemie	+				
2011-11-15	VTA	+		+-		+-
2011-11-22	DonauChemie	+				
2011-11-30	VTA	++		+-		
2011-12-13	VTA	+		+-		
2012-01-04	VTA	+	(+-)	+-		+

Fazit der Datenauswertung der Schlammanalysen

Leider wurden die Ziele der Schlammuntersuchungen nicht einheitlich definiert und deshalb gab es auch relativ große Unterschiede bei der Angabe der Informationen zwischen den einzelnen Firmen und deren Berichten. Trotzdem wird in den folgenden Zeilen versucht die Veränderungen des Schlammes im Laufe der betrachteten Zeitspanne von April 2005 bis Jänner 2012 kurz zusammenzufassen.

Der Geruch des Schlammes veränderte sich über den Betrachtungszeitraum von erdig und unauffällig hin zu einem stumpfen, und nach Altpapier riechendem Schlamm. Der Farbton des Schlammes blieb über den betrachteten Zeitraum relativ konstant bei mittelbraun bis graubaun. Die Größe der Schlammflocken schwankte zwischen kleinen (<150µm) bis hin zu mittelgroßen (150-500µm) Strukturen, wobei im Zuge der letzten Untersuchungen vermehrt vernetzte Agglomerate gefunden wurden. Auch in der Angabe der Struktureigenschaften wurde eine Verschlechterung des Zustandes ausgewiesen. In den Berichten war immer häufiger von unregelmäßigen, offenen und fädigen Strukturen die Rede. Die Kategorie der Fäden wurde zumeist mit 3 bzw. 4 angegeben. Eine Steigerung der relativen Fädigkeit (ISV) war über die Jahre hinweg ebenfalls zu erkennen. Anfangs lag der Wert bei 3-4, welcher sich bis zum Jahre 2012 auf 6-7 verschlechterte.

Bei der Bestimmung der fadenförmigen Bakterien waren markante Unterschiede zwischen den Firmen zu erkennen. Im Zeitraum von 2005 bis März 2007 wurden von der Firma ACAT vor allem die Fadenbakterien des Typs 0092 und des Typs 021N als Hauptfäden identifiziert. Im März 2007 wurde der Belebtschlamm sowohl von der Firma ACAT als auch von der Firma DonauChemie analysiert. Die Firma ACAT wies wiederum den Typ 021N aus, hingegen stellte die Firma DonauChemie *Microthrix parv.* fest. Ab März 2008 wurden die Schlammuntersuchungen von der Firma VTA durchgeführt. Anfangs wurden sowohl *Microthrix parv.* als auch Typ 0092 als Hauptfäden identifiziert. Außerdem war eine hohe Artenvielfalt von fadenförmigen Bakterien festzustellen. Der Zustand blieb relativ konstant bis April 2011. Zwischen Mai 2011 und August 2011 wurden die Analysen wiederum von der Firma DonauChemie durchgeführt, die abermals nur *Microthrix parv.* ausgewiesen hatte. Im November 2011 folgte die nächste Begutachtung der Firma VTA, die neben dem *Microthrix parv.* wiederum den Typ 0092 und Nostocoida II identifiziert hat. Schlussendlich konnten die Typen *Microthrix parv.*, Typ 0092 und Nostocoida über den Beobachtungszeitraum am häufigsten nachgewiesen werden.

Bei dem Stamm der Ciliaten konnten eine Menge an verschiedenen Typen festgestellt werden. Zumeist gab jedoch nur die Firma VTA Auskunft über die gefundenen Arten. Am häufigsten wurden die Gruppe Vorticella und die Vertreter der Gruppe Aspidisca ausgewiesen. Relativ häufig wurden auch die Gruppen Carchesium sp., Epistylis sp., Sauginfusorien, Amphileptiden und Holophryiden gefunden.

Der Stamm der Flagellaten trat in mittlerer bis geringer Häufigkeit, sowohl als kleine, als auch als große Zooflagellaten auf. Wiederum waren nur Angaben von der Firma VTA erhältlich.

In großer Anzahl konnten auch Amöben festgestellt werden. Besonders Schalenamöben waren über den gesamten Untersuchungszeitraum sehr stark vertreten. Ab Ende November 2011 war auch ein vermehrtes Auftreten von Nacktamöben festzustellen.

Bei den Mehrzellern (Rotatorien, Nematoden und Bärtierchen) war eine gewisse Konstanz über die gesamte Periode festzustellen. Zumeist traten diese Arten in geringer bis mittlerer Häufigkeit auf.

Außerdem ist zu erwähnen, dass freie Bakterien konstant von 2007 bis 2012 in mittlerer Häufigkeit vorkamen. Außerdem konnten bei jeder Untersuchung der Firma VTA Spirochäten, Spirillen und Sarcina sp. mit mittlerer Häufigkeit nachgewiesen werden.

Anlagenspezifische Merkmale der Kläranlage des GAVs

Im Zuge der Datenanalyse im Absatz 4.1 konnten folgende, charakteristische Merkmale der Kläranlage des GAVs bestimmt werden.

- Kommunale Kläranlage
- Industrieller Einfluss (Molkerei, Papierfabrik, Wäscherei)
- Niedrige Schlammbelastung im Mittel
rund 0,12kgCSB/(kgTS*d) oder 0,07kgBSB₅/(kgTS*d)
- Niedriger Sauerstoffeintrag
- pH neutral, mit zeitweisen Spitzen verursacht durch das Trübwasser der Schlammpressvorgänge
- Ammoniumstöße, ebenfalls verursacht durch das Trübwasser der Schlammpressvorgänge
- Vermutlicher Eintrag von Fettsäuren

Mit Hilfe dieser charakteristischen Merkmale wurden Fadenbakterien in der Literatur gesucht, die bei diesen Umgebungsbedingungen bevorzugt auftreten. Dabei konnten folgende drei Fäden gefunden werden.

Microthrix parvicella (LEMMER, 1992)

- Kommunale Kläranlagen
- Industrieanlagen (z.B.: Papierindustrie, Wäschereien, Lebensmittelindustrie, Schlachthofanlagen mit erhöhtem Fettgehalt)
- Schlammbelastung 0,05-0,2kgCSB/(kgTS*d)
- Sauerstoffkonzentration sehr niedrig – Oxidationsgräben
- Keine Beeinflussung des Wachstums durch Sauerstoffgehalt (sehr niedrig bis hoch möglich)
- Stickstoffarme Bedingungen CSB:Stickstoff-Verhältnis 106:1
- Niedrige Temperaturen bis 22°C
- pH-Optimum bei 8 (über 7 erforderlich)
- Anwesenheit von langkettigen Fettsäuren
- Anwesenheit von reduzierten Stickstoff- und Schwefelverbindungen
- Niedrige Schlammbelastung mit relativ hohem Schlammalter
- Die Anwesenheit von nichtionischen, nichtabbaubaren, oberflächenaktiven Substanzen kann die Sauerstoffaufnahme und damit die Stoffwechselaktivität von *Microthrix parvicella* erhöhen.

Nostocoida limicola (LEMMER, 1992)

- Kommunale Kläranlagen
- Industrieanlagen (z.B.: Früchteindustrie, Molkerei)
- Schlammbelastung 0,2-0,3kgCSB/(kgTS*d)
- Stickstoffarme Bedingungen CSB:Stickstoff-Verhältnis 106:1

Typ 0092 (LEMMER, 1992)

- Lebensmittelindustrie (z.B.: Molkerei, Brauerei, Fleisch-, Geflügel-, Kartoffel- und Früchteindustrie)
- Schlammbelastung 0,05-0,26kgCSB/(kgTS*d) (vor allem niedrige Belastung)
- Sauerstoffgehalt von 2,6mg/l
- Ähnliche Milieu- und Substratbedingungen wie *Microthrix parvicella*, jedoch nicht auf reduzierte Stickstoff- und Schwefelverbindungen angewiesen

Vergleicht man die gefundenen Fadenbakterien der Literaturrecherche mit denen der Schlammanalysen, ist eine deutliche Übereinstimmung festzustellen.



4.4 Auswertung der Schlammanalysen an der Universität für Bodenkultur

4.4.1 Schwimmschlammprobe 3.11.2011

Betriebsparameter in der Kläranlage des GAVs

Anfang des Oktobers 2011 wurden innerhalb von zwei Tagen 30.000 Liter Kalkmilch (Mischungsverhältnis Kalk:Wasser=1:20) nach dem Vorklärbecken zudosiert. Dadurch sollte der Anteil an Fadenbakterien deutlich reduziert werden. Nachdem dieser Versuch ohne Erfolg blieb, wurde am 2. November eine 18 tägige Eisendosierung gestartet, die dasselbe Ziel verfolgte.

Im gesamten Oktober 2011 konnte eine sehr hohe Reinigungsleistung bei den Parametern CSB, BSB und P erzielt werden (>90%). Im Gegensatz dazu lag der Wirkungsgrad beim Gesamtstickstoff am Anfang des Monats nur bei 40% und erhöhte sich bis zum Ende des Monats auf 90%. Die Schlammbelastung war in diesem Zeitraum zwischen 0,10 und 0,15kgCSB/kgTS. Die theoretische Berechnung der Sauerstoffbilanz im Kapitel 4.2.6 ließ auf eine ausreichende Sauerstoffversorgung schließen. Aufgrund der fehlenden Messdaten konnte jedoch keine Sauerstoffkonzentration in den Becken ausgewiesen werden.

Bei einer durchschnittlichen Trockensubstanz von 4,4g/l und einem Schlammvolumen von 1000ml/l lag der Schlammindex theoretisch im Mittel bei rund 225ml/g. Realistisch betrachtet, war der Schlammindex noch höher, da bei der Messung des Schlammvolumens eine Obergrenze von 1000ml/l angesetzt wurde.

Analyse

Die Analysen der Schlammproben vom 3.11.2011 wurden im Chemielabor des Instituts für Siedlungswasserbau, Industrierewasserwirtschaft und Gewässerschutz (SIG) der Universität für Bodenkultur durchgeführt und haben folgende Werte ergeben (Tabelle 26).

Tabelle 26: Ergebnisse des Schwimmschlammes des Beckens B1 vom 03.11.2011

Probenbezeichnung	TS	TOC	P
	%	g/kg	g/kg)
Schwimmschlamm B1	5,8	13,8	0,90
Schwimmschlamm B1 von der Ecke (eingedickter Schlamm)	7,9	26,9	0,98

4.4.2 Schlammprobe 8.11.2011

Betriebsparameter in der Kläranlage des GAVs

Der Zustand in der Kläranlage während der Probenahme kann aus dem vorangegangenen Kapitel 4.4.1 entnommen werden. Zusätzlich wird noch auf die ersten Novembertage eingegangen. Die Abbauleistung von BSB, CSB und P lag wiederum über 90%. Der Wirkungsgrad bei der Stickstoffreinigung war mit 65% relativ gering. Die Schlammbelastung war in diesem Zeitraum zwischen 0,10 und 0,15kgCSB/(kgTS*d).

Mittlerweile wurde die Messung des Schlammvolumens verbessert, sodass auch Werte über 1000ml/l möglich wurden. Der Mittelwert des Schlammvolumens lag nun bei 2500ml/l. Dies ergab bei einer Trockensubstanz von 4,4g/l einen Schlammindex von 570ml/g.

Analyse

Die, in der Schlammprobe vom 8.11.2011 vorhandenen, Fadenbakterien sollten mittels Gram- und Neisser-Färbung im Mikrobiologielabor des Instituts für Siedlungswasserbau, Industriewasserwirtschaft und Gewässerschutz (SIG) der Universität für Bodenkultur bestimmt werden.

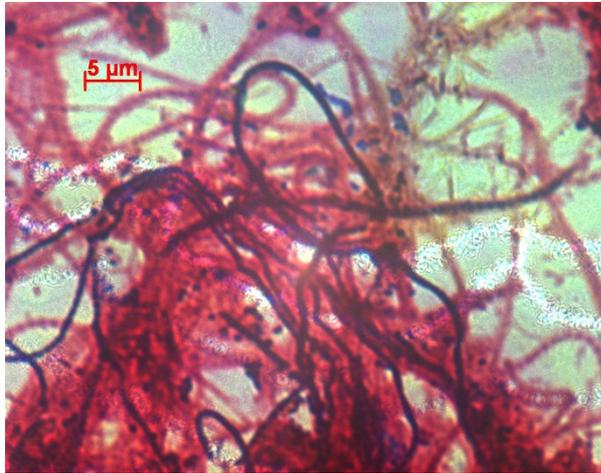


Abbildung 22: Gram-Färbung der Schwimmschlammprobe des Beckens C1 vom 08.11.2011

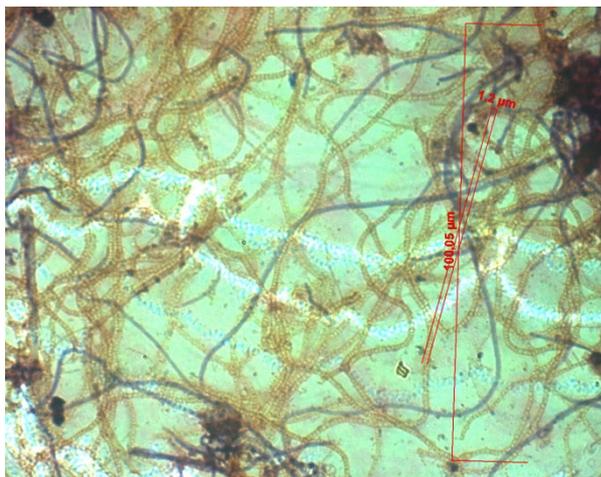


Abbildung 23: Neisser-Färbung der Schwimmschlammprobe des Beckens C1 vom 08.11.2011

Die rote gramnegative Färbung in der Abbildung 22 und die hellbraune neisser-negativ Färbung in der Abbildung 23 deuteten auf das Bakterium Typ 021N und die rote gramnegativ Färbung und die blaugraue neisser-positiv Färbung auf den Bakterium Typ 0092 hin. Des Weiteren deutete die blaue grampositiv Färbung auf Nostocoida hin.

4.4.3 Schlammprobe vom 14.2.2012

Betriebsparameter in der Kläranlage des GAVs

Nachdem sowohl die Zugabe von Kalkmilch als auch die Eisendosierung erfolglos war, wurde ab 22. November 2011 der Ladungsträger „VTA L81/50QX“ der Firma VTA hinzugefügt. Dabei kamen bis zum 3. Jänner 2012 täglich rund 1000 kg zum Einsatz. Aufgrund der deutlichen Reduktion des Schlammindex (von rund 600g/ml auf 250g/ml) konnte die Menge an Ladungsträger ab 3. Jänner 2012 auf 750kg pro Tag reduziert werden. Ab Anfang Februar kam es zur erneuten Reduktion der Menge an Ladungsträger auf 550kg pro Tag. Gleichzeitig blieb der Schlammindex relativ konstant bei rund 250g/ml. Die Abbauleistung von BSB, CSB und P lag wiederum über 90%. Der Wirkungsgrad bei der Stickstoffreinigung unterlag großen

Schwankungen zwischen 50 und 90%. Die Schlammbelastung wurde im Laufe des Dezembers auf einen relativ konstanten Wert von 0,15kgCSB/ (kgTS*d) gesteigert. Auch für die Monate Dezember, Jänner und Februar konnte eine positive Sauerstoffbilanz theoretisch errechnet werden. Aufgrund der fehlenden Messdaten konnte jedoch erneut keine Sauerstoffkonzentration ausgewiesen werden.

Das Schlammvolumen konnte von Werten über 3000ml/l Ende November auf rund 750ml/l Anfang Februar reduziert werden. Gleichzeitig wurde auch die Trockensubstanz von rund 5,2g/l auf 4,0g/l gesenkt, weshalb die Reduzierung des Schlammindex (von rund 600g/ml auf 250g/ml) nicht so stark wie beim Schlammvolumen ausfiel.

Analyse

Am Dienstag, den 14. Februar 2012, wurde um 15:00 Uhr eine Schlammprobe aus dem Belebungsbecken der Kläranlage des GAVs entnommen. Anschließend wurde eine mikrobiologische Schlammanalyse am Institut für Siedlungswasserbau, Industriewasserwirtschaft und Gewässerschutz (SIG) der Universität für Bodenkultur durchgeführt.

Die schlammspezifischen Parameter wurden im Zuge dieser Untersuchung an der Universität nicht bestimmt. Allerdings konnten diese von der täglichen Aufzeichnung der Kläranlage des GAVs entnommen werden. Das Schlammvolumen lag bei 680ml/l, die Schlamm Trockensubstanz bei 3,9mg/l und der Schlammindex bei 175ml/g.

Die Beschaffenheit der Schlammprobe wird in der Tabelle 27 zusammengefasst.

Tabelle 27: Beschaffenheit der Schlammprobe vom 14.2.2012

Farbe	mittelbraun
Geruch	leicht faulig
Gestalt	unregelmäßig
Festigkeit	schwach
Struktur	offen, ohne Zentren
Größe	relativ kleine Flocken, über Fäden vernetzt;
Fädigkeit	Kategorie 3-4

Die Abbildungen 24 und 25 geben einen Überblick über die Schlammbeschaffenheit.

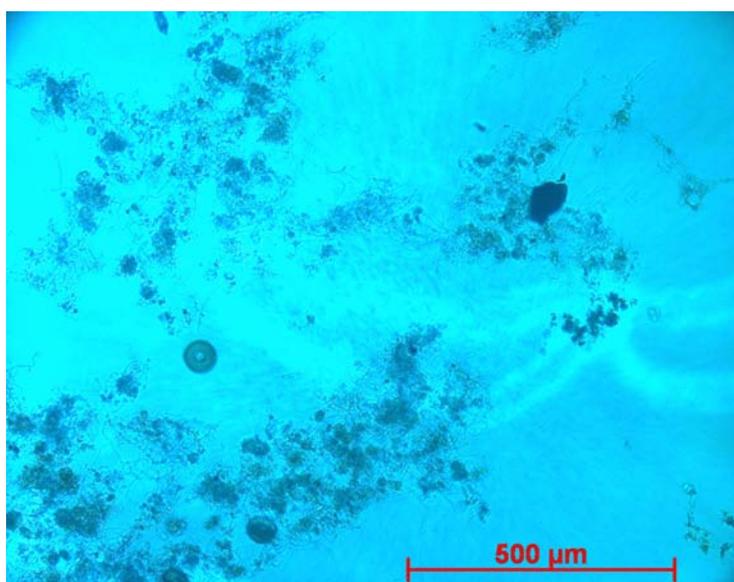


Abbildung 24: Beschaffenheit der Schlammprobe 1 (14.2.2012)

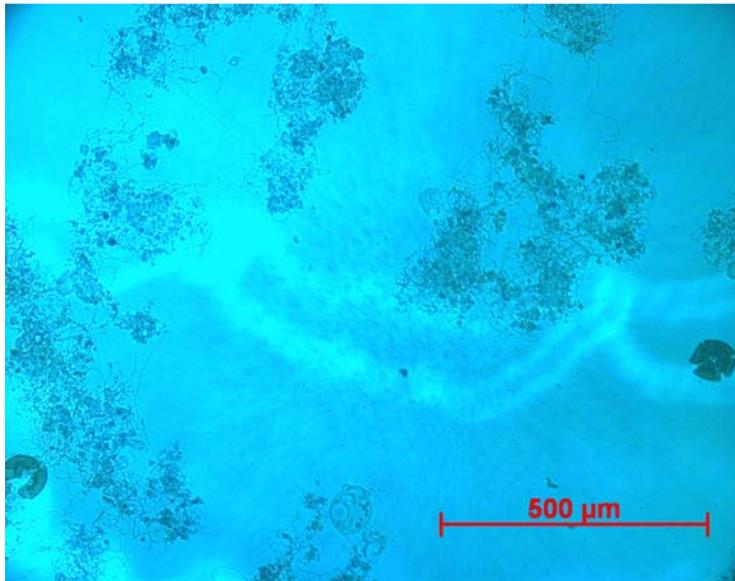


Abbildung 25: Beschaffenheit der Schlammprobe 2 (14.2.2012)

Außerdem wurde eine Bestimmung der Mikroorganismen vorgenommen, wobei hauptsächlich auf die Häufigkeit der verschiedenen Stämme geachtet wurde und auf die genaue Bestimmung der verschiedenen Arten und Gattungen nicht eingegangen wurde.

Die Tabelle 28 fasst die Gruppe der Ciliaten zusammen, welche in den Abbildungen 26 und 27 dargestellt werden.

Tabelle 28: Ausweisung der Häufigkeit von Ciliaten (14.2.2012)

Ciliaten	
Festsitzend	+++
Kriechend	+
Freischwimmend	+

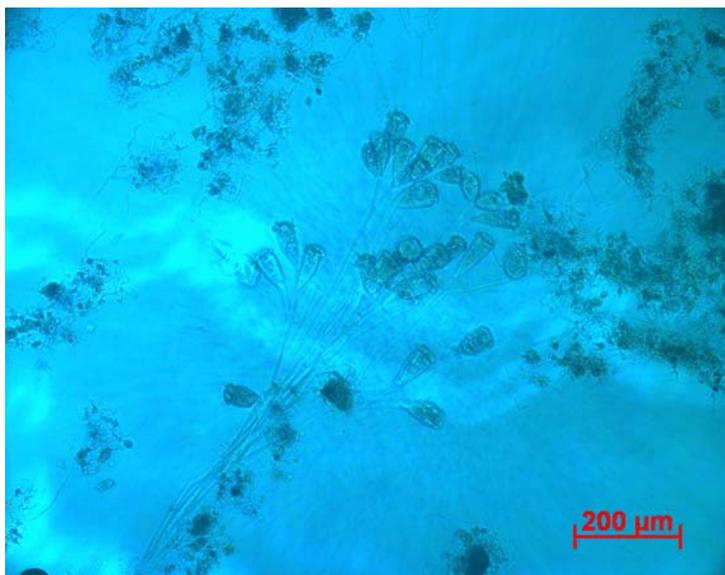


Abbildung 26: Festsitzende Ciliaten (14.2.2012)

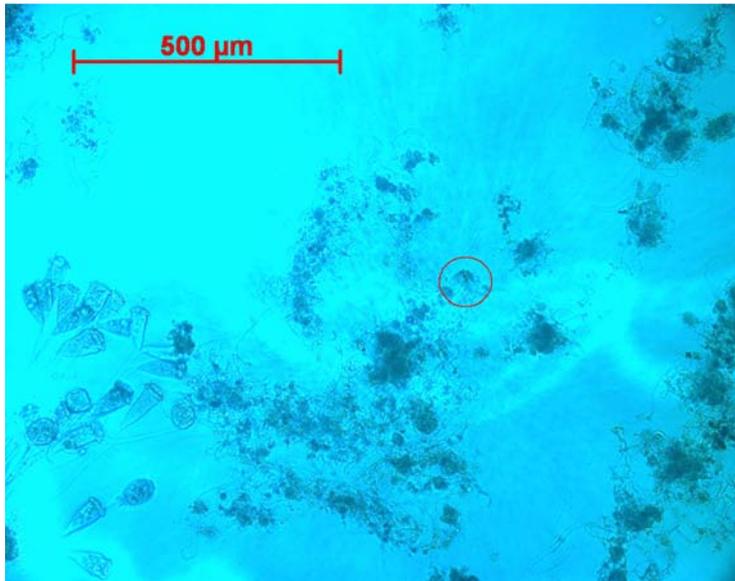


Abbildung 27: Kriechende Ciliaten (14.2.2012)

In der Tabelle 29 ist die Häufigkeit der Flagellaten angegeben.

Tabelle 29: Ausweisung der Häufigkeit von Flagellaten (14.2.2012)

Flagellaten	-+
-------------	----

Die Häufigkeiten der Rotatorien und Nematoden finden sich in der Tabelle 30 wider. Außerdem zeigt die Abbildung 28 Beispiele von Rotatorien und Amöben.

Tabelle 30: Ausweisung der Häufigkeit von Rotatorien und Nematoden (14.2.2012)

Rotatorien	++
Nematoden	-

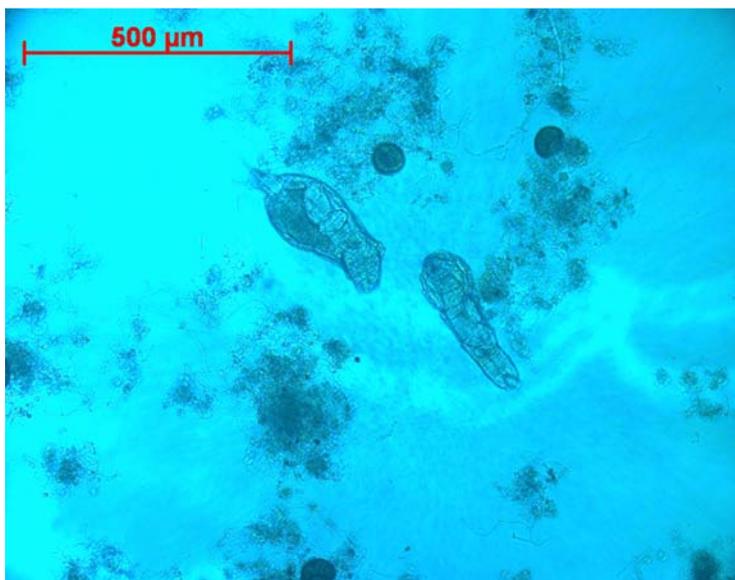


Abbildung 28: Rotatorien (ellipsenförmige Körper), Amöben (dunkle, kreisförmige Körper), (14.2.2012)

Der Tabelle 31 kann die Häufigkeit von Amöben entnommen werden.

Tabelle 31: Ausweisung der Häufigkeit von Amöben (14.2.2012)

Amöben	++
--------	----

Aufgrund der auffällig, hohen Fädigkeit des Schlammes wurden die Gram- und Neisser-Färbung zur Bestimmung der Fadenbakterien durchgeführt.

Gram-Färbung

Die folgenden drei Abbildungen 29, 30 und 31 zeigen mikroskopische Aufnahmen der Schlammproben nach der Gram-Färbung.

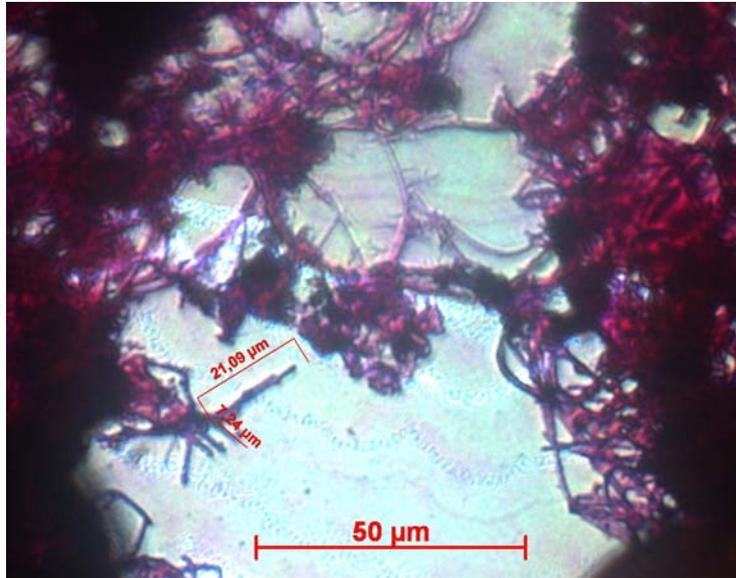


Abbildung 29: Gram Färbung 1 (14.2.2012)

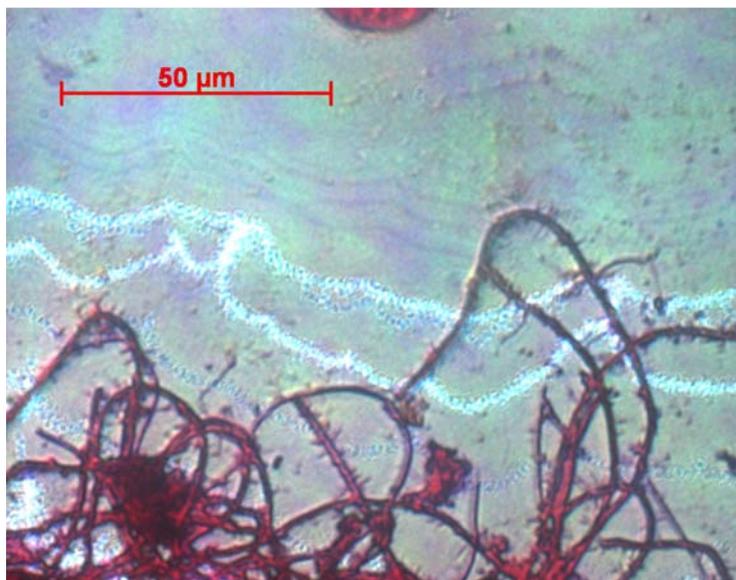


Abbildung 30: Gram-Färbung 2 (14.2.2012)

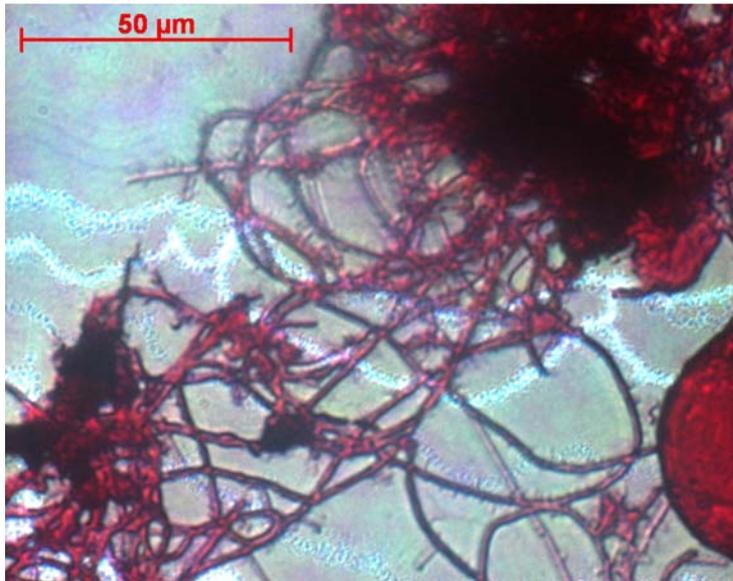


Abbildung 31: Gram-Färbung 3 (14.2.2012)

Neisser-Färbung

Die Abbildungen 32, 33 und 34 stellen die Schlammproben nach der Neisser-Färbung dar.

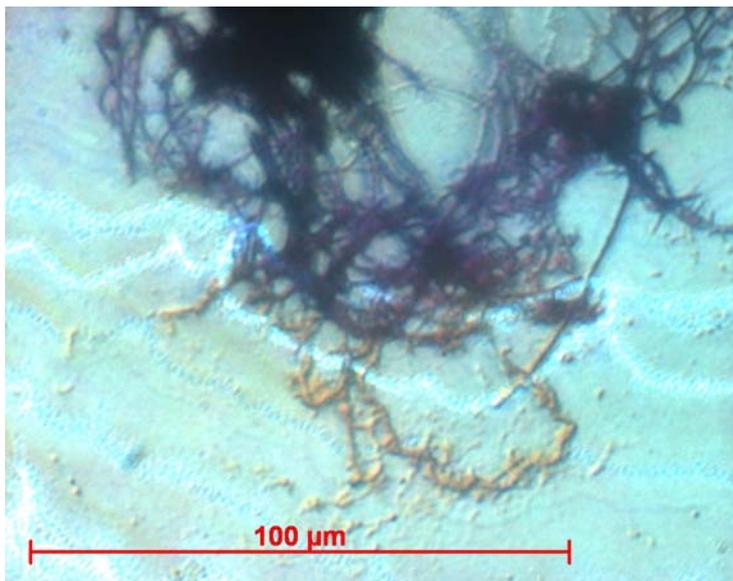


Abbildung 32: Neisser-Färbung 1 (14.2.2012)

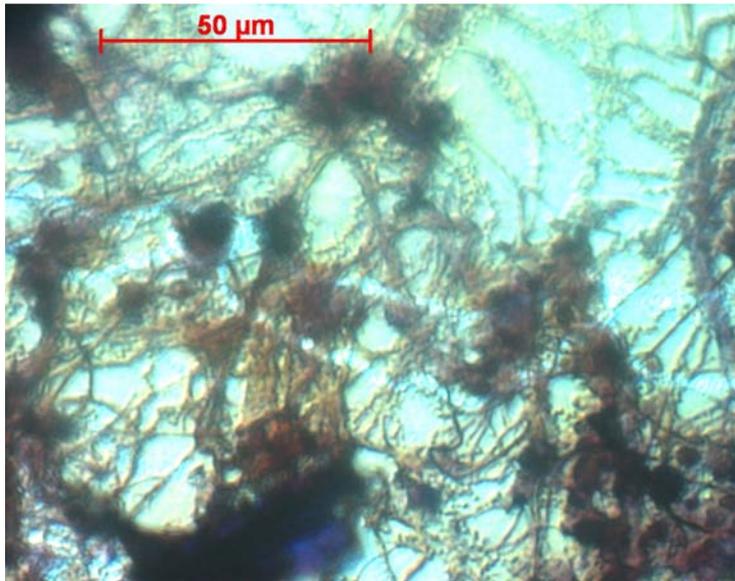


Abbildung 33: Neisser-Färbung 2 (14.2.2012)

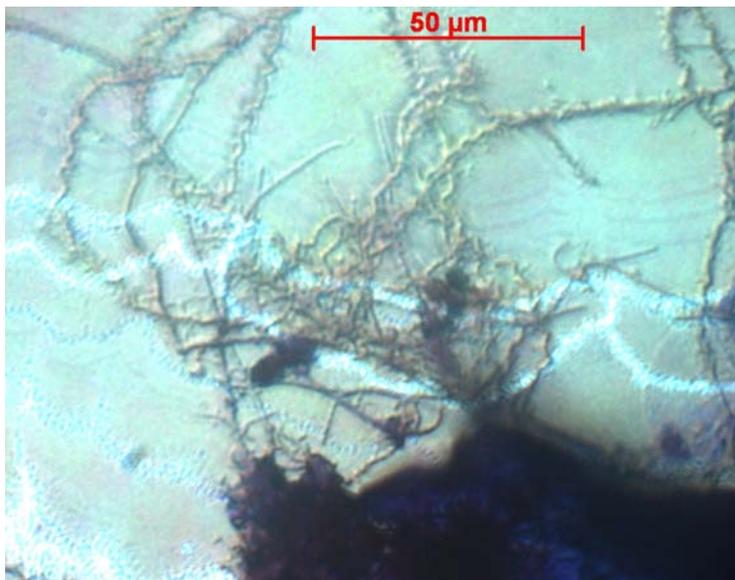


Abbildung 34: Neisser-Färbung 3 (14.2.2012)

Die Färbungen zeigten deutlich, dass mehrere verschiedene Arten von Fadenbakterien im Belebtschlamm auftraten. Eine genaue Bestimmung der Bakterien konnte nicht durchgeführt werden.

Fazit der Schlammanalyse:

Bereits der leicht faulige Geruch des Schlammes ließ einen instabilen Zustand der Anlage vermuten. Die unregelmäßige und offene Gestalt der Schlammflocken in Zusammenhang mit der schwachen Festigkeit bestätigte die Vermutung. Auch die große Anzahl von Fadenbakterien musste als negative Eigenschaft anerkannt werden. Die große Anzahl von festsitzenden Ciliaten und das Vorhandensein von Rotatorien waren als positives Zeichen zu verstehen. Trotz der deutlichen Reduktion des Schlammindexes war der Zustand des Schlammes als (noch) nicht zufriedenstellend zu beurteilen. Vermutlich konnte der eingesetzte Ladungsträger die Absetzeigenschaften verbessern, jedoch nicht die mikrobiologische Zusammensetzung des Schlammes beeinflussen.

4.5 Ergebnisse und Auswertung des Batchversuches

Im Zuge eines Batchversuches wurden 20 Liter Schlamm, welche am 3.11.2011 der Kläranlage des Gemeindeabwasserverbands entnommen wurden, 5 Tage lang intensiv belüftet und mit ausreichend Nährstoffen versorgt (vgl. 3.6).

In der Abbildung 35 ist der Belebtschlamm vor dem Start und in der Abbildung 36 nach dem Ende des Batchversuchs vom November 2011 dargestellt. Es ist deutlich zu erkennen, dass vor dem Versuchsstart die Flockenbildung kaum ausgeprägt war und sich die fadenförmigen Bakterien auch außerhalb der Flocken aufhielten. Nach der fünftägigen Versuchsdauer konnte durch die optimale Zufuhr von Nährstoffen und Sauerstoff eine ausgeprägte und kompakte Flockenbildung festgestellt werden und die Anzahl der fadenförmigen Bakterien zwischen den Flocken wurde stark reduziert. Außerdem konnte eine sehr gute Absetzeigenschaft des Schlammes am Ende des Versuches ausgewiesen werden.

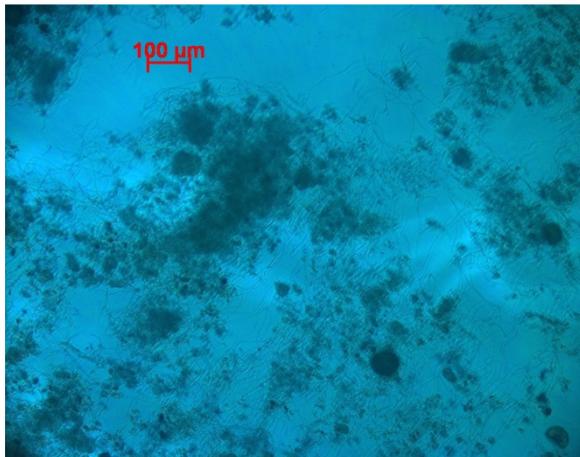


Abbildung 35: Belebtschlammflocken vor Versuchsstart

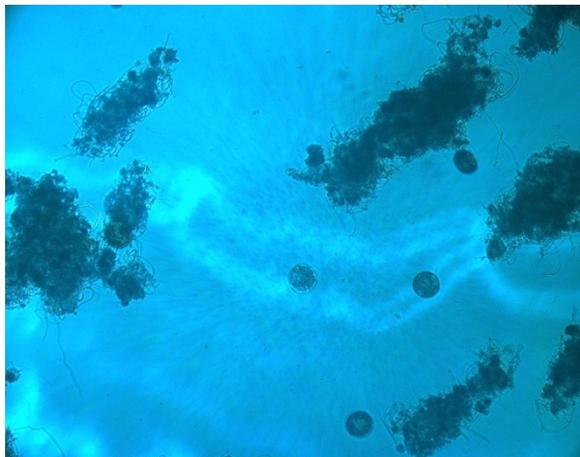


Abbildung 36: Belebtschlammflocken nach 5 Tagen Versuchsdauer

4.6 Nitrifikationshemmtest

Die Bestimmung einer möglichen Nitrifikationshemmung wurde im Zuge eines Screeningtests mit Abwässern aus der Papierfabrik, der Molkerei und der Kläranlage des GAVs durchgeführt. Die Messung der Ammoniumkonzentration war am Anfang und Ende des Tests zur Berechnung der prozentuellen Hemmung notwendig (vgl. 3.7).

In den folgenden drei Abbildungen 37, 38 und 39 sind die Ergebnisse des Nitrifikationshemmtests der Proben Papierfabrik Zuläufe, Mischproben des GAVs und der Molkereiabsetztanks vom Zeitraum 10. bis 18. November 2011 dargestellt.

Nitrifikationshemmtest der Papierfabrikproben vom 12.11. bis 18.11.2011, der Mischzuläufe des GAVs vom 10.11. bis 18.11.2011 und der Molkereiabsetztanks vom 18.11.2011

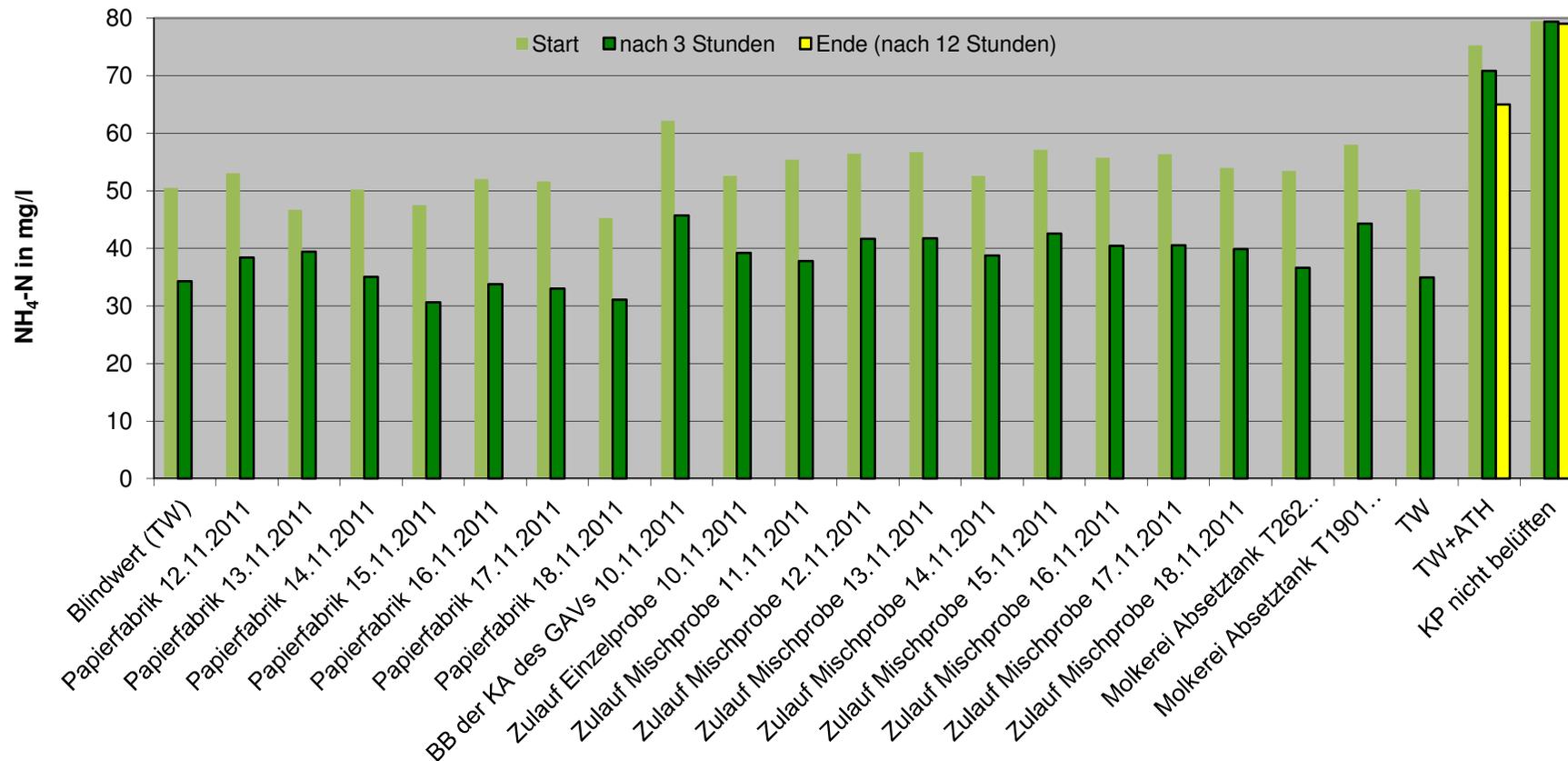


Abbildung 37: Ergebnisse des Nitrifikationstests der Papierfabrik Zuläufe, der Mischproben des GAVs und der Molkereiabsetztanks (Zeitraum 10. bis 18. November 2011), Angaben in mg/l



Nitrifikationshemmtest der Papierfabrikproben vom 12.11. bis 18.11.2011, der Mischzuläufe des GAVs vom 10.11. bis 18.11.2011 und der Molkereiabsetztanks vom 19.11.2011

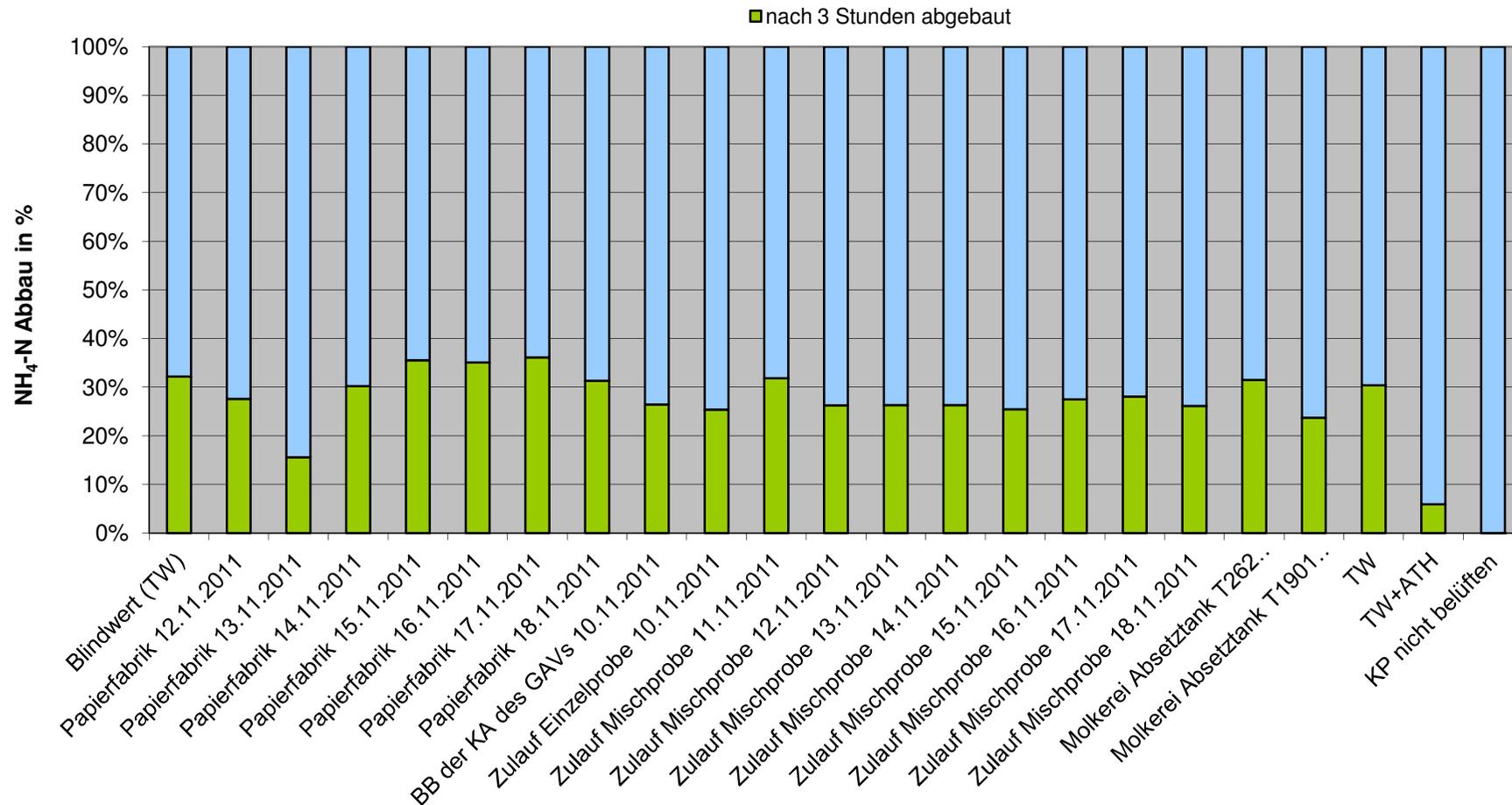


Abbildung 38: Ergebnisse des Ammoniumstickstoffabbaus des Nitrifikationstests der Papierfabrik Zuläufe, der Mischproben des GAVs und der Molkereiabsetztanks (Zeitraum 10. bis 18. November 2011), Angaben in %



Abweichung der Abbaurate (NH₄-N) von der Kontrollprobe in Prozent

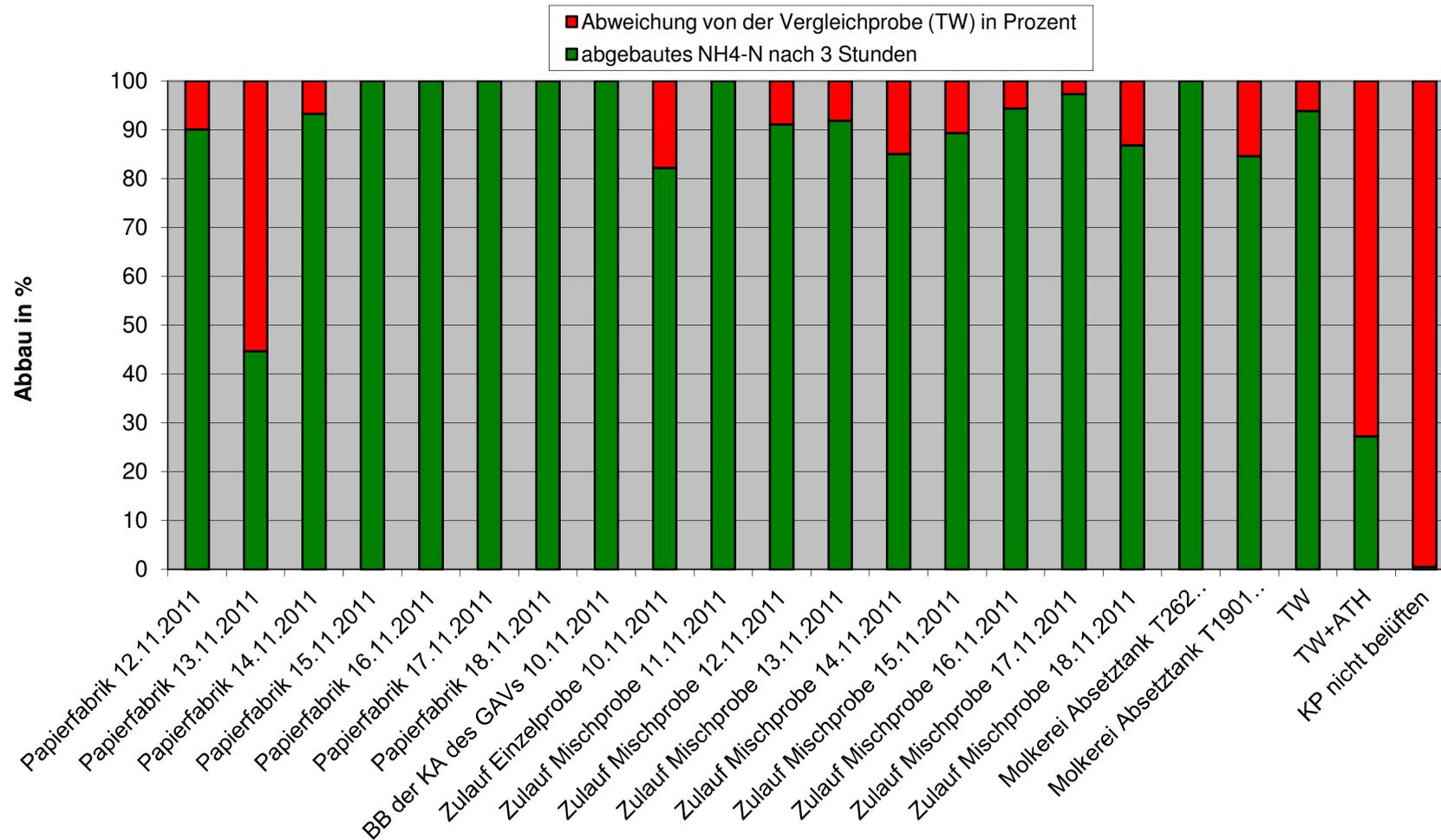


Abbildung 39: Ergebnisse der Kontrollproben-Abweichung der NH₄-N Abbaurate von den Papierfabrik Zuläufen, den Mischproben des GAVs und der Molkereiabsetztanks (Zeitraum 10. bis 18. November 2011), Angaben in %

In den Abbildungen 40 und 41 sind die Ergebnisse der Nitrifikationshemmtests der Molkereizuläufe vom 21. bis 29. November 2011, der Mischzuläufe des GAVs vom 19. bis 29. November 2011 und des Trübwassers des GAVs dargestellt. Die Abbildung 40 zeigt die Ergebnisse NH₄-N in mg/l und die Abbildung 41 zeigt den NH₄-N Abbau in Prozent.



Nitrifikationshemmtest der Molkereiprobe vom 21.11. bis 29.11.2011 und der Mischzuläufe des GAVs vom 19.11. bis 29.11.2011

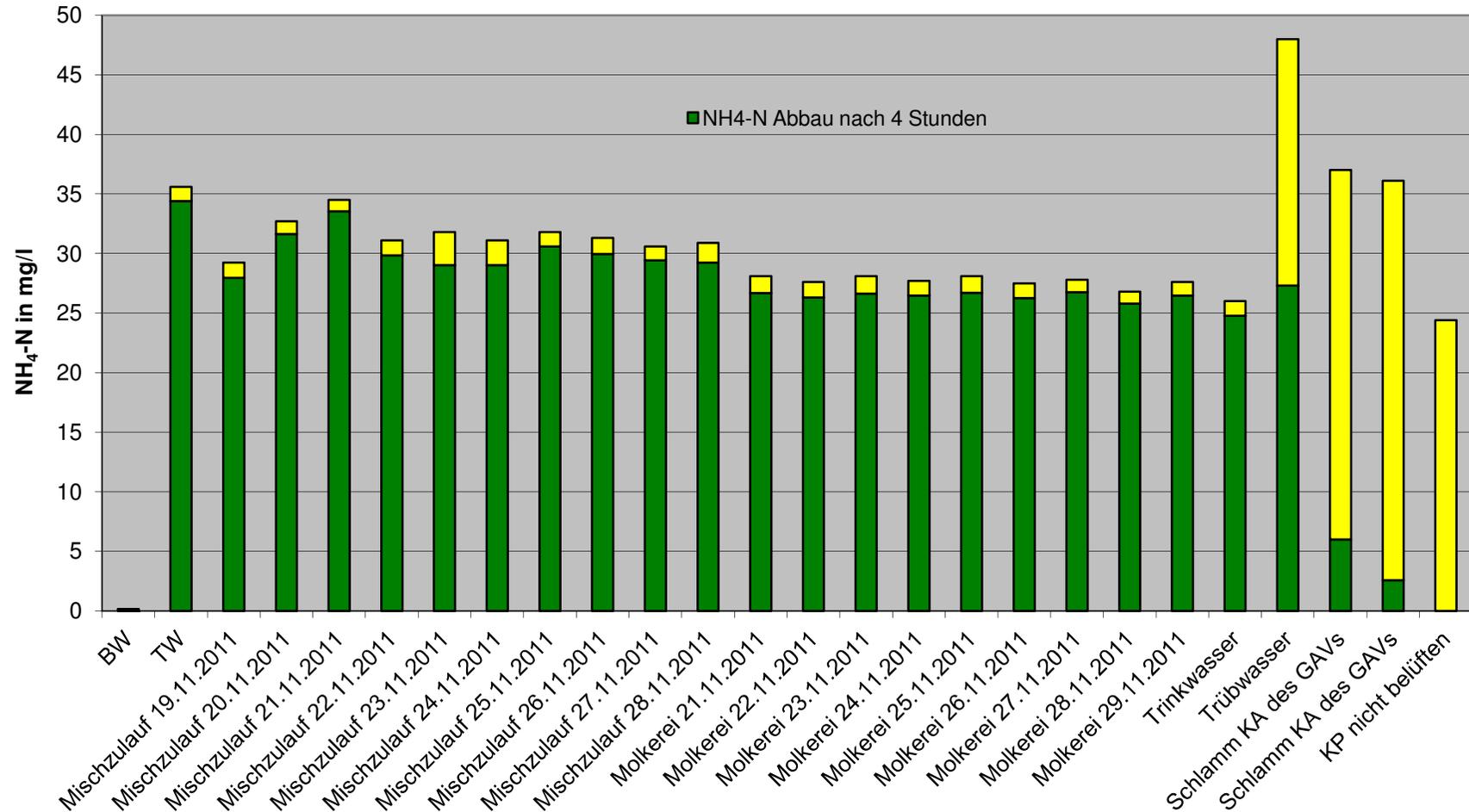


Abbildung 40: Ergebnisse des Nitrifikationshemmtests der Molkereizuläufe und Mischproben des GAVs (Zeitraum 19. bis 29. November 2011), Angabe in mg/l



Nitrifikationshemmtest der Molkereiprüben vom 21.11. bis 29.11.2011 und der Mischzuläufe des GAVs vom 19.11. bis 29.11.2011

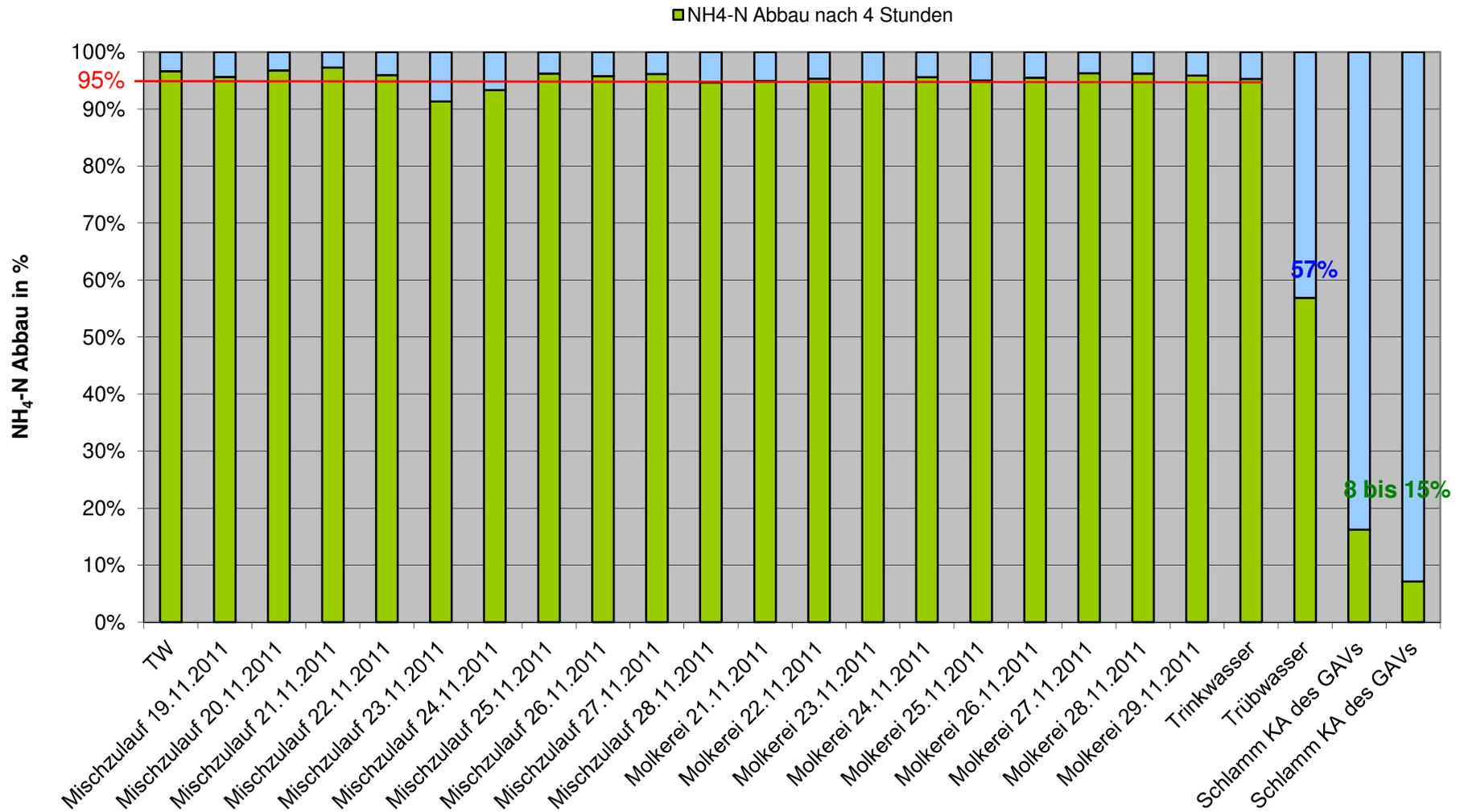


Abbildung 41: Ergebnisse des Ammoniumstickstoffabbaus des Nitrifikationshemmtests der Molkereizuläufe und Mischproben des GAVs (Zeitraum 19. bis 29. November 2011), Angaben in Prozent



Die Nitrifikationshemmtests wurden mit frischem Schlamm aus der Kläranlage Klosterneuburg durchgeführt, da die Nitrifikationsrate des Schlammes aus der Kläranlage des GAVs geringer war. Die Nitrifikationsrate des Klosterneuburger Schlammes betrug 4,0mg je 1g Trockensubstanz und Stunde und jene des GAV Schlammes nur 2,7mg je 1g Trockensubstanz und Stunde.

Der Abbau von Ammonium lag nach 3 Stunden bei 15 bis 35%. Da nach 3 Stunden die Abbauraten aber noch sehr gering waren, wurde die Dauer des Nitrifikationshemmtests auf insgesamt 12 Stunden verlängert. Laut der Norm ISO 9509 (2006) ist eine Verlängerung der Nitrifikationshemmtestdauer auf maximal 24 Stunden möglich. Die Ammoniumstickstoffabbauraten der Mischproben des GAVs lagen nach 3 Stunden bei 27% und die, der Papierfabrik Zuläufe zwischen 15 und 35%. Nach 12 Stunden konnte, außer in der Kontrollprobe (ohne Schlamm) und in der gehemmten Probe kein Ammonium festgestellt werden.

Der Abbau von Ammoniumstickstoff lag nach 4 Stunden bei allen Molkereizuläufen (Probenahmezeitraum 21.11. bis 29.11.2011) und bei den Mischproben der Zuläufe des GAVs (Probenahmezeitraum 19. bis 28.11.2011) bei durchschnittlich 95%. Es trat keine Hemmung durch die Molkereizuläufe und ebenfalls keine Hemmung durch die Mischproben der Kläranlage des GAVs auf. Das Trübwasser zeigte eine ähnliche Abbauraten des Ammoniumstickstoffs, allerdings wurde der Ammoniumstickstoff nur um 57% reduziert, wobei die NH_4 -Konzentration deutlich über der Konzentration der anderen Proben lag. Auch der Belebtschlamm des GAVs vom 29. November 2011 wies schlechtere Abbaueigenschaften auf und es wurden 8 bis 15% abgebaut.

4.7 Analyseauswertung der ersten Stichproben der Molkerei

Im Zuge der Begehung des Molkereibetriebsgeländes am 18.11. 2011 wurden vier Proben an vier verschiedenen Stellen gezogen und am Institut für Lebensmittelwissenschaften der Universität für Bodenkultur auf das Vorhandensein von freien Fettsäuren untersucht. Die folgende Tabelle zeigt die Ergebnisse der Analyse.

Tabelle 32: Analyseauswertung von den Proben der Molkerei

Probenbezeichnung	Gehalt an freien Fettsäuren	pH
-	mg/kg	-
Buttertank 262	390	10
Buttertank 1901	41	4
MP-Zulauf	19	n.a.
BB-Ablauf	27	n.a.

In der Tabelle 32 ist zu erkennen, dass im Zuge des Reinigungsverfahrens sowohl basische, als auch saure Phasen durchlaufen wurden. Dies war auf das eingesetzte Reinigungsverfahren „Cleaning In Place“ (CIP) zurückzuführen, im Zuge dessen folgende Schritte durchlaufen wurden.

- 1) Vorspülen (grobe Verschmutzungen)
- 2) Alkalische Reinigung + Abspülen
- 3) Saure Reinigung + Abspülen
- 4) Desinfektion + Abspülen

Außerdem war festzustellen, dass vor allem im alkalischen Reinigungsschritt eine hohe Konzentration an freien Fettsäuren (390mg/kg) auftrat. Dies ließ auf eine Umwandlung der, in der Butter vorhandenen Fette im Zuge einer Hydrolyse zu freien Fettsäuren schließen. Die Probe aus dem Tank 262 zeigte außerdem einen Bodensatz, der ca. $\frac{1}{4}$ des Probenahmegefäßes einnahm. Im Gegensatz dazu konnte in der zweiten Probe, die vermutlich aus dem sauren Reinigungsschritt stammte, nur ein Zehntel der freien Fettsäuren (40mg) nachgewiesen werden. Hier war ein weitaus geringeres Ausmaß an Hydrolyse zu vermuten. Vorerst konnte jedoch nicht abgeschätzt werden, wie häufig die einzelnen Schritte der Reinigung durchlaufen wurden.



4.8 Ergebnisse der Proben während der Analysewoche in der Molkerei

In den folgenden Punkten werden die Ergebnisse der im Zuge der Analysewoche gemessenen Parameter ausgewertet. Die folgenden Tabellen weisen jeweils eine Probenahmestelle aus und zeigen die zeitlichen Veränderungen der Parameter. Über eine grafische Darstellung werden die Probenahmestellen miteinander verglichen.

4.8.1 Auswertung der „In-Situ“-Parameter und der Abwasserparameter

Buttertanks „262“ und „263“

Je nach Betrieb der Molkerei wurde nur ein Tank (262 oder 263) gefüllt. Demzufolge konnten nicht täglich Proben aus beiden Tanks gezogen werden. Die Bestimmung der Abwasserparameter wurde pro Tag einmal durchgeführt. Zusätzlich wurde die Konzentration an freien Fettsäuren von jeder Probe bestimmt. Bei den Tank-Proben handelte es sich um Einzelproben, die jeweils zur angegebenen Zeit gezogen wurden. Anhand der folgenden Bezeichnungen wird darauf hingewiesen, welchen Füllstand der Tank bei den Probenahmen hatte. Die Ergebnisse der Probenahmen sind den Tabellen 33 und 34 zu entnehmen.

Voll 100 % - 66 % Füllung des Tanks

Halb 66 % - 33 % Füllung des Tanks

Leer 33 % - 0 % Füllung des Tanks



Tabelle 33: Auswertung der Analysewoche, Probenahmestelle: Buttertank 262

Probenahmestelle:		Buttertank 262											
	Füllstand	Zeit	Menge	pH	Leitfähig-keit	Redox-Potential	CSB	BSB	N-Gesamt	NH ₄ -N	NO ₃ -N	P-Gesamt	Freie Fettsäuren
		hh:mm	m ³ /d	-	μS/cm	mV	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/kg
Mo	Buttertank 262 - halb	10:00	n.a.	9,2	1810	50	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	150
Di	Buttertank 262 - voll	08:30	n.a.	11,3	1600	-195	4356	n.a.	79,6	0,7	18,1	17,8	90
Di	Buttertank 262 - halb	10:15	n.a.	10,7	1420	-170	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	106
Di	Buttertank 262 - leer	12:00	n.a.	10,5	1441	-232	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	111
Fr	Buttertank 262 - halb	06:30	n.a.	9,7	1478	-126	5892	n.a.	70,4	1,9	18,2	17,2	76
Fr	Buttertank 262 - leer	08:15	n.a.	9,3	1460	-185	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	344

n.a. nicht analysiert

Tabelle 34: Auswertung der Analysewoche, Probenahmestelle: Buttertank 263

Probenahmestelle:		Buttertank 263											
	Füllstand	Zeit	Menge	pH	Leitfähig-keit	Redox-Potential	CSB	BSB	N-Gesamt	NH ₄ -N	NO ₃ -N	P-Gesamt	Freie Fettsäuren
		hh:mm	m ³ /d	-	μS/cm	mV	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/kg
Mi	Buttertank 263 - voll	07:00	n.a.	11,2	2220	-74	MU-1000	200	42,8	1,9	24,2	5,7	5
Mi	Buttertank 263 - halb	08:45	n.a.	11,3	2230	-75	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	5
Mi	Buttertank 263 - leer	10:00	n.a.	11,3	2270	-74	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	4
Do	Buttertank 263 - halb	09:00	n.a.	10,4	1180	-13	403	n.a.	43,8	1,7	21,8	MU-6,0	3
Do	Buttertank 263 - 12000m ³	11:15	n.a.	10,4	1178	-50	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	3

n.a. nicht analysiert MU Messwert unterschritten

Eine Abschätzung der Frachten ist aufgrund der fehlenden Informationen der Abflussmengen nicht möglich.



Gesamtzulauf Flotation

Die Proben der folgenden Probenahmestelle waren 24 h-Mischproben, die um 8:00 Uhr morgens gezogen wurden. Am Donnerstag und Freitag war der Probennehmer bei der Probenahmestelle „Gesamtzulauf Flotation“ defekt und anstelle von 24 h-Proben konnten nur 2 h-Proben von 8:00-10:00 Uhr gezogen werden. Die Tabelle 35 zeigt eine Auswertung der Analysewoche von der Probenahmestelle „Gesamtzulauf Flotation“.

Tabelle 35: Auswertung der Analysewoche, Probenahmestelle: Gesamtzulauf Flotation

Gesamtzulauf Probenahmestelle: Flotation												
	Zeit	Menge	pH	Leitfähig- keit	Redox- Potential	CSB	BSB	N-Gesamt	NH ₄ -N	NO ₃ -N	P-Gesamt	Freie Fettsäuren
	hh:mm	m ³ /d	-	μS/cm	mV	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/kg
Mo	08:00	1112	9,5	2080	-70	4297	n.a.	145	n.a.	n.a.	21,4	123
Di	08:00	1639	9,5	1820	-65	3233	n.a.	94	2,3	12,3	21,5	231
Mi	08:00	1723	9,4	1780	-106	3992	920	119	4,9	23,2	25,4	183
Do	PND	1844	9,4	1796	-2	2084	n.a.	70	5,2	5,1	13,6	97
Fr	PND	1732	9,2	1490	-76	3104	n.a.	88	5,2	6,2	23,6	118

n.a. nicht analysiert

PND Probennehmer defekt

Aus den Durchflussmengen und Konzentrationen der Parameter ließen sich die Frachten berechnen (Tabelle 36). Als Beispiel dient die Berechnung der CSB-Fracht am Montag.

$$B_{CSB,Zulauf\ Flotation} = Q_{Zulauf\ Flotation} * CSB_{Zulauf\ Flotation} = 1112 \frac{m^3}{d} * 4297 * \frac{10^3 * kg}{10^6 * m^3} = 4778 \frac{kg}{d}$$



Tabelle 36: Frachten der Parameter, Probenahmestelle: Gesamtzulauf Flotation

Probenahmestelle:		Gesamtzulauf Flotation					
	CSB	BSB	N-Gesamt	NH ₄ -N	NO ₃ -N	P-Gesamt	Freie Fettsäuren
	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d
Mo	4778	n.a.	161	n.a.	n.a.	23,8	136
Di	5299	n.a.	153	3,8	20,1	35,2	378
Mi	6878	1585	206	8,4	40,0	43,8	315
Do	3843	n.a.	129	9,5	9,4	25,1	178
Fr	5376	n.a.	152	9,0	10,7	40,9	204

n.a. nicht analysiert



Ablauf Flotation

Nach dem Ablauf aus der Flotation befand sich wiederum ein Probenehmer, der täglich eine 24 h-Mischprobe erstellte (Tabelle 37).

Tabelle 37: Auswertung der Analysewoche, Probenahmestelle: Ablauf Flotation

Probenahmestelle: Ablauf Flotation												
	Zeit	Menge	pH	Leitfähigkeit	Redox-Potential	CSB	BSB	N-Gesamt	NH ₄ -N	NO ₃ -N	P-Gesamt	Freie Fettsäuren
	hh:mm	m ³ /d	-	μS/cm	mV	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/kg
Mo	08:00	906	9,3	2080	-200	1465	n.a.	89,8	1,2	7,5	14,5	n.a.
Di	08:00	1241	8,0	1990	-50	1009	n.a.	76,8	1,4	23,5	9,4	24
Mi	08:00	1259	7,4	1960	-47	1692	960	83,8	1,7	6,4	14,3	45
Do	08:00	1327	7,6	1938	-119	1473	n.a.	85,1	1,7	8,8	11,5	61
Fr	08:00	1588	7,1	1895	-87	1556	n.a.	20,4	1,1	3,6	13,3	155

n.a. nicht analysiert

Bei der Berechnung der Frachten musste darauf geachtet werden, dass die Mengenangabe beim Ablauf der Flotation bereits die, von der Molkerei gelieferte, Zulaufmenge zur Kläranlage des GAVs war, und daher nur einen Teil der gesamten Ablaufmenge der Flotation darstellte. Deshalb wird in den folgenden Tabellen auch zwischen den Frachten „Ablauf Flotation Gesamt“ und „Ablauf Flotation Teil KA GAV“ unterschieden.

Die Abschätzung der Fracht „Ablauf Flotation Gesamt“ erfolgte über die Zulaufmenge zur Flotation und die Ablaufkonzentration der Flotation. Als Beispiel wurde die CSB-Fracht von Di berechnet.

$$B_{CSB, \text{Ablauf Flotation}} = Q_{\text{Zulauf Flotation}} * CSB_{\text{Ablauf Flotation}} = 1639 \frac{m^3}{d} * 1009 * \frac{10^3 * kg}{10^6 * m^3} = 1654 \text{ kg/d}$$

Im Gegensatz dazu berechnete sich die CSB-Fracht „Ablauf Flotation Teil KA GAV“ über die gemessene Menge des Ablaufs der Flotation und der Ablaufkonzentration der Flotation. Wiederum dienen die Daten des Dienstags als Beispiel.

$$B_{CSB, \text{Ablauf Flotation Teil KA GAV}} = Q_{\text{Ablauf Flotation}} * CSB_{\text{Ablauf Flotation}} = 1241 \frac{m^3}{d} * \frac{10^3 * kg}{10^6 * m^3} = 1252 \text{ kg/d}$$

In diesem Beispiel war deutlich die Differenz zu sehen, die somit dem Belebungsbecken der Molkerei zugeführt wurde. Zwischen der Mengenmessung „Gesamtzulauf Flotation“ und „Ablauf Flotation“ befanden sich die beiden Puffertanks (2 x 300 m³) und die Flotation (30 m³). Eine mögliche zeitliche Verschiebung der Durchflussmengen, die aufgrund der Volumina auftreten konnte, wurde in der Berechnung nicht berücksichtigt. Die Ergebnisse der Frachtenberechnung finden sich in den Tabellen 38 und 39 wieder.



Tabelle 38: Frachten der Parameter, Probenahmestelle: Ablauf Flotation, Gesamtfracht

Probenahmestelle:		Ablauf Flotation Gesamt					
	CSB	BSB	N-Gesamt	NH ₄ -N	NO ₃ -N	P-Gesamt	Freie Fettsäuren
	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d
Mo	1629	n.a.	100	1,4	8,4	16,1	n.a.
Di	1654	n.a.	126	2,3	38,5	15,4	39
Mi	2915	1654	144	2,8	11,1	24,6	78
Do	2716	n.a.	157	3,1	16,2	21,2	113
Fr	2695	n.a.	35	1,9	6,2	23,0	269

n.a. nicht analysiert

Tabelle 39: Frachten der Parameter, Probenahmestelle: Ablauf Flotation, Teil KA GAV

Probenahmestelle:		Ablauf Flotation Teil KA GAV					
	CSB	BSB	N-Gesamt	NH ₄ -N	NO ₃ -N	P-Gesamt	Freie Fettsäuren
	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d
Mo	1327	n.a.	81	1,1	6,8	13,1	n.a.
Di	1252	n.a.	95	1,7	29,2	11,6	30
Mi	2130	1209	106	2,1	8,1	18,0	57
Do	1958	n.a.	113	2,3	11,7	15,3	82
Fr	2471	n.a.	32	1,8	5,7	21,1	247

n.a. nicht analysiert



Nachklärbecken KA Molkerei

Vor der Ableitung des gereinigten Abwassers in die Url befand sich der letzte automatische Probennehmer, der wiederum eine 24 h-Mischprobe erstellte (Tabelle 40). Die Berechnung der Frachten ist der Tabelle 41 zu entnehmen.

Tabelle 40: Auswertung der Analysewoche, Probenahmestelle: Nachklärbecken KA Molkerei

Nachklärbecken Probenahmestelle: KA Molkerei												
	Zeit	Menge	pH	Leitfähig- keit	Redox- Potential	CSB	BSB	N-Gesamt	NH ₄ -N	NO ₃ -N	P-Gesamt	Freie Fettsäuren
	hh:mm	m ³ /d	-	μS/cm	mV	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/kg
Mo	08:00	48	7,8	1530	-40	39,0	n.a.	5,2	0,6	2,2	0,6	5
Di	08:00	268	8,0	1870	16	38,9	n.a.	6,3	0,7	3,6	0,6	4
Mi	08:00	301	8,2	1980	-10	29,5	3	MU - 5,0	0,3	MU - 0,1	MU - 0,5	2
Do	08:00	437	8,0	1964	50	28,4	n.a.	MU - 5,0	0,3	MU - 0,2	MU - 0,5	3
Fr	08:00	312	8,2	1972	50	35,8	n.a.	35,7	0,3	MU - 0,2	0,6	5

n.a. nicht analysiert MU Messwert unterschritten

Tabelle 41: Frachten der Parameter, Probenahmestelle: Nachklärbecken KA Molkerei

Nachklärbecken Probenahmestelle: KA Molkerei							
	CSB	BSB	N-Gesamt	NH ₄ -N	NO ₃ -N	P-Gesamt	Freie Fettsäuren
	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d
Mo	1,9	n.a.	0,3	0,0	0,1	0,0	0
Di	10,4	n.a.	1,7	0,2	1,0	0,2	1
Mi	8,9	0,9	1,5	0,1	0,0	0,2	1
Do	12,4	n.a.	2,2	0,1	0,1	0,2	1
Fr	11,2	n.a.	11,1	0,1	0,1	0,2	2

n.a. nicht analysiert



Zulauf GAV

Die Abwasserparameter der Kläranlage des GAVs wurden direkt in der Abwasserreinigungsanlage des Gemeindeabwasserverbands gemessen. Die Parameter der „In-Situ“-Messungen konnten erst ab Mittwoch gemessen werden, da erst ab diesem Tag die Proben täglich zur Molkerei gebracht wurden (Tabelle 42).

Tabelle 42: Auswertung der Analysewoche, Probenahmestelle: Zulauf GAV

Probenahmestelle: Zulauf GAV												
	Zeit	Menge	pH	Leitfähig- keit	Redox- Potential	CSB	BSB	N-Gesamt	NH ₄ -N	NO ₃ -N	P-Gesamt	Freie Fettsäuren
	hh:mm	m ³ /d	-	µS/cm	mV	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/kg
Mo		22992	n.a.	n.a.	n.a.	490	n.a.	n.a.	9,2	1,2	4,5	86
Di		28010	n.a.	n.a.	n.a.	532	n.a.	n.a.	12,4	2,7	4,3	n.a.
Mi	08:00	26451	7,7	917	0	353	320	n.a.	6,1	4,3	3,1	5
Do	08:00	25197	7,5	1204	19	345	n.a.	18,2	6,6	5,5	2,6	8
Fr	08:00	23326	7,5	n.a.	5	447	n.a.	n.a.	8,7	3,5	4,0	8

n.a. nicht analysiert

Wiederum berechneten sich die Frachten aus den Mengen- und Konzentrationsangaben (Tabelle 43).

Tabelle 43: Frachten der Parameter, Probenahmestelle: Zulauf GAV

Probenahmestelle: Zulauf GAV							
	CSB	BSB	N-Gesamt	NH ₄ -N	NO ₃ -N	P-Gesamt	Freie Fettsäuren
	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d
Mo	11266	n.a.	n.a.	211	28	103	1987
Di	14901	n.a.	n.a.	347	74	122	n.a.
Mi	9337	8464	n.a.	160	113	82	130
Do	8693	n.a.	459	166	139	66	192
Fr	10428	n.a.	n.a.	204	83	92	184

n.a. nicht analysiert

4.8.2 Darstellung und Vergleich der „In-Situ“-Parameter

Menge

Die Darstellung der Durchflussmengen der einzelnen Prozessschritte (Abbildung 42) zeigt, dass der Ablauf der Flotation, der in das öffentliche Kanalnetz eingeleitet wurde, mit ~1.300 m³/d nur rund 5 % des täglichen Zulaufs (im Mittel 25.000 m³/d) der Kläranlage des GAVs war.

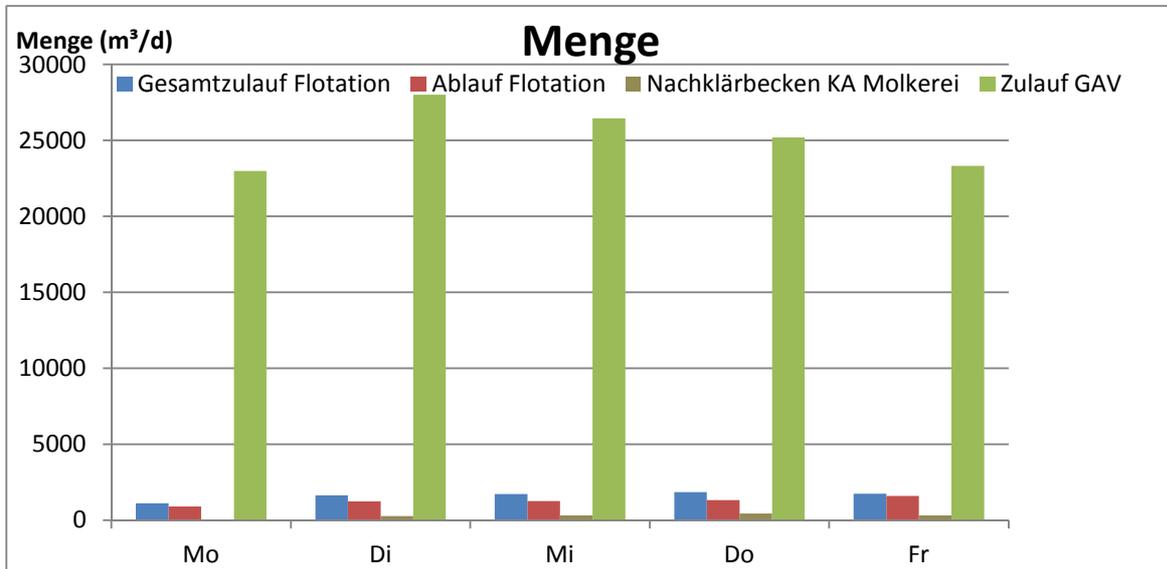


Abbildung 42: Darstellung des Parameters "Menge" (mit Zulauf GAV)

In der zweiten Darstellung der Menge (Abbildung 43) ist zu erkennen, dass über die Woche gemittelt nur 17 Prozent (entspricht 273 m³/d) des Gesamtzulaufs der Molkerei (1610 m³/d) über die betriebsinterne Kläranlage gereinigt wurden und der Rest mit rund 78 Prozent (1265 m³/d) in das Kanalnetz eingeleitet wurde. In Summe sollten die beiden Teilströme den Gesamtzulauf zur Flotation ergeben. Aufgrund der Speicherung in den Puffertanks war jedoch eine Abweichung zwischen Gesamtzulauf und Summe der Teilströme von +/- 8 Prozent im Wochenmittel möglich. (Bei einem durchschnittlichen Durchfluss von 1500 m³/d und einem Speichervolumen von 600m³ ergaben sich +/- 8 Prozent im Wochenmittel.)

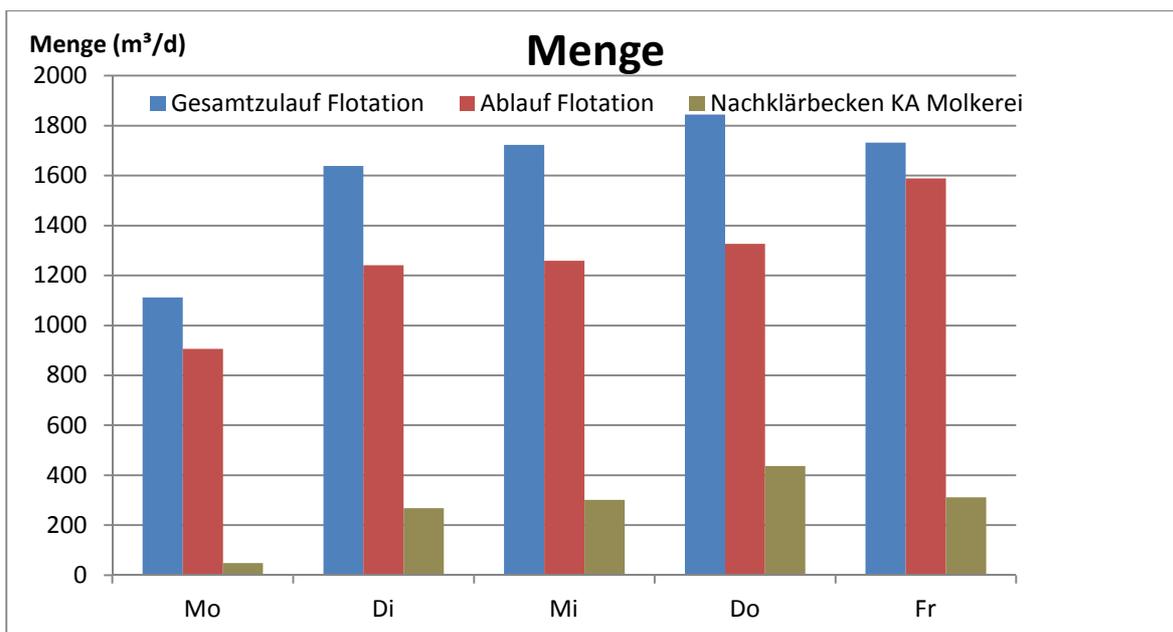


Abbildung 43: Darstellung des Parameters "Menge" (ohne Zulauf GAV)

pH-Wert

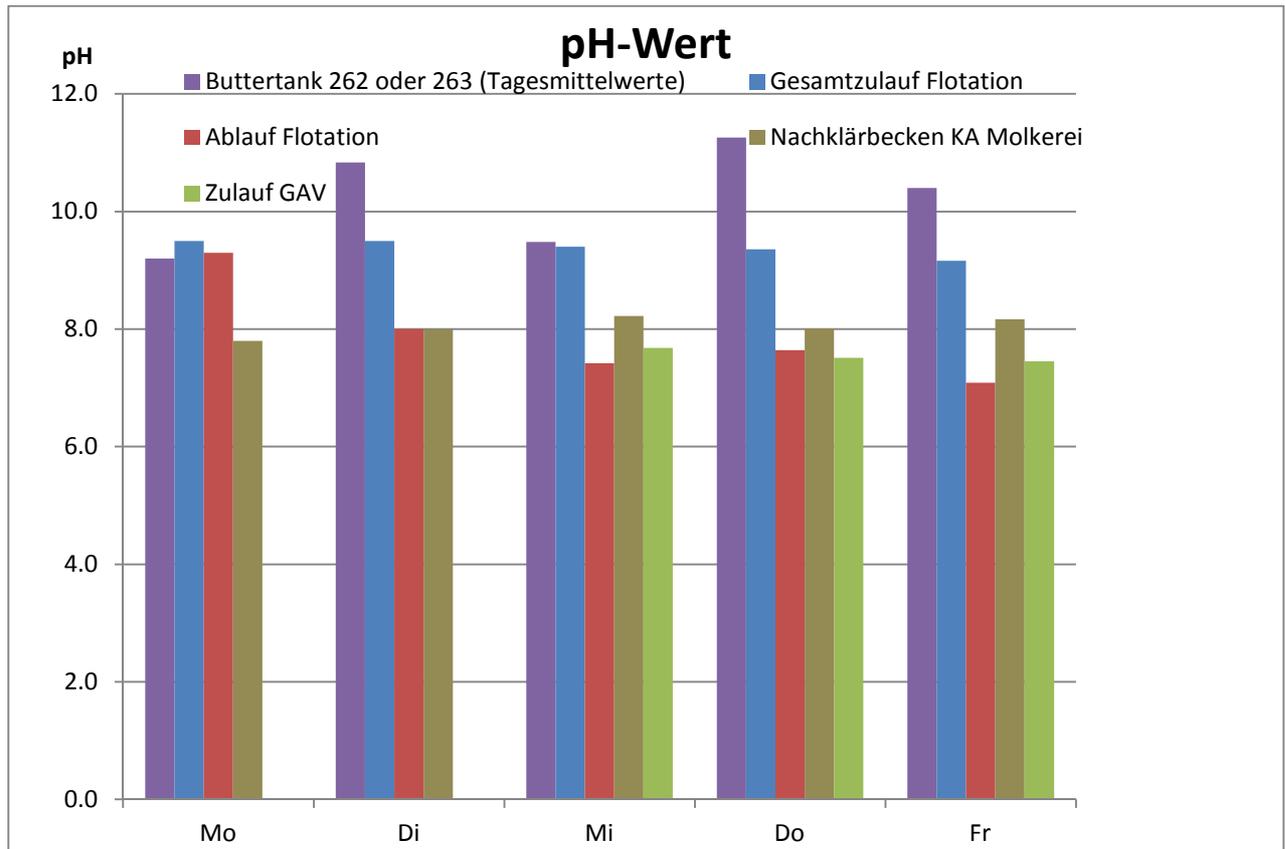


Abbildung 44: Darstellung des Parameters "pH"

Die Abbildung 44 zeigt, dass der pH-Wert in den Buttertanks sehr hoch war und auch im Gesamtzulauf zur Flotation noch deutlich über dem neutralen Bereich lag. Erst durch die Zudosierung von Salpetersäure vor der Flotation konnte der pH-Wert gesenkt werden. Im Ablauf der Flotation bzw. im Zulauf zur Kläranlage des GAVs war der pH-Wert im neutralen Bereich. Im Nachklärbecken kam es wiederum zu einem leichten Anstieg des pH-Werts.

Leitfähigkeit

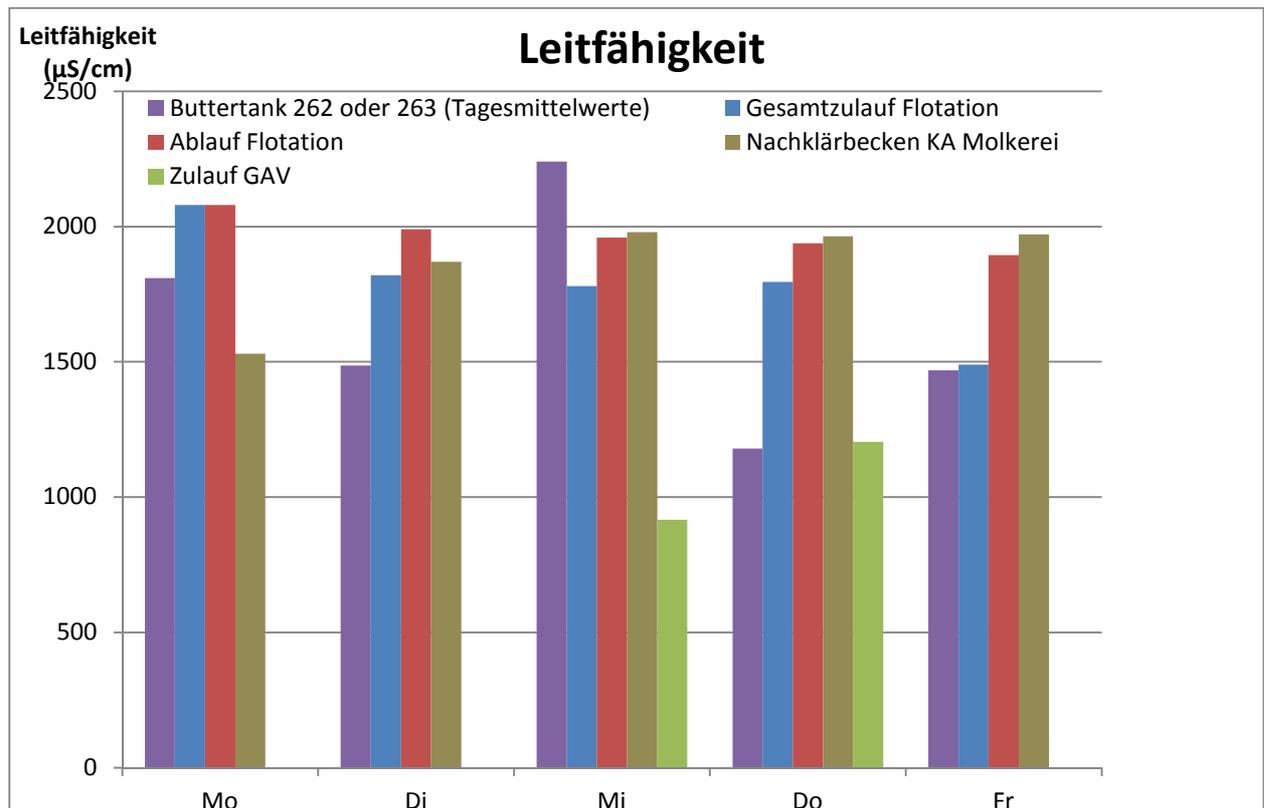


Abbildung 45: Darstellung des Parameters "Leitfähigkeit"

Die Darstellung der Leitfähigkeit (Abbildung 45) zeigt eine relativ starke Schwankung in den Buttertanks. Diese Fluktuation konnte bereits durch die Vermischung mit den anderen Abwasserströmen der Molkerei etwas angeglichen werden. Durch die Neutralisation vor der Flotation wurde die Leitfähigkeit vergleichmäßigt und pendelte sich bei knapp unter 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ein. Durch diesen hohen Wert stieg auch die Leitfähigkeit im Nachklärbecken von anfangs rund 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ im Laufe der Woche auf knapp 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Die zweimalige Messung der Leitfähigkeit im Zulauf der Kläranlage des GAVs zeigt eine deutlich geringere Leitfähigkeit von rund 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Redoxpotential

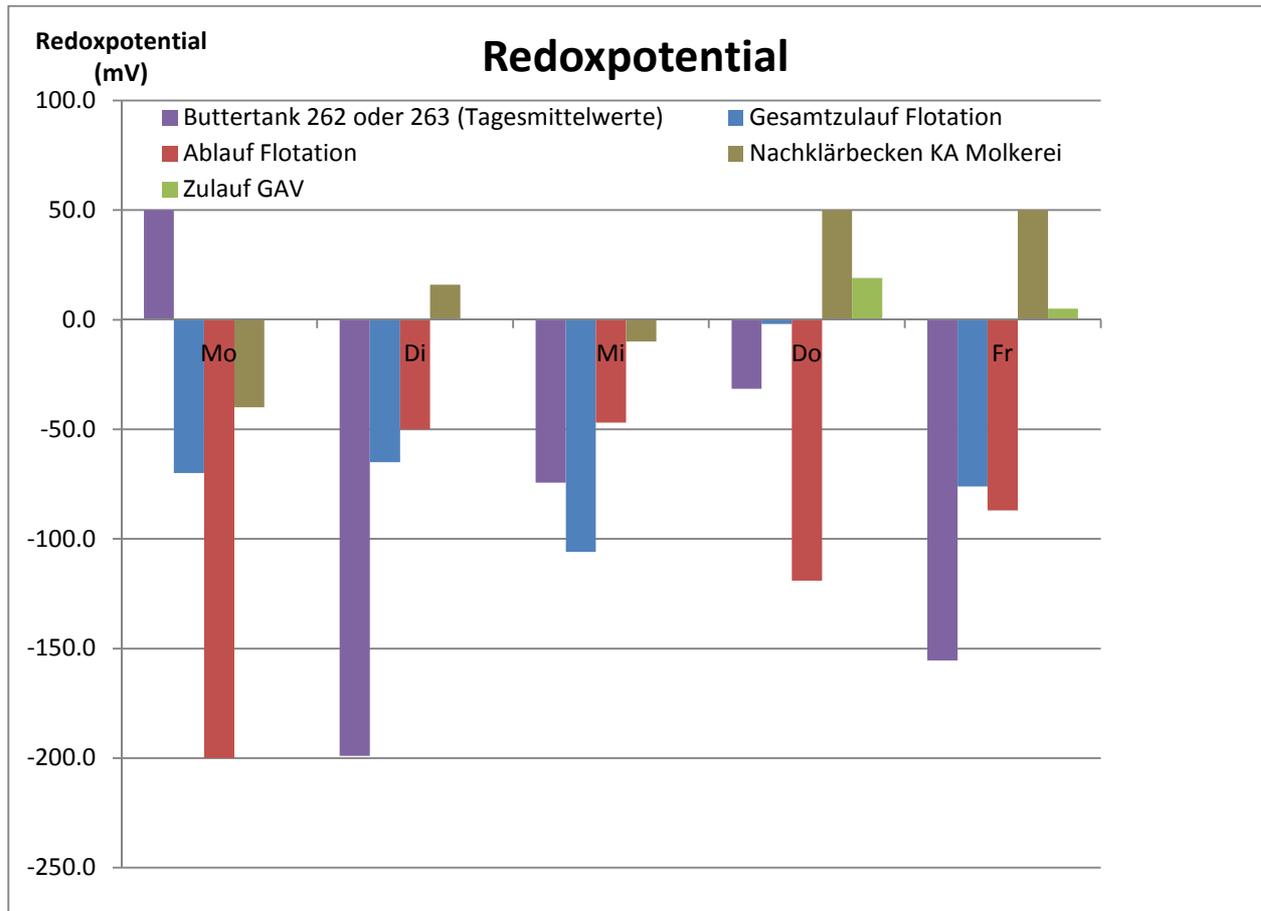


Abbildung 46: Darstellung des Parameters "Redoxpotential"

In der Abbildung 46 ist zu erkennen, dass das Redoxpotential über den gesamten Abwasserprozess im negativen Bereich war. Erst durch die starke Belüftung im Belebungsbecken konnte das Potential auf 0 bzw. in den positiven Bereich gebracht werden. Durch die Luftzufuhr in der Flotation erfolgte keine deutliche Anhebung des Potentials. Im Zulauf der Kläranlage des GAVs war ebenfalls ein positives Potential zu messen, wobei beachtet werden muss, dass durch den Transport der Proben von der Kläranlage des GAVs zur Molkerei einige Zeit vergangen war und eine Mischung mit anderen Abwässern stattgefunden hat.

4.8.3 Darstellung und Vergleich der Abwasserparameter

Für jeden Abwasserparameter wurden zuerst die Konzentrationen und anschließend die Frachten der Tageswerte dargestellt und miteinander verglichen.

Am Beispiel des chemischen Sauerstoffbedarfs (CSB) werden die Rechenschritte der ausgewiesenen Tabellen erklärt. Die Berechnungen für die anderen Abwasserparameter erfolgten analog. Etwaige Abweichungen werden extra angeführt.

CSB

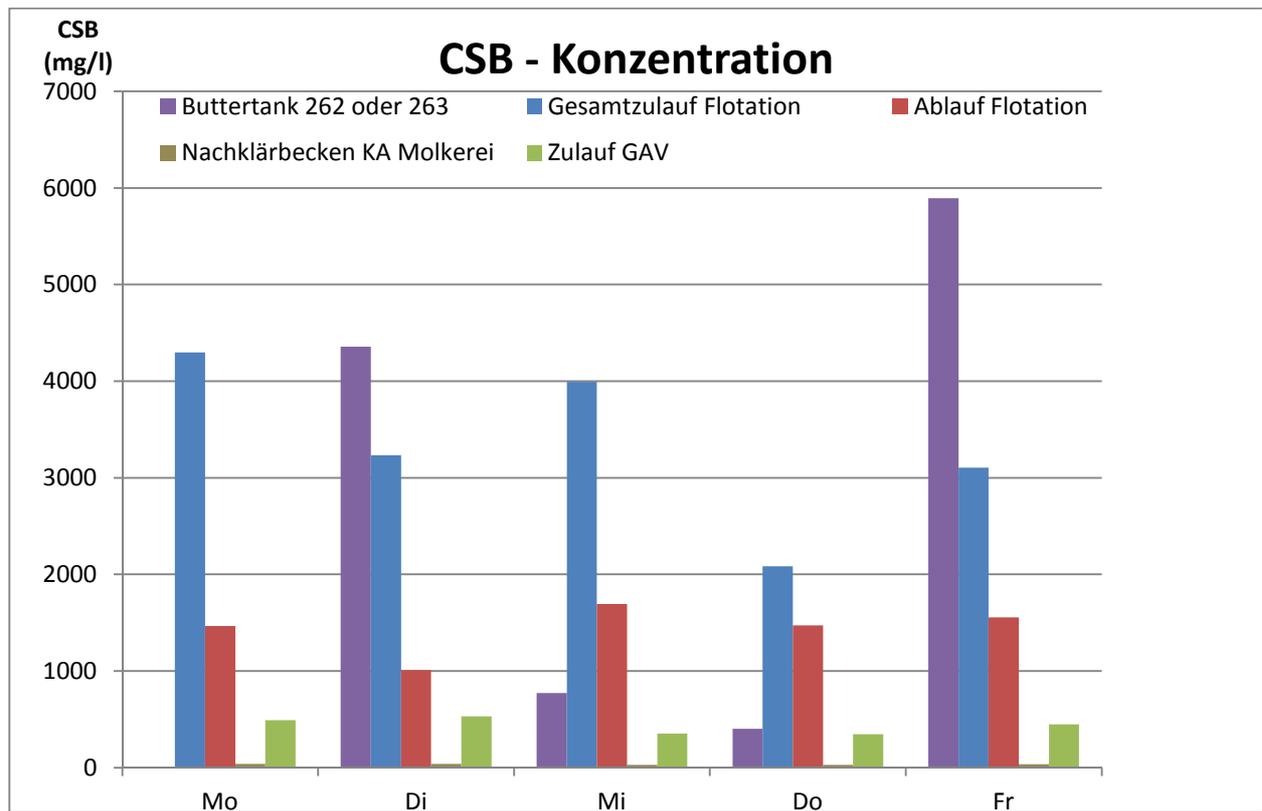


Abbildung 47: Darstellung der CSB-Konzentration

Die CSB-Konzentrationen sind in der Abbildung 47 dargestellt. Diese wies äußerst starke Schwankungen (~400mg/l bis ~6000mg/l) in den Proben der Buttertanks auf. Vermutlich waren diese Unterschiede auf die verschiedenen Reinigungsschritte in der Molkerei zurückzuführen. Auch im Gesamtzulauf zur Betriebskläranlage waren starke Schwankungen der CSB-Konzentration zu beobachten. Die Schwankungsbreite lag dabei jedoch nur zwischen ~2000 mg/l und 4200 mg/l.

Eine deutliche Reduktion des CSB-Werts durch die Flotation war zu erkennen. Relativ unabhängig von der Zulaufkonzentration pendelte sich die CSB-Konzentration im Ablauf der Flotation im Mittel auf rund 1440 mg/l ein.

Im Belebungsbecken der Molkerei wurde die CSB-Konzentration um 97,5 Prozent reduziert.

Eine merkbare Korrelation zwischen der Zulaufkonzentration in der Kläranlage des GAVs und der Ablaufkonzentration nach der Flotation war nicht festzustellen. Die Zulaufkonzentration lag im Mittel bei 430mg/l und war deutlich unter dem Mittelwert der Ablaufkonzentration der Flotation von 1440 mg/l.

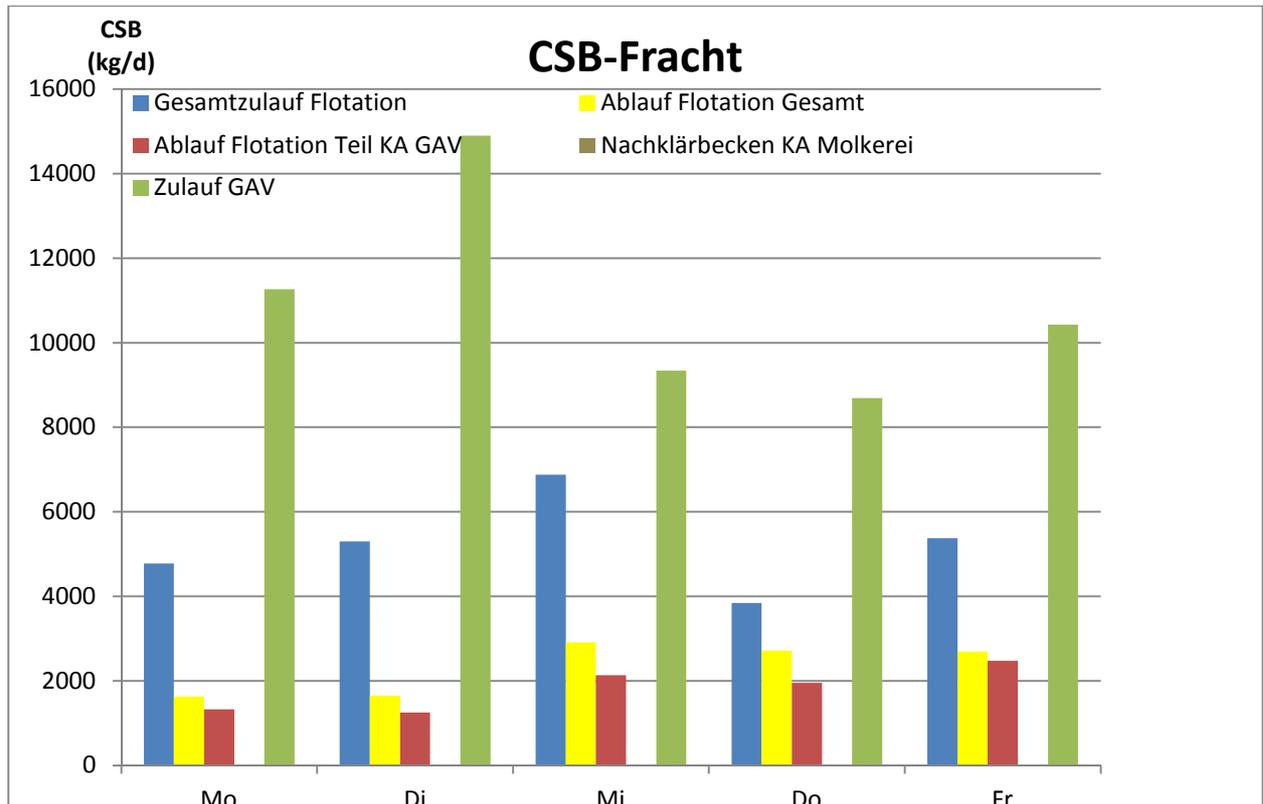


Abbildung 48: Darstellung der CSB-Fracht

In Abbildung 48 ist die tägliche CSB-Fracht an den einzelnen Probenahmestellen dargestellt. Leider konnte die Fracht der Buttertanks nicht extra ausgewiesen werden, da es keine Aufzeichnung der Mengen gab und eine Abschätzung aufgrund der unterschiedlichen Betriebsweisen nicht möglich war.

Außerdem muss darauf hingewiesen werden, dass zwischen den Frachten „Ablauf Flotation Gesamt“ und „Ablauf Flotation Teil KA GAV“ unterschieden werden musste. Die Differenzierung ist im Kapitel 4.8.1 näher erläutert.

Zu erkennen war allerdings, dass eine deutliche Reduktion der CSB-Fracht durch die Flotation erreicht wurde. Über die Analysewoche gemittelt, betrug diese Reduktion 56 Prozent. In der Tabelle 44 sind die Werte aufgelistet. Die Berechnung wurde für den ersten Tag und die mittlere Fracht durchgeführt.

$$B_{CSB,Reduktion\ Flotation} = B_{CSB,Zulauf\ Flotation} - B_{CSB,Ablauf\ Flotation}$$

$$= 4778\text{ kg/d} - 1629\text{ kg/d} = 3149\text{ kg/d}$$

$$p_{CSB,Reduktion\ Flotation} = 100 - \frac{100}{B_{CSB,Zulauf\ Flotation}} * B_{CSB,Ablauf\ Flotation}$$

$$= 100 - \frac{100}{4778\text{ kg/d}} * 1629\text{ kg/d} = 66\%$$

$$\bar{B}_{CSB,Zulauf\ Flotation} = \frac{\sum_1^5 B_{CSB,Zulauf\ Flotation,MO} + B_{CSB,Zulauf\ Flotation,DI} + \dots}{5}$$

$$= \frac{4778\text{ kg/d} + 5299\text{ kg/d} + 6878\text{ kg/d} + 3843\text{ kg/d} + 5376\text{ kg/d}}{5} = 5235\text{ kg/d}$$

$$\bar{B}_{CSB,Ablauf Flotation} = \frac{\sum_1^5 B_{CSB,Ablauf Flotation,MO} + B_{CSB,Ablauf Flotation,DI} + \dots}{5}$$

$$= \frac{1629 \text{ kg/d} + 1654 \text{ kg/d} + 2915 \text{ kg/d} + 2716 \text{ kg/d} + 2695 \text{ kg/d}}{5} = 2322 \text{ kg/d}$$

$$\bar{B}_{CSB,Reduktion Flotation} = \bar{B}_{CSB,Zulauf Flotation} - \bar{B}_{CSB,Ablauf Flotation}$$

$$= 5235 \text{ kg/d} - 2322 \text{ kg/d} = 2913 \text{ kg/d}$$

$$\bar{p}_{CSB,Reduktion Flotation} = 100 - \frac{100}{\bar{B}_{CSB,Zulauf Flotation}} * \bar{B}_{CSB,Ablauf Flotation}$$

$$= 100 - \frac{100}{5235 \text{ kg/d}} * 2322 \text{ kg/d} = 56 \%$$

Tabelle 44: Reduktion der CSB-Fracht durch Flotation

	Zulauf	Ablauf	Reduktion	
	kg/d	kg/d	kg/d	%
Mo	4778	1629	3149	66
Di	5299	1654	3645	69
Mi	6878	2915	3963	58
Do	3843	2716	1127	29
Fr	5376	2695	2681	50
Mittelwert	5235	2322	2913	56

79 Prozent der verbleibenden Fracht wurden im Mittel in die Kläranlage des GAVs geleitet und die restlichen 21 Prozent wurden im Belebungsbecken der Molkerei verarbeitet. Die Abbildung 48 und die Tabelle 45 zeigen die Ergebnisse der einzelnen Tage.

$$p_{CSB,Teil KA GAV} = \frac{100}{B_{CSB,Ablauf Flotation}} * B_{CSB,Teil KA GAV}$$

$$= \frac{100}{1629 \text{ kg/d}} * 1327 \text{ kg/d} = 81 \%$$

$$B_{CSB,BB Molkerei} = B_{CSB,Ablauf Flotation} - B_{CSB,Teil KA GAV}$$

$$= 1629 \text{ kg/d} - 1327 \text{ kg/d} = 302 \text{ kg/d}$$

$$p_{CSB,BB Molkerei} = \frac{100}{B_{CSB,Ablauf Flotation}} * B_{CSB,BB Molkerei}$$

$$= \frac{100}{1629 \text{ kg/d}} * 302 \text{ kg/d} = 19 \%$$

$$\bar{B}_{CSB,Ablauf Flotation} = \frac{\sum_1^5 B_{CSB,Ablauf Flotation,MO} + B_{CSB,Ablauf Flotation,DI} + \dots}{5}$$

$$= \frac{1629 \text{ kg/d} + 1654 \text{ kg/d} + 2915 \text{ kg/d} + 2716 \text{ kg/d} + 2695 \text{ kg/d}}{5} = 2322 \text{ kg/d}$$

Ergebnisse

$$\bar{B}_{CSB,Teil\ KA\ GAV} = \frac{\sum_1^5 B_{CSB,Teil\ KA\ GAV,MO} + B_{CSB,Teil\ KA\ GAV,DI} + \dots}{5}$$

$$= \frac{1327\ kg/d + 1252\ kg/d + 2130\ kg/d + 1955\ kg/d + 2471\ kg/d}{5} = 1827\ kg/d$$

$$\bar{p}_{CSB,Teil\ KA\ GAV} = \frac{100}{\bar{B}_{CSB,Ablauf\ Flotation}} * \bar{B}_{CSB,Teil\ KA\ GAV} = \frac{100}{2322\ kg/d} * 1827\ kg/d = 79\ %$$

$$\bar{B}_{CSB,BB\ Molkerei} = \frac{\sum_1^5 B_{CSB,BB\ Molkerei,MO} + B_{CSB,BB\ Molkerei,DI} + \dots}{5}$$

$$= \frac{302\ kg/d + 402\ kg/d + 785\ kg/d + 762\ kg/d + 224\ kg/d}{5} = 495\ kg/d$$

$$\bar{p}_{CSB,BB\ Molkerei} = \frac{100}{\bar{B}_{CSB,Ablauf\ Flotation}} * \bar{B}_{CSB,BB\ Molkerei} = \frac{100}{2322\ kg/d} * 495\ kg/d = 21\ %$$

Tabelle 45: Aufteilung der CSB-Fracht nach der Flotation

	Gesamt	KA GAV		BB Molkerei	
	kg/d	kg/d	%	kg/d	%
Mo	1629	1327	81	302	19
Di	1654	1252	76	402	24
Mi	2915	2130	73	785	27
Do	2716	1955	72	762	28
Fr	2695	2471	92	224	8
Mittelwert	2322	1827	79	495	21

Im Belebungsbecken konnte die CSB-Fracht im Mittel um 98 Prozent verringert werden. Dies kann der Tabelle 46 entnommen werden.

$$B_{CSB,Reduktion\ MB} = B_{CSB,BB\ Molkerei} - B_{CSB,NKB\ Molkerei}$$

$$= 302\ kg/d - 2\ kg/d = 300\ kg/d$$

$$p_{CSB,Reduktion\ MB} = 100 - \frac{100}{B_{CSB,BB\ Molkerei}} * B_{CSB,NKB\ Molkerei}$$

$$= 100 - \frac{100}{302\ kg/d} * 300\ kg/d = 99\ %$$

$$\bar{B}_{CSB,BB\ Molkerei} = \frac{\sum_1^5 B_{CSB,BB\ Molkerei,MO} + B_{CSB,BB\ Molkerei,DI} + \dots}{5}$$

$$= \frac{302\ kg/d + 402\ kg/d + 785\ kg/d + 762\ kg/d + 224\ kg/d}{5} = 495\ kg/d$$

$$\bar{B}_{CSB,NKB\ Molkerei} = \frac{\sum_1^5 B_{CSB,NKB\ Molkerei,MO} + B_{CSB,NKB\ Molkerei,DI} + \dots}{5}$$

$$= \frac{2\ kg/d + 10\ kg/d + 9\ kg/d + 12\ kg/d + 11\ kg/d}{5} = 9\ kg/d$$

$$\bar{B}_{CSB,Reduktion\ MB} = \bar{B}_{CSB,BB\ Molkerei} - \bar{B}_{CSB,NKB\ Molkerei}$$

$$= 495\ kg/d - 9\ kg/d = 486\ kg/d$$

$$\bar{p}_{CSB,Reduktion MB} = 100 - \frac{100}{\bar{B}_{CSB,BB Molkerei}} * \bar{B}_{CSB,NKB Molkerei}$$

$$= 100 - \frac{100}{495 \text{ kg/d}} * 9 \text{ kg/d} = 98 \%$$

Tabelle 46: Reduktion der CSB-Fracht durch die biologische Reinigung

	Zulauf	Ablauf	Reduktion	
	kg/d	kg/d	kg/d	%
Mo	302	2	300	99
Di	402	10	391	97
Mi	785	9	776	99
Do	762	12	749	98
Fr	224	11	213	95
Mittelwert	495	9	486	98

Die Abbildung 48 und die Tabelle 47 zeigen außerdem, dass der Anteil an CSB-Fracht der Molkerei bei rund 17 Prozent der gesamten CSB-Fracht im Zulauf der Kläranlage des GAVs lag.

$$\bar{B}_{CSB,Zulauf GAV} = \frac{\sum_1^5 B_{CSB,Zulauf GAV,MO} + B_{CSB,Zulauf GAV,DI} + \dots}{5}$$

$$= \frac{11266 \text{ kg/d} + 14901 \text{ kg/d} + 9337 \text{ kg/d} + 8693 \text{ kg/d} + 10427 \text{ kg/d}}{5} = 10925 \text{ kg/d}$$

$$\bar{B}_{CSB,Teil KA GAV} = \frac{\sum_1^5 B_{CSB,Teil KA GAV,MO} + B_{CSB,Teil KA GAV,DI} + \dots}{5}$$

$$= \frac{1327 \text{ kg/d} + 1252 \text{ kg/d} + 2130 \text{ kg/d} + 1955 \text{ kg/d} + 2471 \text{ kg/d}}{5} = 1827 \text{ kg/d}$$

$$p_{CSB,Anteil Molkerei} = \frac{100}{\bar{B}_{CSB,Zulauf GAV}} * \bar{B}_{CSB,Teil KA GAV} = \frac{100}{11266 \text{ kg/d}} * 1327 \text{ kg/d} = 12 \%$$

$$\bar{p}_{CSB,Anteil Molkerei} = \frac{100}{\bar{B}_{CSB,Zulauf GAV}} * \bar{B}_{CSB,Teil KA GAV} = \frac{100}{10925 \text{ kg/d}} * 1827 \text{ kg/d} = 17 \%$$

Tabelle 47: Anteil der CSB-Fracht der Molkerei an der gesamten CSB-Fracht im Zulauf der Kläranlage des GAVs

	Zulauf GAV	Anteil Molkerei	
	kg/d	kg/d	%
Mo	11266	1327	12
Di	14901	1252	8
Mi	9337	2130	23
Do	8693	1955	22
Fr	10427	2471	24
Mittelwert	10925	1827	17

BSB₅

Die BSB₅-Konzentration wurde nur einmal am Mittwoch bestimmt. Dafür wurde der BSB angesetzt und nach fünf Tagen der BSB₅-Wert ausgelesen.

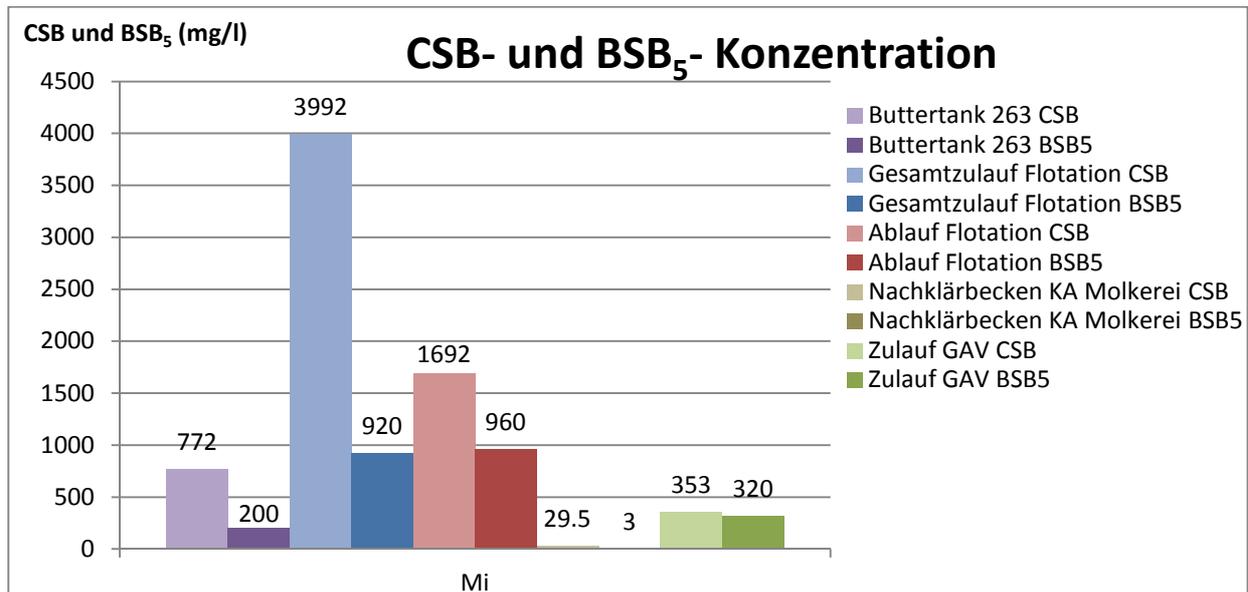


Abbildung 49: Darstellung der CSB- und BSB₅-Konzentration

Die Abbildung 49 zeigt deutlich, dass durch die Flotation vor allem der schwerabbaubare organische Anteil reduziert wurde und der abbaubare Anteil nahezu gleich blieb. Im Zuge der Flotation wurde daher auch ein CSB/BSB₅-Verhältnis von 1,8 geschaffen, welches auch auf kommunalen Kläranlagen üblich ist.

Im Zuge der biologischen Reinigung in der Betriebskläranlage konnte, sowohl die CSB-, als auch die BSB₅-Konzentration deutlich gesenkt werden.

Im Zulauf zur Abwasserreinigungsanlage des GAVs wurde ein BSB₅-Wert von 320 mg/l gemessen, der nur rund ein Drittel des BSB₅-Werts des Ablaufs der Flotation entsprach.

Eine generelle Aussage über das CSB/BSB₅-Verhältnis der verschiedenen Anlagenteile war schwer möglich, da nur Werte eines Tages zur Verfügung standen und somit nur sehr schwer auf die üblichen Verhältnisse geschlossen werden konnte.

Der Verlauf des Sauerstoffverbrauchs der Mittwoch-Probe ist in der Abbildung 50 dargestellt. Darin ist zu erkennen, dass am ersten Tag ein sehr hoher Sauerstoffverbrauch bei den Proben aus dem Buttertank 263, dem Gesamtzulauf zur Flotation und dem Ablauf aus der Flotation zu messen war. Dies lässt darauf schließen, dass die organische Substanz sehr gut biologisch abbaubar war. Im Gegensatz dazu hat der biologische Abbau in der Probe des Zulaufs zur Kläranlage des GAVs erst am dritten Tag begonnen.

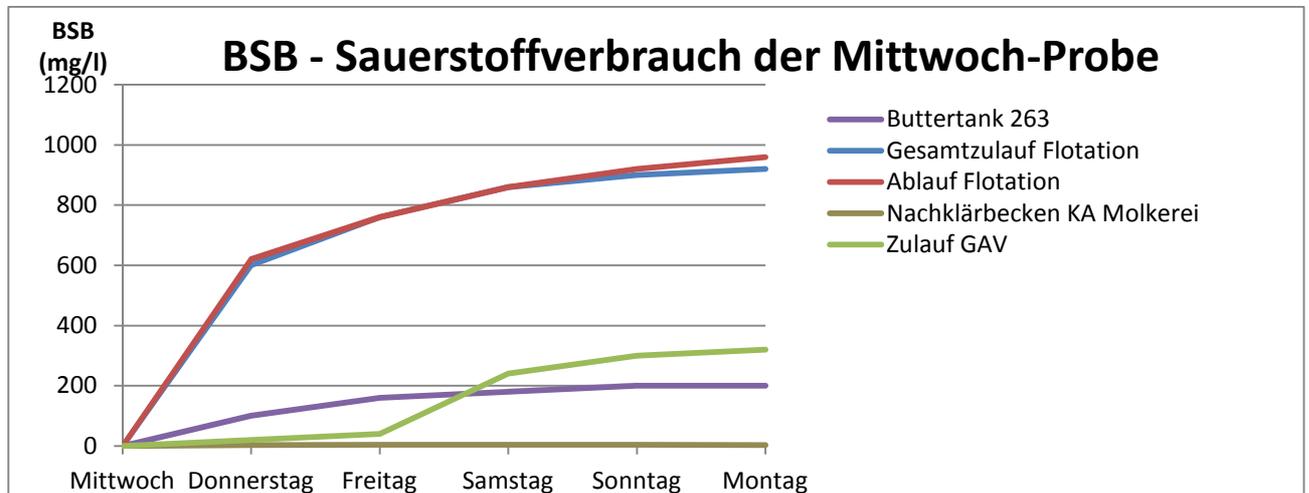


Abbildung 50: BSB – Sauerstoffverbrauch der Mittwoch-Probe

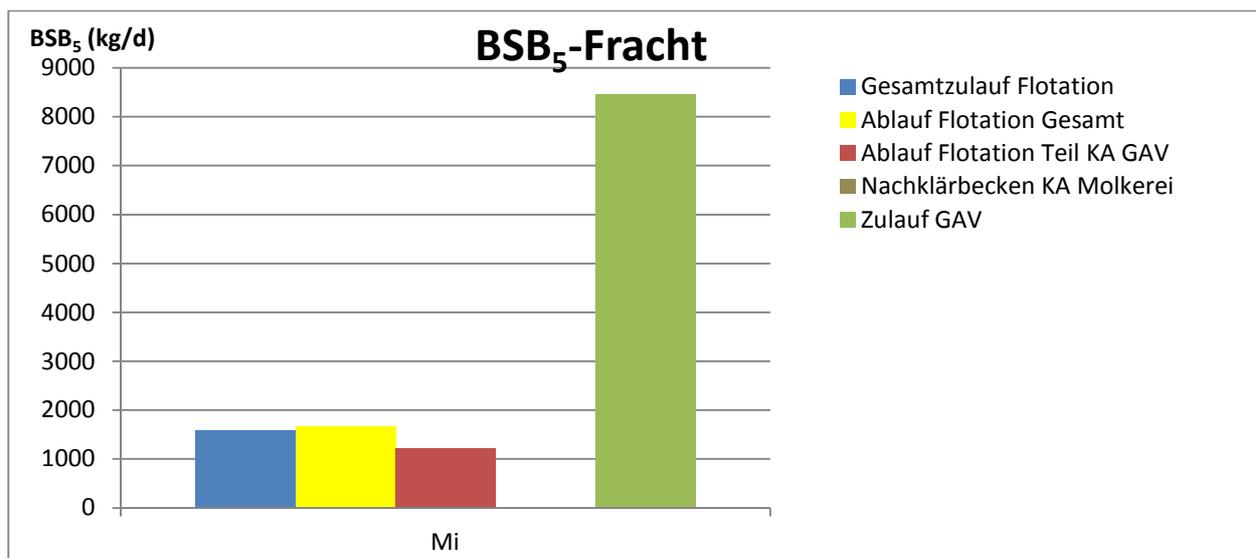


Abbildung 51: Darstellung der BSB₅-Fracht

Auch die Betrachtung der Fracht in der Abbildung 51 zeigt, dass die Menge an BSB₅ im Zuge der Flotation nicht reduziert werden konnte. Erst in der biologischen Reinigungsstufe erfolgte eine Verringerung der BSB₅-Fracht um 99,8 Prozent. Der Wert wurde auf den Anteil der BSB₅-Fracht bezogen, die nach der Flotation in das Belebungsbecken gelangte.

Außerdem war zu erkennen, dass der BSB₅-Frachtanteil der Molkerei ca. 14% am Zulauf der Kläranlage des GAVs betrug.

N-Gesamt

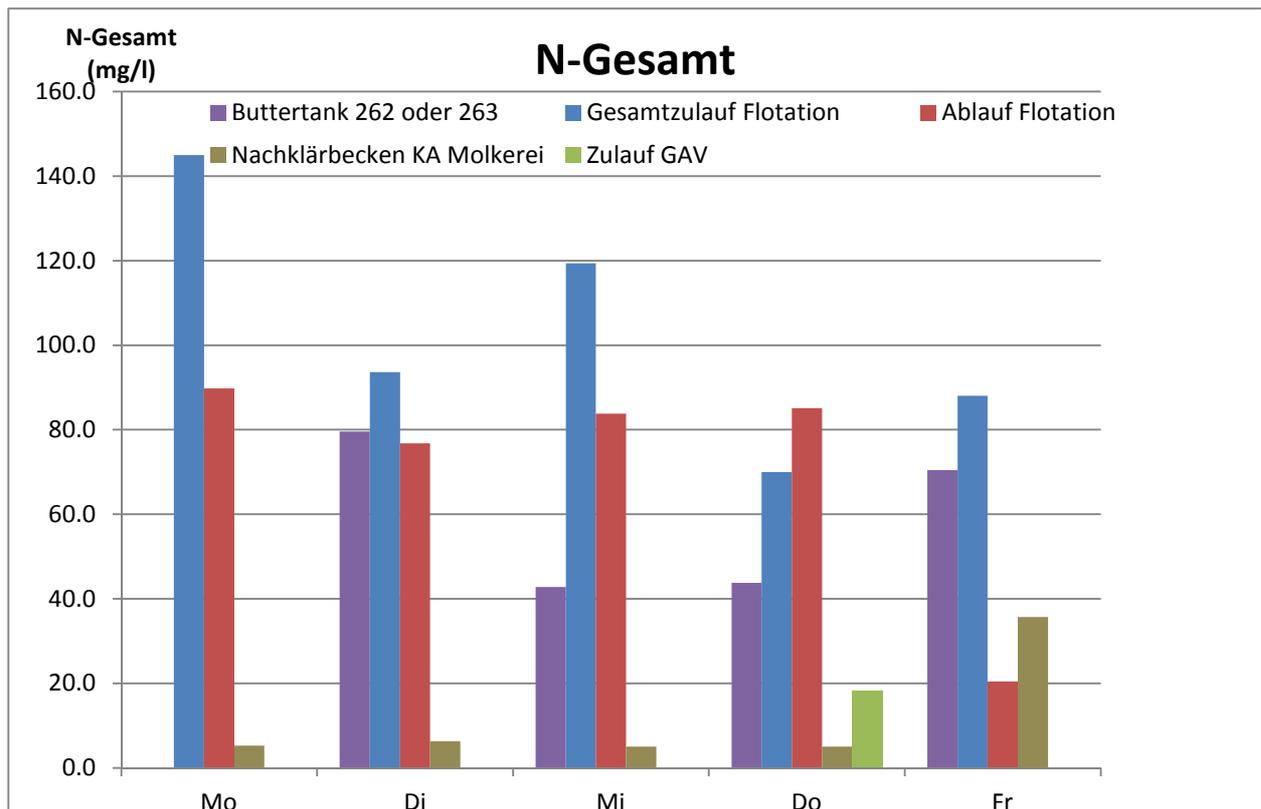


Abbildung 52: Darstellung der N-Gesamt-Konzentration

Die Auswertung des Gesamtstickstoffs in der Abbildung 52 zeigt, dass in den Buttertanks relativ hohe Konzentrationen an Stickstoff nachzuweisen waren. Allerdings erhöhte sich die Konzentration bis zum Zulauf zur Flotation nochmals deutlich. Dies war vermutlich auf Prozesse in anderen Anlagenteilen zurückzuführen.

Zwischen dem Messwert des Zulaufs zur Flotation und des Ablauf von der Flotation lagen mehrere Prozesse, die die Stickstoffkonzentration beeinflussten. Zumal konnte aufgrund der Pufferung in den Zwischentanks eine Denitrifikation stattgefunden haben, die den Gesamtstickstoffgehalt reduzierte. Andererseits konnte durch die Neutralisation durch HNO_3 Säure eingetragen werden, die die Nitratkonzentration und somit auch die Gesamt-N-Konzentration, erhöhte. Demzufolge ist die Stickstoffkonzentration stark prozessabhängig, doch im Vergleich zu üblichen Konzentrationen in kommunalen Anlagen (rund 25mg/l) mit 80mg/l relativ hoch.

Die Reduzierung der Konzentration im Belebungsbecken war deutlich beim Vergleich der Werte „Ablauf Flotation“ und „Nachklärbecken KA Molkerei“ ersichtlich. Warum am Freitag die Konzentration im Nachklärbecken massiv angestiegen ist, konnte nicht eruiert werden.

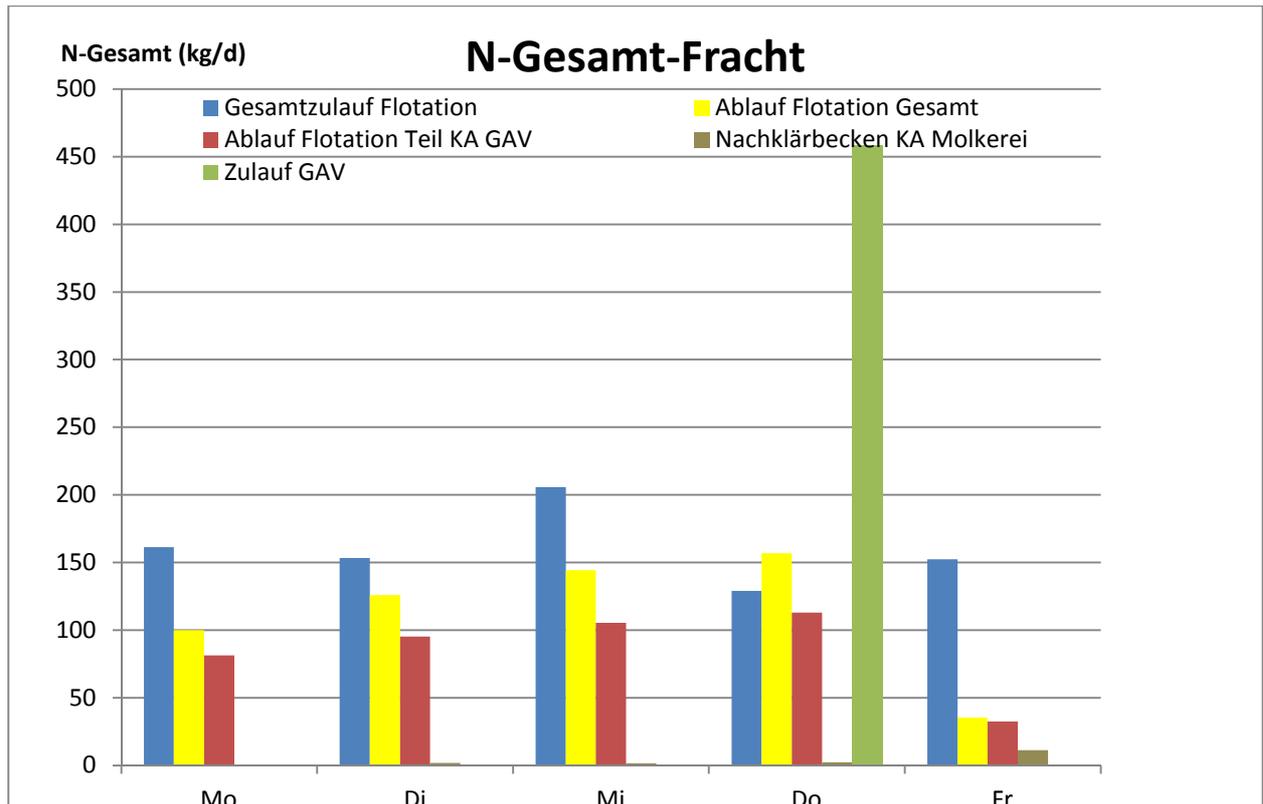


Abbildung 53: Darstellung der N-Gesamt-Fracht

Die Abbildung 53 zeigt die tägliche N-Gesamt-Fracht der einzelnen Probenahmestellen. Wiederum war die Fracht in den Buttertanks nicht berechenbar, da keine täglichen Mengen der Buttertanks gemessen wurden.

Auf die Unterscheidung zwischen „Ablauf Flotation Gesamt“ und „Ablauf Flotation Teil KA GAV“ muss hingewiesen werden. Die Berechnung findet sich in Kapitel 4.8.1 wider.

In der Analysewoche konnte durch die Flotation die Stickstoffgesamtfracht im Mittel um 30 Prozent gesenkt werden. Aufgrund der verschiedenen Prozesse (Pufferung, Neutralisation) zwischen dem Zulauf zur Flotation und dem Ablauf von der Flotation war auch ein Anstieg der N-Gesamtfracht möglich. Außerdem konnten aufgrund eines defekten Probehemers nur Teilproben anstelle von 24h Mischproben gezogen werden, die möglicherweise einen Einfluss auf die Ergebnisse hatten. Die Tabelle 48 zeigt die Veränderung der Stickstoffgesamtfracht durch die Flotation.

Tabelle 48: Reduktion der N-Gesamt-Fracht durch die Flotation

	Zulauf	Ablauf	Reduktion	
	kg/d	kg/d	kg/d	%
Mo	161	100	61	38
Di	153	126	28	18
Mi	206	144	61	30
Do	129	157	-28	-22
Fr	152	35	117	77
Mittelwert	160	112	48	30

Wiederum erfolgte die Aufteilung nach der Flotation in die Zuleitung zur Kläranlage des GAVs und in die Beschickung des Belebungsbeckens der Molkerei. Im Mittel wurden 76 Prozent der gesamten Stickstofffracht in die Kläranlage des GAVs geleitet und die übrigen 24 Prozent gelangten in das Belebungsbecken (Tabelle 49).

Tabelle 49: Aufteilung der N-Gesamt-Fracht nach der Flotation

	Gesamt	KA GAV		BB Molkerei	
	kg/d	kg/d	%	kg/d	%
Mo	100	81	81	18	19
Di	126	95	76	31	24
Mi	144	106	73	39	27
Do	157	113	72	44	28
Fr	35	32	92	3	8
Mittelwert	112	85	76	27	24

Die Reinigungsleistung im Belebungsbecken lag bei durchschnittlich 88 Prozent (Tabelle 50).

Tabelle 50: Reduktion der N-Gesamt-Fracht durch die mikrobiologische Reinigung

	Zulauf	Ablauf	Reduktion	
	kg/d	kg/d	kg/d	%
Mo	18	0,3	18	99
Di	31	2	29	94
Mi	39	2	37	96
Do	44	2	42	95
Fr	3	11	-8	-279
Mittelwert	27	3	24	88

Aufgrund der fehlenden Messdaten (n.a. nicht analysiert) war der Anteil am Gesamtzulauf zur Kläranlage des Gemeindeabwasserverbands nur sehr schwer abzuschätzen. Die folgende Tabelle 51 gibt einen groben Überblick.

Tabelle 51: Anteil der N-Gesamt-Fracht der Molkerei an der N-Gesamt-Fracht im Zulauf der Kläranlage des GAVs

	Zulauf GAV	Anteil Molkerei	
	kg/d	kg/d	%
Mo	n.a.	81	n.a.
Di	n.a.	95	n.a.
Mi	n.a.	106	n.a.
Do	459	113	25
Fr	n.a.	32	n.a.
Mittelwert	459	85	19

Um den durchschnittlichen, prozentuellen Anteil an Gesamtstickstoff der Molkerei am Zulauf der Kläranlage des GAVs auszurechnen, wurde der Jahresmittelwert herangezogen. Im Jahresmittel betrug die Konzentration an Gesamtstickstoff in der Kläranlage des GAVs rund 30 mg/l. Dies ergab bei einer Zulaufmenge von rund 20.000 m³/d eine Fracht von 600 kg/d. Der Anteil der Molkerei (85,5 kg/d) wäre somit rund 14 Prozent gewesen.

NH₄-N

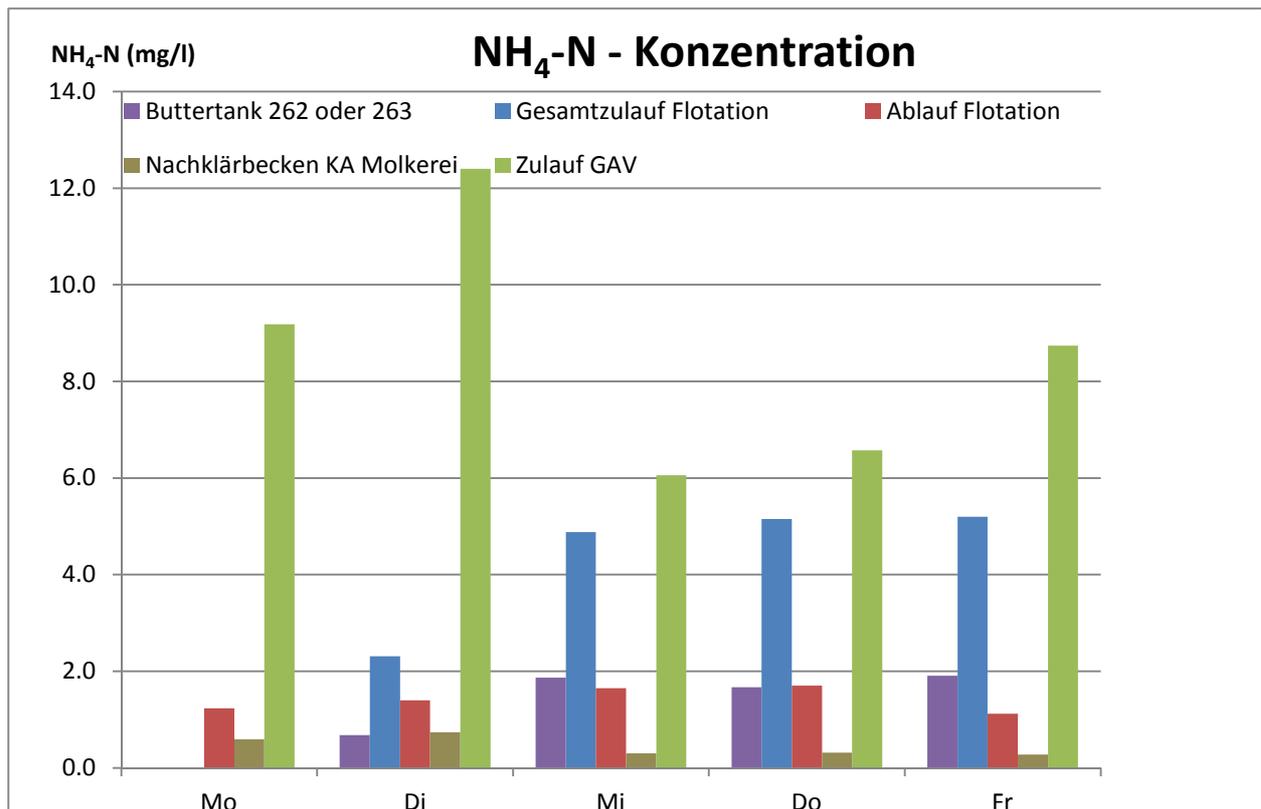


Abbildung 54: Darstellung der NH₄-N-Konzentration

In der Abbildung 54 sind die Ammoniumkonzentrationen bei den unterschiedlichen Messstellen dargestellt. Ähnlich wie beim Gesamtstickstoff war auch beim Ammoniumstickstoff die Konzentration in den Buttertanks relativ gering. Dies ließ darauf schließen, dass der Großteil des Ammoniums aus anderen Anlagenteilen kommt, wobei die Konzentrationen im Vergleich zu kommunalen Anlagen (rund 10-15mg/l) relativ gering waren.

Erneut ist auch eine starke Reduktion durch die Flotation zu erkennen. Im Zuge der Flotation konnten rund 67 Prozent des Ammoniums entfernt werden, wobei der Prozess nicht klar ist.

Im Zuge der biologischen Reinigung konnten weitere 70 Prozent des übriggebliebenen Ammoniums entfernt werden.

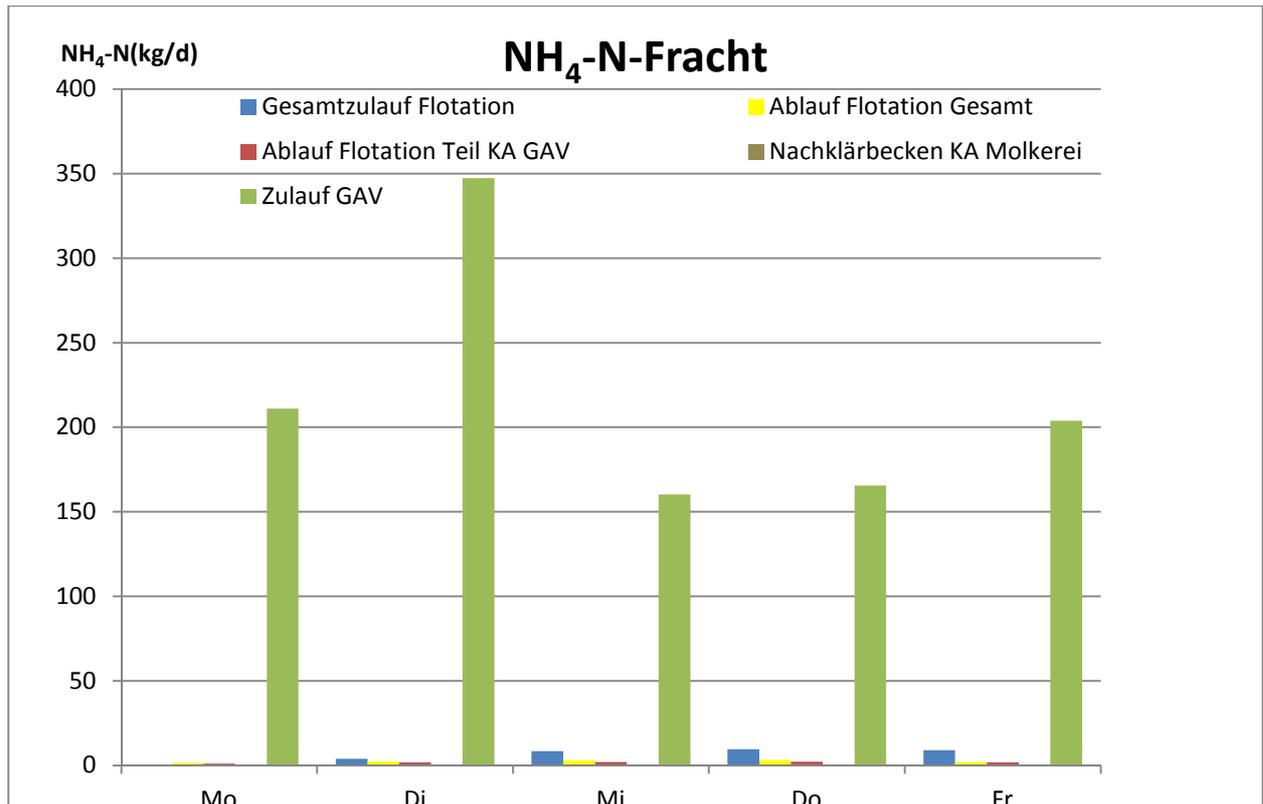


Abbildung 55: Darstellung der NH₄-N-Fracht

Die NH₄-N-Frachten der einzelnen Anlagenteile werden in der Abbildung 55 dargestellt. Erneut ist auf das Fehlen der Frachten in den Buttertanks hinzuweisen.

Außerdem wird wiederum auf die Unterteilung in „Ablauf Flotation Gesamt“ und „Ablauf Flotation Teil KA GAV“ aufmerksam gemacht, die analog zur Berechnung im Unterpunkt 4.8.1 durchgeführt wurde.

Die Ammoniumfracht konnte im Mittel durch die Flotation um rund 67 Prozent reduziert werden. Da am Montag noch keine NH₄-N-Konzentration im Zulauf der Flotation gemessen wurde, konnte für diesen Tag auch keine Fracht berechnet werden. (Die fehlenden Daten von Montag wurden in der Auswertung nicht berücksichtigt.) (Tabelle 52)

Tabelle 52: Reduktion der NH₄-N-Fracht durch die Flotation

	Zulauf	Ablauf	Reduktion	
	kg/d	kg/d	kg/d	%
Mo	n.a.	1,4	n.a.	n.a.
Di	3,8	2,3	1,5	39
Mi	8,4	2,8	5,6	66
Do	9,5	3,1	6,4	67
Fr	9,0	1,9	7,1	78
Mittelwert	7,7	2,6	5,1	67

Die $\text{NH}_4\text{-N}$ -Fracht wurde zu rund 77 Prozent in die KA des GAVs transferiert und die restlichen 23 Prozent wurden in der Betriebskläranlage behandelt. In der Tabelle 53 finden sich die Ergebnisse der gesamten Woche.

Tabelle 53: Aufteilung der $\text{NH}_4\text{-N}$ -Fracht nach der Flotation

	Gesamt	KA GAV		BB Molkerei	
	kg/d	kg/d	%	kg/d	%
Mo	1,4	1,1	81	0,3	19
Di	2,3	1,7	76	0,6	24
Mi	2,8	2,1	73	0,8	27
Do	3,1	2,3	72	0,9	28
Fr	1,9	1,8	92	0,2	8
Mittelwert	2,3	1,8	77	0,5	23

Im Zuge der biologischen Reinigung in der Betriebskläranlage konnte eine Reduktion der $\text{NH}_4\text{-N}$ -Fracht von rund 79 Prozent, gemittelt über die gesamte Woche, erreicht werden. Die berechneten Werte finden sich in der folgenden Tabelle 54 wider.

Tabelle 54: Reduktion der $\text{NH}_4\text{-N}$ -Fracht durch die mikrobiologische Reinigung

	Zulauf	Ablauf	Reduktion	
	kg/d	kg/d	kg/d	%
Mo	0,3	0,0	0,2	89
Di	0,6	0,2	0,4	64
Mi	0,8	0,1	0,7	88
Do	0,9	0,1	0,7	85
Fr	0,2	0,1	0,1	47
Mittelwert	0,5	0,1	0,4	79

Bereits in der Abbildung 55 ist zu erkennen, dass der Einfluss der Molkerei auf die Kläranlage des GAVs im Hinblick auf $\text{NH}_4\text{-N}$ im betrachteten Zeitraum verschwindend gering war. Die Tabelle 55 bestätigt den Eindruck und zeigt, dass im Mittel nur rund ein Prozent der direkten Ammoniumfracht aus der Molkerei stammten. Durch Hydrolyse könnte allerdings weiteres $\text{NH}_4\text{-N}$ aus dem Gesamtstickstoff freigesetzt werden. Der Grund dafür lag in der deutlich höheren Konzentration an Ammonium, bei gleichzeitig viel größerer Menge, im Zulauf der Kläranlage des GAVs, als im Ablauf der Flotation.

Tabelle 55: Anteil der $\text{NH}_4\text{-N}$ -Fracht der Molkerei an der $\text{NH}_4\text{-N}$ -Fracht im Zulauf der Kläranlage des GAVs

	Zulauf GAV	Anteil Molkerei	
	kg/d	kg/d	%
Mo	211,1	1,1	1
Di	347,3	1,7	1
Mi	160,3	2,1	1
Do	165,5	2,3	1
Fr	203,9	1,8	1
Mittelwert	217,6	1,8	1

NO₃-N

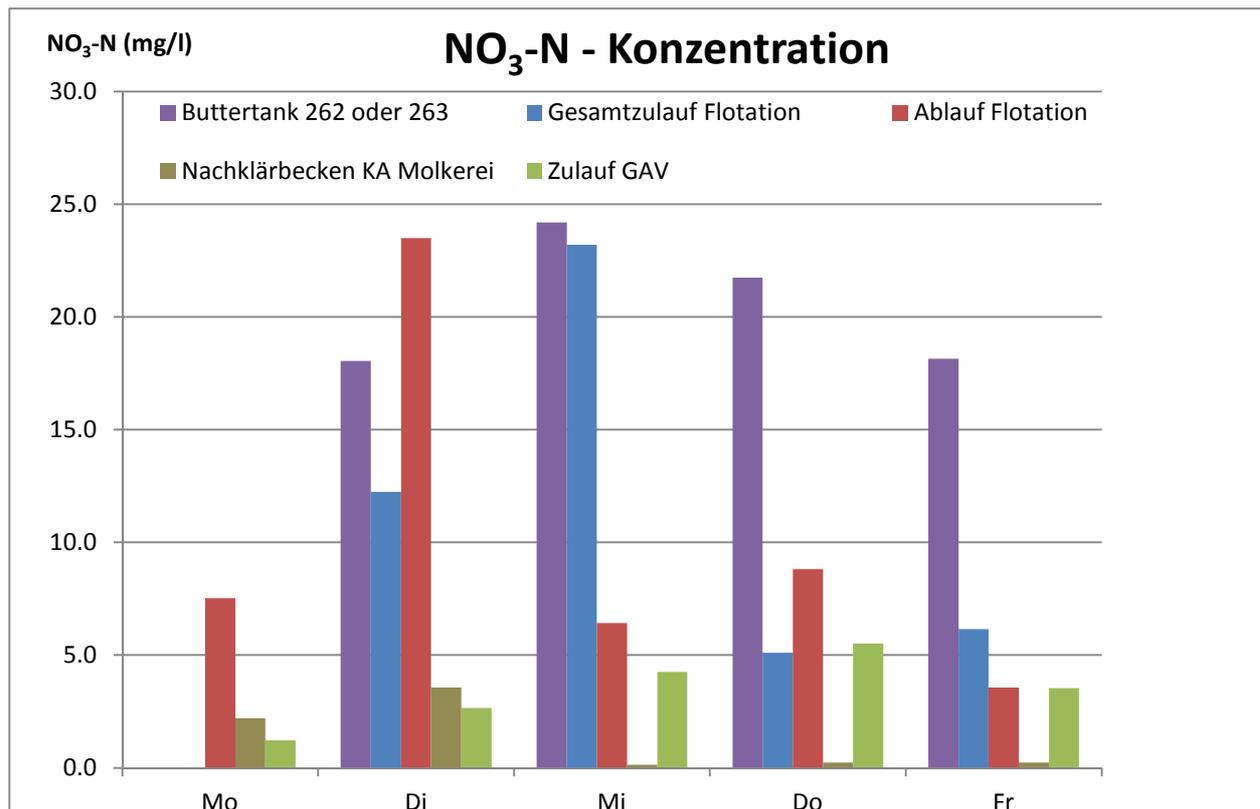


Abbildung 56: Darstellung der NO₃-N-Konzentration

Die Abbildung 56 zeigt die Nitratkonzentrationen an den verschiedenen Messstellen. Die relativ hohen Nitrat-Konzentrationen in den Buttertanks spiegelten sich im Gesamtzulauf zur Flotation nicht wider. Dies kann einerseits auf eine zu geringe Nitratfracht aus den Buttertanks zurückzuführen sein, die keinen signifikanten Einfluss auf den Gesamtzulauf erzeugte. Andererseits könnte bereits eine Denitrifikation eingesetzt haben, die zu einer Reduktion der NO₃-N-Konzentration führte.

Aufgrund der verschiedenen Prozesse (Pufferung, Neutralisation) zwischen den Messstationen „Gesamtzulauf Flotation“ und „Ablauf Flotation“ kam es zu einer starken Beeinflussung der NO₃-N-Konzentration. Zum einen konnte eine Denitrifikation in den Puffertanks stattfinden, die zu einer Reduzierung der Konzentration führte. Allerdings war auch eine Erhöhung aufgrund der Zugabe von HNO₃ in der Neutralisation möglich.

Eine Denitrifikation im Belebungsbecken konnte durch den starken Abbau des Nitrats festgestellt werden.

Durch die mikrobiologische Umsetzung können keine Zusammenhänge zum Zulauf der Kläranlage des GAVs nachgewiesen werden.

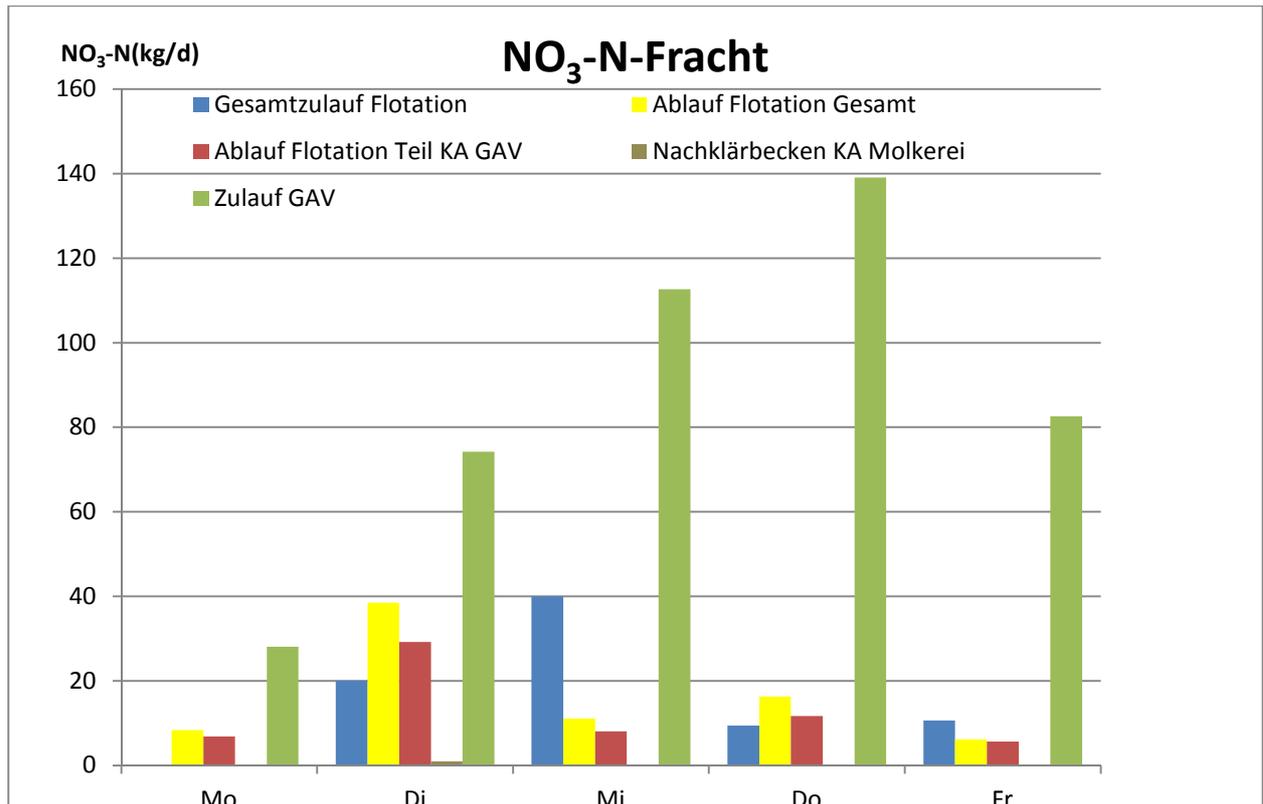


Abbildung 57: Darstellung der NO₃-N-Fracht

Die NO₃-N-Fracht der Abwässer der einzelnen Anlagenteile wird in der Abbildung 57 dargestellt. Aufgrund der fehlenden Mengenangabe der Buttertanks konnte keine Aussage über die Frachten in den Tanks getroffen werden.

Erneut wird auf die Unterteilung in „Ablauf Flotation Gesamt“ und „Ablauf Flotation Teil KA GAV“ aufmerksam gemacht, die analog zur Berechnung im Unterpunkt 4.8.1 durchgeführt wurde.

Durch die Pufferung und Neutralisation vor der Flotation konnten relativ große Schwankungen im Zulauf zur Flotation beobachtet werden. Zum Teil stieg die NO₃-N-Fracht in der Flotation durch die Zugabe von Salpetersäure (HNO₃) zur Neutralisation an. Über die Woche gemittelt, blieb die Fracht annähernd gleich, bzw. konnten nur 10 Prozent der Nitratfracht als Differenz ausgewiesen werden (Tabelle 56). (Die Daten von Montag wurden aufgrund der fehlenden Werte nicht berücksichtigt.)

Tabelle 56: Reduktion der NO₃-N-Fracht durch die Flotation

	Zulauf	Ablauf	Reduktion	
	kg/d	kg/d	kg/d	%
Mo	n.a.	8,4	n.a.	n.a.
Di	20,1	38,5	-18,4	-92
Mi	40,0	11,1	28,9	72
Do	9,4	16,2	-6,8	-73
Fr	10,7	6,2	4,5	42
Mittelwert	20,0	18,0	2,0	10

Über die Woche gemittelt, gelangten rund 76 Prozent der NO₃-N-Fracht in die Kläranlage des GAVs und die restlichen 24 Prozent wurden in die Betriebskläranlage der Molkerei geleitet (Tabelle 57).

Tabelle 57: Aufteilung der NO₃-N-Fracht nach der Flotation

	Gesamt	KA GAV		BB Molkerei	
	kg/d	kg/d	%	kg/d	%
Mo	8,4	6,8	81	1,6	19
Di	38,5	29,2	76	9,4	24
Mi	11,1	8,1	73	3,0	27
Do	16,2	11,7	72	4,6	28
Fr	6,2	5,7	92	0,5	8
Mittelwert	16,1	12,3	76	3,8	24

Im Belebungsbecken der Molkerei kam es zu einer Reduktion von 93 Prozent der NO₃-N-Fracht (Tabelle 58).

Tabelle 58: Reduktion der NO₃-N-Fracht durch die mikrobiologische Reinigung

	Zulauf	Ablauf	Reduktion	
	kg/d	kg/d	kg/d	%
Mo	1,6	0,1	1,4	93
Di	9,4	1,0	8,4	90
Mi	3,0	0,0	2,9	99
Do	4,6	0,1	4,5	98
Fr	0,5	0,1	0,4	86
Mittelwert	3,8	0,3	3,5	93

Der durchschnittliche Anteil der NO₃-N-Fracht der Molkerei lag bei 14 Prozent der Gesamtfracht in der Kläranlage des GAVs (Tabelle 59).

Tabelle 59: Anteil der NO₃-N-Fracht der Molkerei an der NO₃-N-Fracht im Zulauf der Kläranlage des GAVs

	Zulauf GAV	Anteil Molkerei	
	kg/d	kg/d	%
Mo	28,1	6,8	24
Di	74,2	29,2	39
Mi	112,7	8,1	7
Do	139,1	11,7	8
Fr	82,6	5,7	7
Mittelwert	87,3	12,3	14

P-Gesamt

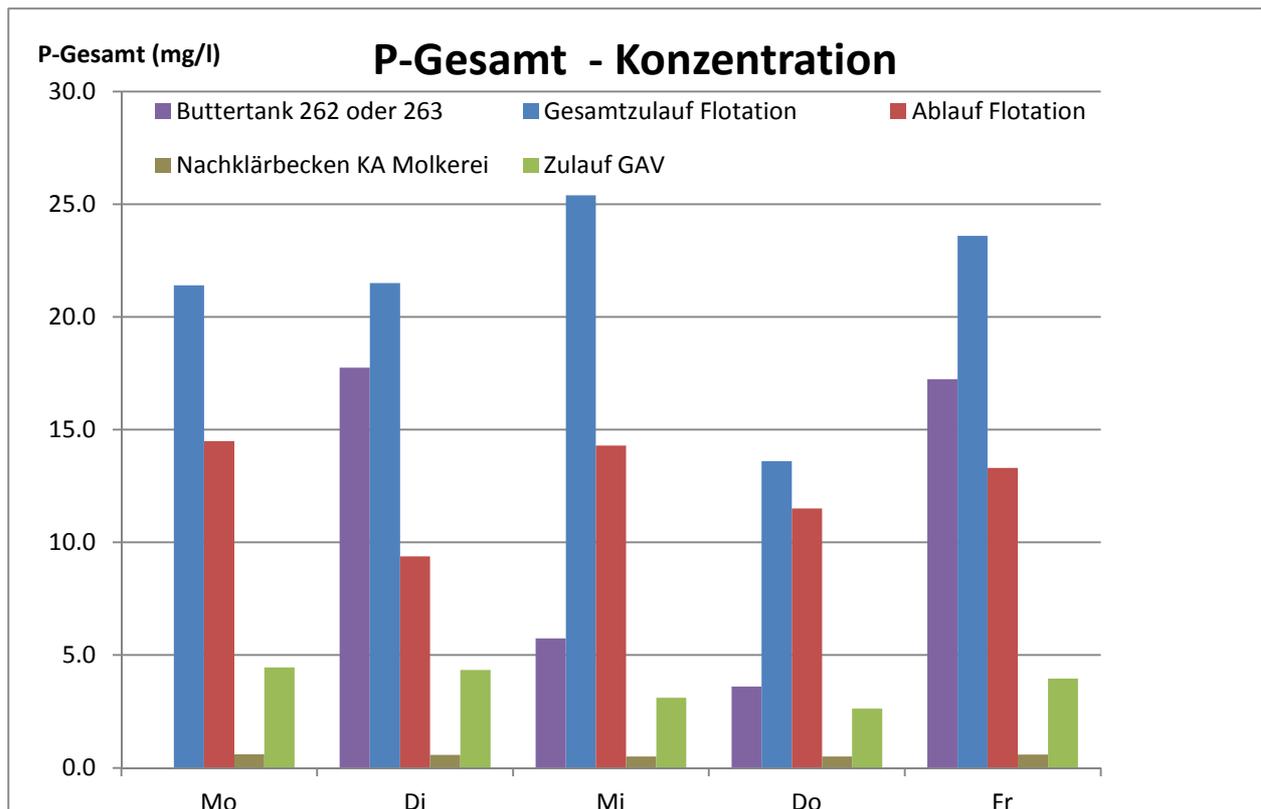


Abbildung 58: Darstellung der P-Gesamt-Konzentration

Die P-Gesamt-Konzentrationen sind in der Abbildung 58 dargestellt. Diese schwankten sehr stark in den Buttertanks, waren aber durchgehend niedriger als die Konzentrationen im Gesamtzulauf zur Flotation. Dies ließ wiederum auf einen zusätzlichen Eintrag aus anderen Produktionsstätten schließen.

Im Zuge der Flotation konnte diese Phosphor-Konzentration deutlich erniedrigt werden und auch die Fluktuation der Werte ging etwas zurück.

Eine starke Reduktion der Phosphor-Konzentration konnte im Belebungsbecken erzielt werden. Dies ist auf den Einsatz von einem Eisen-Fällungsmittel im Belebungsbecken zurückzuführen.

Eine Korrelation zwischen der Phosphor-Konzentration im Ablauf der Flotation und im Zulauf der GAV konnte nicht nachgewiesen werden.

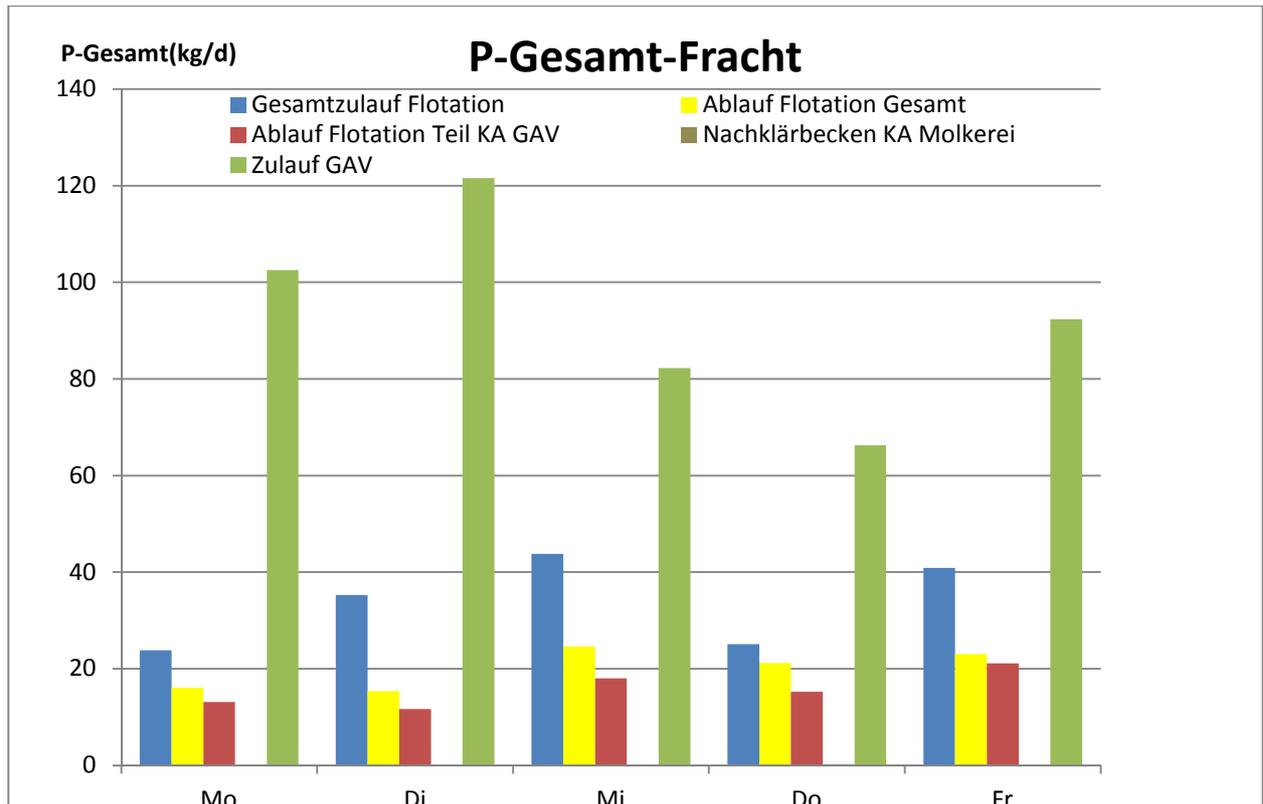


Abbildung 59: Darstellung der P-Gesamt-Fracht

Die Phosphor-Fracht in den einzelnen Anlagenteilen wird in der Abbildung 59 dargestellt. Die fehlenden Mengenangaben der Buttertanks ließen keine qualifizierten Aussagen über die Frachten aus den Tanks zu.

Außerdem wird darauf hingewiesen, dass zwischen den Frachten „Ablauf Flotation Gesamt“ und „Ablauf Flotation Teil KA GAV“ unterschieden werden muss. Die Differenzierung ist im Kapitel 4.8.1 näher erläutert.

Ein beträchtlicher Anteil von rund 41 Prozent konnte im Zuge der Flotation aus dem Zulauf entfernt werden (Tabelle 60).

Tabelle 60: Reduktion der P-Gesamt-Fracht durch die Flotation

	Zulauf	Ablauf	Reduktion	
	kg/d	kg/d	kg/d	%
Mo	23,8	16,1	7,7	32
Di	35,2	15,4	19,9	56
Mi	43,8	24,6	19,1	44
Do	25,1	21,2	3,9	15
Fr	40,9	23,0	17,8	44
Mittelwert	33,8	20,1	13,7	41

Im Wochendurchschnitt kamen rund 79 Prozent der Fracht nach der Flotation in die Kläranlage des GAVs und die restlichen 21 Prozent konnten intern weiterbehandelt werden (Tabelle 61).

Tabelle 61: Aufteilung der P-Gesamt-Fracht nach der Flotation

	Gesamt	KA GAV		BB Molkerei	
	kg/d	kg/d	%	kg/d	%
Mo	16,1	13,1	81	3,0	19
Di	15,4	11,6	76	3,7	24
Mi	24,6	18,0	73	6,6	27
Do	21,2	15,3	72	5,9	28
Fr	23,0	21,1	92	1,9	8
Mittelwert	20,1	15,8	79	4,2	21

Die durchschnittliche Reduktion der Phosphor-Fracht in der Biologie der Betriebskläranlage lag bei 97 Prozent (Tabelle 62). Der hohe Wert war auf den starken Zusatz von Fällmittel im Belebungsbecken zurückzuführen.

Tabelle 62: Reduktion der P-Gesamt-Fracht durch die mikrobiologische Reinigung

	Zulauf	Ablauf	Reduktion	
	kg/d	kg/d	kg/d	%
Mo	3,0	0,0	3,0	99
Di	3,7	0,2	3,6	96
Mi	6,6	0,2	6,5	98
Do	5,9	0,2	5,7	96
Fr	1,9	0,2	1,7	90
Mittelwert	4,2	0,1	4,1	97

Der Anteil der Phosphor-Fracht der Molkerei an der Gesamtfracht in der Kläranlage des GAVs war über die Woche gemittelt bei 17 Prozent (Tabelle 63).

Tabelle 63: Anteil der P-Gesamt-Fracht der Molkerei an der P-Gesamt-Fracht im Zulauf der Kläranlage des GAVs

	Zulauf GAV	Anteil Molkerei	
	kg/d	kg/d	%
Mo	102,5	13,1	13
Di	121,6	11,6	10
Mi	82,3	18,0	22
Do	66,3	15,3	23
Fr	92,4	21,1	23
Mittelwert	93,0	15,8	17

Freie Fettsäuren

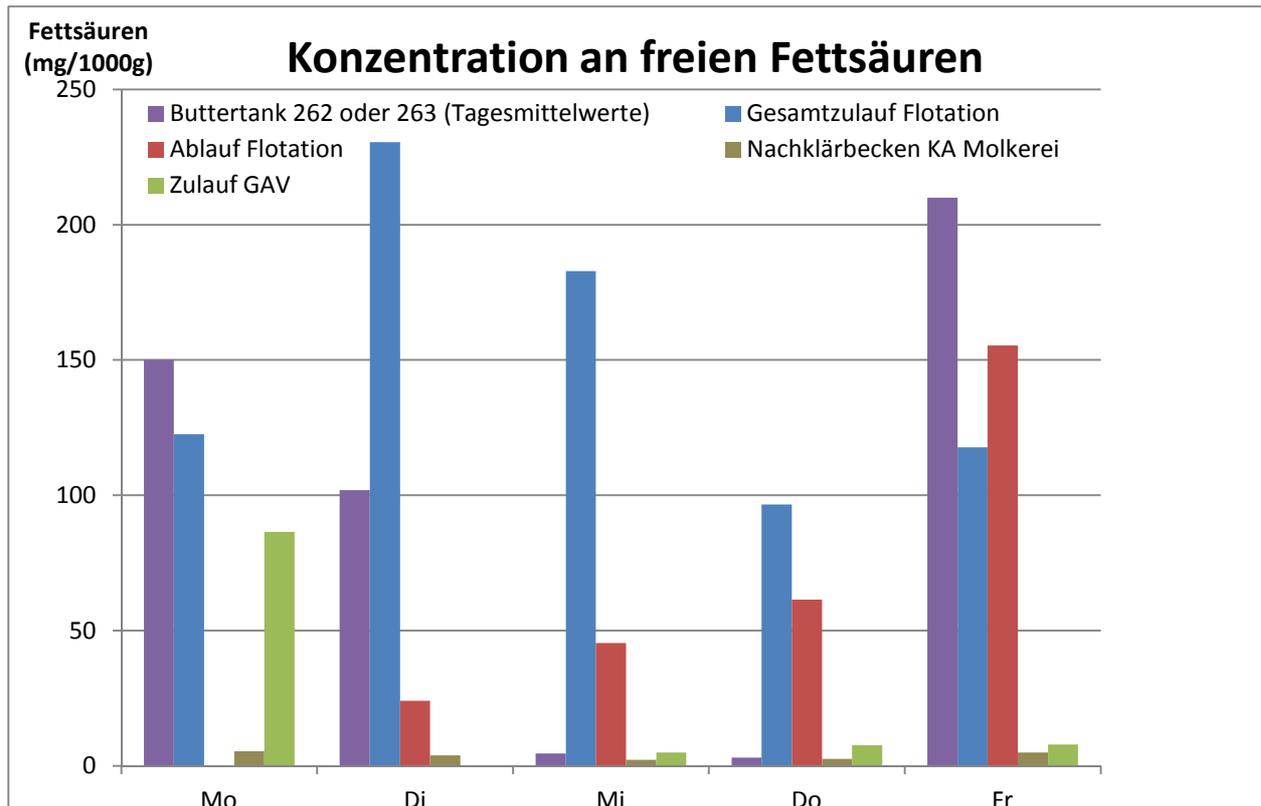


Abbildung 60: Darstellung der Konzentration an freien Fettsäuren

Die Abbildung 60 zeigt die Konzentrationen an freien Fettsäuren an den unterschiedlichen Messstellen. Diese schwankte sehr stark in den Buttertanks. Tendenziell waren die Proben des Tanks „262“ (Mo, Di, Fr) deutlich höher belastet, als die Proben des Tanks „263“ (Mi, Do). Laut Molkerei wurden jedoch die Tanks mit denselben Leitungen beschickt und abwechselnd verwendet. Dies könnte auf eine zufällige Verteilung von höher hydrolysierten Abwässern während der CIP-Reinigung zurückzuführen sein.

Des Weiteren konnten auch höhere Konzentrationen im Gesamtzulauf zur Flotation als in den Buttertanks nachgewiesen werden. Dies ließ wiederum auf einen Eintrag von anderen Prozessvorgängen in der Molkerei schließen.

Von Dienstag bis Donnerstag ist im Zuge der Flotation eine Reduktion der Fettsäuren zu erkennen, doch die Entfernungsrates wurde immer geringer und die Konzentration an freien Fettsäuren stieg zum Ende der Woche an. Schlussendlich wurde am Freitag die Konzentration im Ablauf der Flotation sogar höher als im Zulauf. Dies ließ auf eine Akkumulation der freien Fettsäuren im zwischengeschalteten Puffertank schließen. Möglicherweise kam es unter den stark basischen Bedingungen von den Buttertanks bis hin zur Neutralisation vor der Flotation zu einer weiteren Aufspaltung von Fetten zu freien Fettsäuren.

Im Belebungsbecken dürften die freien Fettsäuren entfernt worden sein, da sie im Ablauf des Nachklärbeckens nur in sehr geringen Konzentrationen nachgewiesen werden konnten.

Im Zulauf der Kläranlage des GAVs konnten ebenfalls freie Fettsäuren nachgewiesen werden, die aber in sehr geringen Konzentrationen im Vergleich zu dem Abwasser der Molkerei vorhanden waren. Die hohe Zulaufkonzentration zur GAV am Montag musste auf einen Messfehler zurückgeführt werden und wurde in den folgenden Berechnungen nicht berücksichtigt.

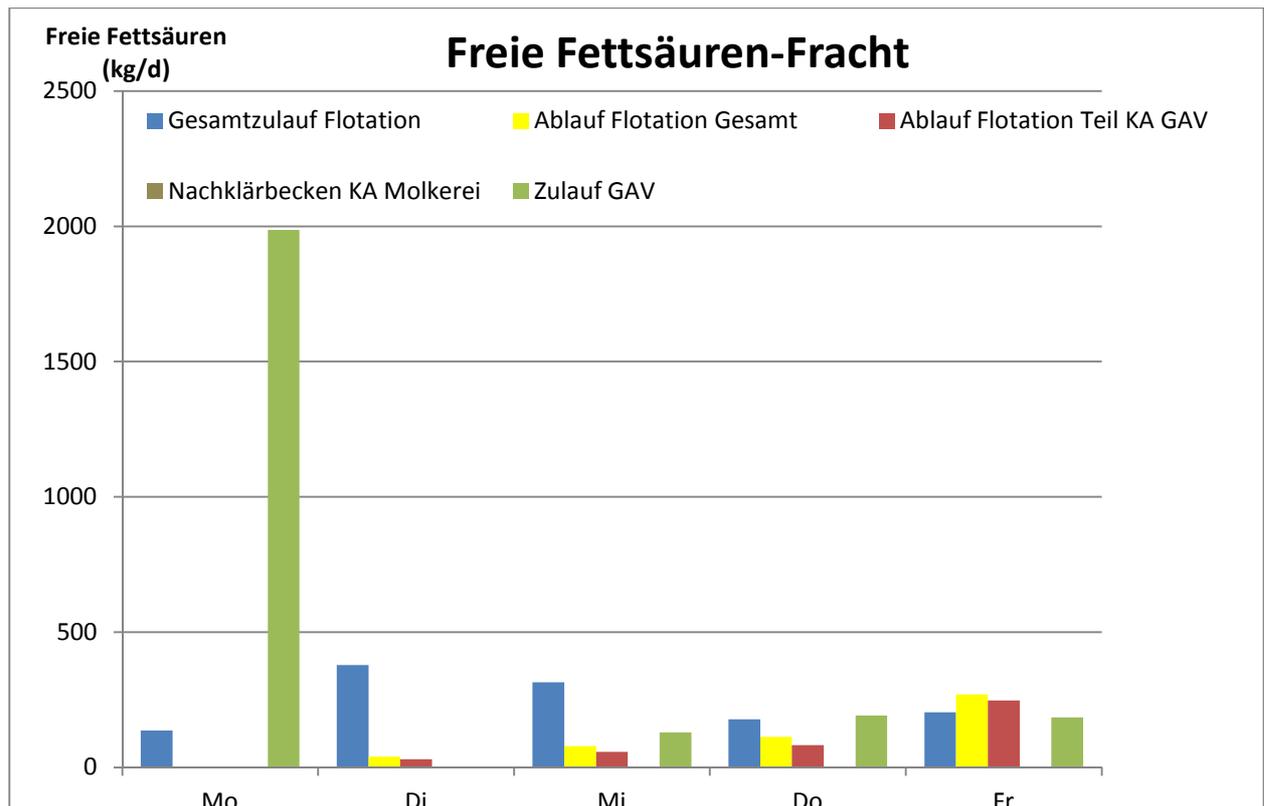


Abbildung 61: Darstellung der Fracht an freien Fettsäuren

In Abbildung 61 werden die Frachten der freien Fettsäuren gezeigt. Aufgrund der fehlenden Mengenangaben der Buttertanks ist eine Aussage über die Fracht aus den Tanks nicht möglich.

Erneut wird auf die Unterscheidung der Frachten „Ablauf Flotation Gesamt“ und „Ablauf Flotation Teil KA GAV“ hingewiesen. Die genaue Berechnung wird im Kapitel 4.8.1 erklärt.

In der Flotation konnte im Mittel die Fracht an freien Fettsäuren um 54 Prozent gesenkt werden. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass die Reduktion im Laufe der Woche immer geringer wurde und am Freitag der Austrag der Flotation höher als der Eintrag war. Diese Entwicklung glich dem Verlauf der Konzentration und war, wie oben beschrieben, vermutlich auf eine Akkumulation bzw. zusätzliche Erzeugung von freien Fettsäuren in der Flotation zurückzuführen. (Aufgrund der fehlenden Daten wurden die Tageswerte von Montag in der Mittelwertbildung nicht berücksichtigt.) Die Tabelle 64 zeigt die Reduktion der Frachten an freien Fettsäuren durch die Flotation.

Tabelle 64: Reduktion der Fracht an freien Fettsäuren durch die Flotation

	Zulauf	Ablauf	Reduktion	
	kg/d	kg/d	kg/d	%
Mo	136,3	n.a.	n.a.	n.a.
Di	378,0	39,3	338,6	90
Mi	315,1	78,2	236,9	75
Do	178,1	113,2	64,9	36
Fr	203,9	269,2	-65,3	-32
Mittelwert	268,8	125,0	143,8	53

Rund 17 Prozent der gesamten Fracht an freien Fettsäuren konnten im Belebungsbecken der Molkerei behandelt werden. Der Großteil von 83 Prozent wurde in die Kläranlage des GAVs transferiert (Tabelle 65).

Tabelle 65: Aufteilung der Fracht an freien Fettsäuren nach der Flotation

	Gesamt	KA GAV		BB Molkerei	
	kg/d	kg/d	%	kg/d	%
Mo	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Di	39,3	29,8	76	9,6	24
Mi	78,2	57,2	73	21,1	27
Do	113,2	81,5	72	31,7	28
Fr	269,2	246,8	92	22,4	8
Mittelwert	125,0	103,8	83	21,2	17

Im Zuge der biologischen Reinigung der Betriebskläranlage konnte eine Reduktion der Fracht an freien Fettsäuren von 95 Prozent erreicht werden (Tabelle 66).

Tabelle 66: Reduktion der Fracht an freien Fettsäuren durch die mikrobiologische Reinigung

	Zulauf	Ablauf	Reduktion	
	kg/d	kg/d	kg/d	%
Mo	n.a.	0,3	n.a.	n.a.
Di	9,6	1,0	8,5	89
Mi	21,1	0,7	20,4	97
Do	31,7	1,1	30,6	96
Fr	22,4	1,5	20,8	93
Mittelwert	21,2	1,1	20,1	95

Die transferierte Fracht an freien Fettsäuren der Molkerei stellte mit 76 Prozent den Großteil der Fracht im Zulauf der Kläranlage des GAVs (Tabelle 67). (Für die Berechnung wurden nur die Daten von Mi, Do und Fr herangezogen, da der offensichtliche Ausreißer und die fehlenden Werte von Mo und Di das Ergebnis verfälscht hätten.)

Tabelle 67: Anteil der Fracht an freien Fettsäuren der Molkerei an der Fracht der freien Fettsäuren im Zulauf der Kläranlage des GAVs

	Zulauf GAV	Anteil Molkerei	
	kg/d	kg/d	%
Mo	1986,5	n.a.	n.a.
Di	n.a.	29,8	n.a.
Mi	129,6	57,2	44
Do	191,5	81,5	43
Fr	184,3	246,8	134
Mittelwert	168,5	128,5	76



4.8.4 Auswertung der Schlammparameter

Im Zuge der Analysewoche wurden auch die Schlammparameter Trockensubstanz, Schlammvolumen und Schlammindex für die Betriebskläranlage der Molkerei bestimmt (Tabelle 68). Zum Vergleich wurden auch die genannten Parameter aus den Auswertungen der Kläranlage des GAVs herangezogen (Tabelle 69).

Tabelle 68: Auswertung der Schlammparameter der Betriebskläranlage der Molkerei

KA Molkerei	Mo	Di	Mi	Do	Fr
Schlammvolumen (ml/l)	1900	1850	1800	1650	1950
TS-Gehalt (g/l)	20,0	20,9	14,1	20,1	16,0
Schlammindex (ml/g)	95	89	128	82	122

In der Tabelle 68 ist deutlich zu erkennen, dass das Schlammvolumen über die gesamte Analysewoche sehr hoch war. Außerdem war der Trockensubstanzgehalt ebenfalls sehr hoch. Dies war auf den Einsatz von Steinmehl zurückzuführen, welches die Absetzeigenschaften des Schlammes verbessern sollte. Aufgrund des hohen TS-Gehalts wurde der Schlammindex relativ niedrig. Die errechneten Werte stehen aber in keinem Vergleich zu einer kommunalen Anlage.

Tabelle 69: Auswertung der Schlammparameter der Kläranlage des GAVs

Kläranlage GAV	Mo	Di	Mi	Do	Fr
Schlammvolumen (ml/l)	680	600	600	600	600
TS-Gehalt (g/l)	3,8	3,7	3,4	3,3	3,5
Schlammindex (ml/g)	179	162	176	182	171

Im gleichen Zeitraum konnten relativ niedrige Schlammvolumina in der Kläranlage des GAVs gemessen werden. Jedoch waren die TS-Gehalte ebenfalls gering, sodass der errechnete Schlammindex über die gesamte Woche betrachtet über 150 ml/g lag. In der Literatur wird der Wert 150 ml/g als Grenze zur Blähschlamm-Bildung herangezogen. Somit musste der Schlamm in der Versuchswoche als Blähschlamm ausgewiesen werden.



4.9 Laborversuche in den Kleinkläranlagen

In den folgenden Unterpunkten wird auf die Differenzierung der vier verschiedenen Laborversuche eingegangen und die dazugehörigen Ergebnisse geschildert.

4.9.1 Laborversuch 1

Im ersten Parallelversuch wurden die zwei Anlagen „Bier“ und „Bier + FS“ im Versuchszeitraum vom 2.4.2012 bis 11.4.2012 betrieben. Für beide Kleinkläranlagen wurde der Schlamm aus der SBR-Anlage der Universität für Bodenkultur Wien verwendet. Die einzige Unterscheidung der beiden Anlagen lag in den unterschiedlichen Zuläufen.

Zulauf Anlage „Bier“

Der Zulauf der Anlage „Bier“ wurde, wie in dem Kapitel 3.10.3 berechnet, erstellt und der Anlage zugeführt. Für einen Vorratsbehälter mit einem Volumen von zehn Litern waren daher folgende Komponenten notwendig:

- 9800 ml Wasser
- 200 ml Bier
- 2225 mg NH_4Cl
- 1332 mg K_2HPO_4

Zulauf Anlage „Bier + FS“

Im Gegensatz zum Zulauf der Anlage „Bier“ wurde bei dieser Anlage die Menge an Bier halbiert. Dafür kamen 100 ml an freien Fettsäuren hinzu, die den fehlenden Kohlenstoffanteil ausgleichen und etwaige Veränderungen im Betrieb anzeigen sollten. Diese Abschätzung ergab sich anhand einer Fettsäure-Analyse, bei der fälschlicherweise 40 g/l an freien Fettsäuren festgestellt wurden. Im Nachhinein musste der Wert auf 400 mg/l korrigiert werden. Die übrigen Komponenten wurden nicht verändert.

- 9800 ml Wasser
- 100 ml Bier
- 100 ml Abwasser aus dem Buttertank mit freien Fettsäuren
- 2225 mg NH_4Cl
- 1332 mg K_2HPO_4

Theoretisch sollten die unterschiedlichen Kohlenstoffquellen in den zwei Zuläufen keinen gravierenden Einfluss auf die Abwasserparameter haben und die folgenden Werte der Tabelle 70 sollten für beide Anlagen im Labor nachgewiesen werden können.

Tabelle 70: Theoretische Zulaufwerte Laborversuch 1

Zulaufmenge	2,33	l/d
TOC	676	mg/l
$\text{NH}_4\text{-N}$	58	mg/l
$\text{NO}_3\text{-N}$	0	mg/l
P-Gesamt	24	mg/l



Kontinuierliche Sauerstoff- und Redox-Messung

Über den gesamten Versuchszeitraum wurden über Sonden in beiden Kleinkläranlagen der Sauerstoffgehalt und das Redoxpotential gemessen. Die Ergebnisse der Aufzeichnung zeigen die folgenden Abbildungen 62 und 63.

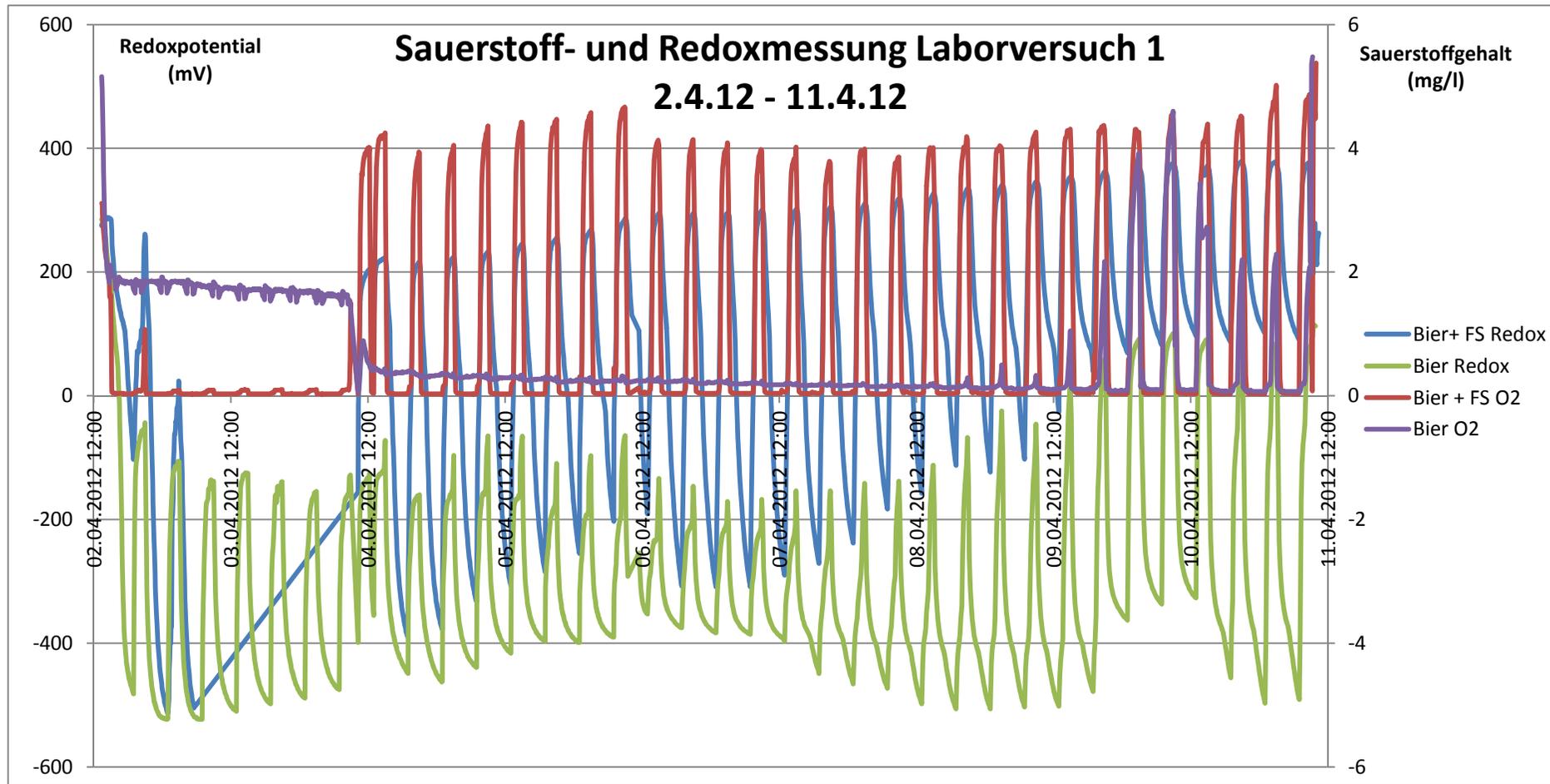


Abbildung 62: Sauerstoff- und Redoxmessung Laborversuch 1

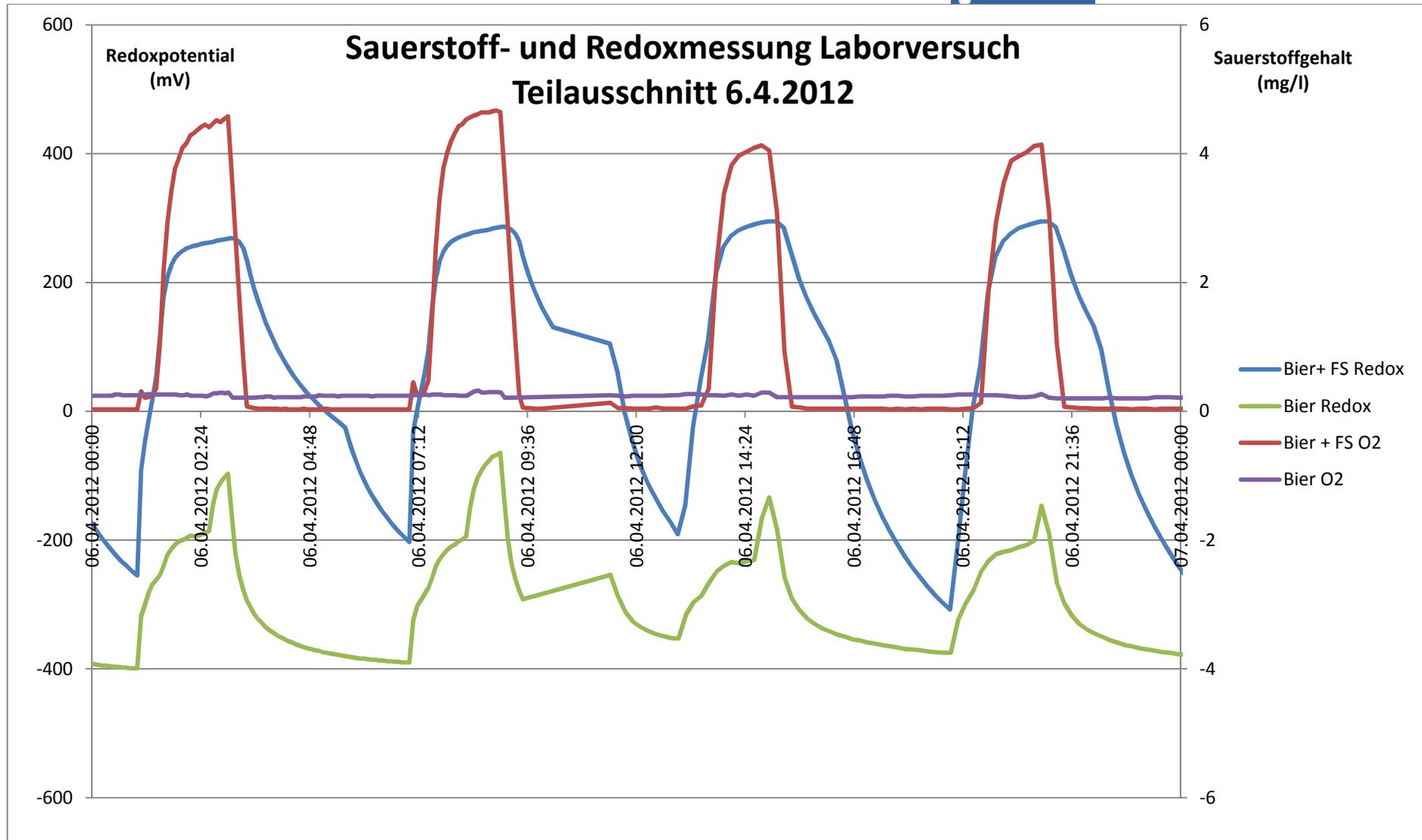


Abbildung 63: Teilausschnitt der Sauerstoff- und Redoxmessung Laborversuch 1

In Abbildung 62 ist deutlich zu erkennen, dass es bei drei von vier Messsonden von 2.4.2012 bis 4.4.2012 Fehler in der Datenaufzeichnung gab. Erst durch eine erneute Kalibration und stabilere Befestigungen am 4.4.2012 konnten die Bedingungen verbessert, und brauchbare Ergebnisse erzielt werden.

Ab dem 4.4.2012 bis zum Versuchsende sind die Sauerstoffspitzen in den Belüftungsphasen der Anlage „Bier + FS“, welche sich viermal täglich ereigneten, deutlich zu sehen. Im Gegensatz dazu fehlten die Sauerstoffspitzen in der Anlage „Bier“.

Auch bei der Redoxmessung ist ein Unterschied zwischen den beiden Anlagen auszuweisen. In der Anlage „Bier“ kam es nur zu einer geringen Erhöhung des Redoxpotentials in den Belüftungsphasen, wobei die Werte immer im negativen Bereich lagen. Im Gegensatz dazu wurde das Redoxpotential in der Anlage „Bier + FS“ in den Belüftungsphasen positiv.

Der Teilausschnitt in der Abbildung 63 vom 6.4.2012 verdeutlicht die beschriebenen Unterschiede.

Erst gegen Ende der Datenaufzeichnung ist auch eine Erhöhung des Sauerstoffs und des Redoxpotentials in den Belüftungsphasen bei der Anlage „Bier“ zu sehen.

Die Ursache für die Unterschiede lag vermutlich an unterschiedlichen Kohlenstoffkonzentrationen in den Zuläufen und wird gemeinsam mit den folgenden Auswertungen im Fazit des Laborversuchs 1 näher erläutert.

Auswertung der Mengenummessung

Versuche vor Beginn zeigten, dass die Dosierpumpe (Schlauchpumpe) des Zu- und Ablaufs im Mittel konstant 1,8l/d dosierte. Als Kontrolle der Zulauf- und Ablaufmenge wurde reines Wasser über zwei zusätzliche Anschlüsse der Schlauchpumpe geschickt. Leider wurde im ersten Versuch keine Mengenummessung direkt in den Zuläufen und Abläufen der Kleinkläranlagen durchgeführt. Aufgrund der Zusätze zum Wasser kam es in den Zuläufen der Kleinkläranlagen zur Querschnittsverengungen und dadurch zur Reduzierung der Zu- und Ablaufmengen. Quantitativ kann darüber leider keine Aussage getroffen werden.

Auswertung der Abwasserparameter

Am Beginn des Laborversuchs wurde jeweils eine Probe des Zulaufs der Anlage „Bier“ und der Anlage „Bier + FS“ zur Bestimmung der Parameter $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, P-Gesamt und TOC in das Chemielabor des Instituts für Siedlungswasserbau, Industriewasserwirtschaft und Gewässerschutz (SIG) der Universität für Bodenkultur gebracht.

- Zulauf Bier 2.4.2012 09:00
- Zulauf Bier + FS 2.4.2012 09:00

Am Ende des Laborversuchs wurde wiederum jeweils eine Probe des Ablaufs der beiden Anlagen zur Bestimmung der genannten Parameter in das Chemielabor gebracht. Die Ablaufproben waren jeweils Mischproben der letzten Stunden der Versuchsreihe.

- Ablauf Bier 10.4.2012 18:00 – 11.4.2012 07:30
- Ablauf Bier + FS 10.4.2012 18:00 – 11.4.2012 07:30

Die Ergebnisse der Abwasserparameterbestimmung finden sich in den folgenden Tabellen 71 und 72 wider.

Tabelle 71: Auswertung der Abwasserparameter der Anlage "Bier" des Laborversuchs 1

Bier	Datum	NH ₄ -N	NO ₃ -N	P-Gesamt	TOC
	dd.mm.yyyy	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Zulauf	02.04.2012	55,3	0,4	26,8	596
Ablauf	10.04.2012	0,61	1,2	12,3	16,1
Abbauleistung in %					
		98,9		54,1	97,3

In der Tabelle 71 ist deutlich zu erkennen, dass die bestimmten Parameterwerte der Anlage „Bier“ sehr gut mit den berechneten, theoretischen Werten übereinstimmten. Die geringe Unterschreitung der theoretischen Werte bei den Parametern NH₄-N und TOC war vermutlich auf einen zu hohen Wasseranteil im Zulauf zurückzuführen. Im Gegensatz dazu kam es beim Phosphor zu einem überhöhten Wert, was vermutlich auf den nicht berücksichtigten Phosphor-Anteil des Biers zurückzuführen war. Im Allgemeinen waren die Abweichungen jedoch zu vernachlässigen.

Die Ablaufwerte zeigen eine sehr gute Reinigungsleistung der Kleinkläranlage. Außerdem ist anhand der geringen Konzentrationen an NH₄-N und NO₃-N zu sehen, dass sowohl eine Nitrifikation als auch eine Denitrifikation in der Kleinkläranlage stattgefunden hat. Die berechneten Abbauleistungen von mehr als 95 Prozent bei den Parametern NH₄-N und TOC bestätigt ein funktionierendes System. Auch die Reduktion um mehr als 50 Prozent beim Gesamtposphor stellt ein zufriedenstellendes Ergebnis dar. Aufgrund der fehlenden Zugabe von Fällungsmitteln in den Versuchen war keine höhere Abbauleistung zu erwarten. Die Erhöhung der NO₃-N-Konzentration ist auf eine Neubildung von Nitrat während der Nitrifikation zurückzuführen. Der gesamte Stickstoffanteil im System wurde aber stark reduziert. Anschließend wird die Berechnung der Abbauleistung anhand der Ammoniumkonzentration erklärt.

$$p_{NH_4-N,L1,Bier} = 100 - \frac{100}{NH_4-N_{Zulauf,L1,Bier}} * NH_4 - N_{Ablauf,L1,Bier}$$

$$= 100 - \frac{100}{55,3 \text{ mg/l}} * \frac{0,61 \text{ mg}}{l} = 98,9 \%$$

Tabelle 72: Auswertung der Abwasserparameter der Anlage "Bier + FS" des Laborversuchs 1

Bier + FS	Datum	NH ₄ -N	NO ₃ -N	P-Gesamt	TOC
	dd.mm.yyyy	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Zulauf	02.04.2012	52,6	0,1	25,4	332
Ablauf	10.04.2012	0,24	6,8	21,7	5,6
Abbauleistung in %					
		99,5		14,6	98,3

Im Gegensatz zur Anlage „Bier“ kam es im Zulauf der Anlage „Bier + FS“ zu einer deutlichen Unterschreitung der berechneten TOC-Konzentration. Nur rund die Hälfte der gewünschten TOC-Konzentration konnte in der Zulaufprobe nachgewiesen werden. Dies war auf eine sehr viel geringere TOC-Konzentration in dem 100 ml Zusatz der freien Fettsäuren zurückzuführen, als aus den ursprünglichen Analyseergebnissen zu erwarten war. Dies wurde nachträglich korrigiert. Daraus lässt sich schließen, dass nur der 100 ml Zusatz an Bier für den Eintrag an Kohlenstoff verantwortlich war. Die Konzentrationen der weiteren Parameter zeigten ähnliche Werte wie bei der Anlage „Bier“.

Anhand der Abbauleistungen in der Tabelle 72 kann auch von einem funktionierendes System in der Anlage „Bier + FS“ gesprochen werden. Wiederum ist eine sehr starke Reduktion der NH₄-N- und TOC-Konzentrationen festzustellen. Lediglich die Elimination des

Gesamtphosphors konnte nicht das Ergebnis der Versuchsanlage „Bier“ erreichen. Die Erhöhung der Nitrat -Konzentration ist wie in der Anlage „Bier“ zu argumentieren.

Auswertung der Schlammparameter

Neben der Auswertung der Abwasserparameter war auch die Bestimmung der Schlammparameter sehr wichtig, um einen Gesamteindruck des Systems zu erhalten (Tabelle 73). Im Zuge der Schlammuntersuchung wurden die Parameter Trockensubstanz, Glühverlust, Schlammvolumen und Schlammindex im Technikum und Chemielabor des Instituts für Siedlungswasserbau, Industriewasserwirtschaft und Gewässerschutz (SIG) der Universität für Bodenkultur bestimmt.

Zur Auswertung gelangten der Ausgangsschlamm am Beginn der Versuchsreihe, welcher für beide Anlagen aus der SBR-Anlage der Universität für Bodenkultur entnommen wurde, und die beiden Schlämme der Anlagen „Bier“ und „Bier + FS“ am Ende der Versuchsreihe.

- Ausgangsschlamm 2.4.2012 09:00
- Bier 11.4.2012 08:00
- Bier + FS 11.4.2012 08:00

Tabelle 73: Auswertung der Schlammparameter des Laborversuchs 1

	Trockensubstanz (g/l)	Glühverlust (%)	Schlammvolumen (ml/l)	Schlammindex (ml/g)
Ausgangsschlamm	4,4	85,3	930	211
Bier	5,4	87,0	920	170
Bier + FS	3,5	89,1	490	140

Die Auswertung der Schlammparameter zeigt, dass der Ausgangsschlamm mit einem Schlammvolumen von 930 ml/l und einem Schlammindex von 211 ml/g bereits in einem schlechten Zustand war.

Durch den nährstoffreichen Zulauf in der Anlage „Bier“ kam es zur Erhöhung der Trockensubstanz und zur Erhöhung des Glühverlusts. Der Zustand des Systems wurde jedoch nicht sehr stark verändert und so blieb das Schlammvolumen nahezu gleich bei 920 ml/l und der Schlammindex wurde nur geringfügig durch die erhöhte Trockensubstanz auf 170 ml/g verbessert.

Im Gegensatz dazu wurde die Trockensubstanz in der Anlage „Bier + FS“ reduziert. Dies ist vermutlich auf den deutlich geringeren Kohlenstoffanteil im Zulauf zurückzuführen, der ein Wachstum von Mikroorganismen hemmte. Aufgrund der geringen Belastung kam es zu einer starken Reduktion von Schlammvolumen und Schlammindex.



Schlammanalyse

Im Mikrobiologielabor des Instituts für Siedlungswasserbau, Industrierwasserwirtschaft und Gewässerschutz (SIG) der Universität für Bodenkultur konnten folgende Erkenntnisse zu den drei untersuchten Schlämmen gefunden werden (Tabelle 74).

Tabelle 74: Schlammanalysen Laborversuch 1

	Ausgangsschlamm	Bier	Bier + FS
Farbe	mittelbraun	mittelbraun	hellbraun
Geruch	erdig bis muffig	erdig bis muffig	erdig
Gestalt	unregelmäßig	unregelmäßig	unregelmäßig
Festigkeit	eher stark, Zentrum vorhanden	eher schwach, kleine Zentren vorhanden	eher schwach, keine Zentren vorhanden
Struktur	eher offen	eher offen	eher offen
Größe	mittelgroße Flocken	mittelgroße Flocken	kleine bis mittelgroße Flocken
Fädigkeit	Kategorie 2-3	Kategorie 2	Kategorie 3

Ciliaten			
Festsitzende	++	+++	+++
Freischwimmend	-+	+	-+
Kriechende	+++	++	+

Flagellaten	-	-	-
-------------	---	---	---

Rädertierchen	++	++	++
Nematoden	-	-	-

Amöben	+	+	++
--------	---	---	----

Die mittelbraune Farbe und der erdig bis muffige Geruch ließen beim Ausgangsschlamm auf einen guten Zustand des Systems hoffen, doch die unregelmäßige Gestalt und die offene Struktur deuteten auf einen mäßigen Zustand hin. Auch eine geringere Fädigkeit als 2-3 wäre wünschenswert gewesen. Eine große Artenvielfalt bei den Organismen war zu erkennen, wobei vor allem die kriechenden Ciliaten gehäuft vorkamen. Außerdem konnten Rädertierchen und Amöben unter dem Mikroskop gesichtet werden.

Der Schlamm der Versuchsanlage „Bier“ ähnelte auch nach neun Versuchstagen stark dem Ausgangsschlamm. Lediglich die Festigkeit der Schlammflocke wurde etwas geringer. Leichte Verbesserung gab es bei der Fädigkeit und eine Steigerung der Anzahl von festsitzenden Ciliaten war zu erkennen. Beide Veränderungen waren Anzeichen einer Verbesserung des Schlammzustands.

Etwas stärkere Veränderungen zum Ausgangsschlamm konnten in der Versuchsanlage „Bier + FS“ festgestellt werden. So war bereits der Farbton etwas heller als beim Ausgangsschlamm. Außerdem wurden die Schlammflocken tendenziell kleiner und es konnten keine Zentren mehr gefunden werden. Auch die Fädigkeit wurde etwas schlechter. Ähnlich wie bei der Versuchsanlage „Bier“ steigerte sich auch in dieser Anlage die Anzahl der festsitzenden Ciliaten und ein Rückgang der kriechenden Ciliaten konnte festgestellt werden. Tendenzial war auch der Zuwachs von Amöben eher negativ zu beurteilen.

Fazit

Prinzipiell kann der Versuch als erfolgreich angesehen werden. Die Kleinkläranlagen konnten die geforderten Abbauleistungen in einem kontinuierlichen Betrieb erbringen. Trotzdem gab es einige Mängel, die im Zuge der nächsten Versuchsreihe berücksichtigt wurden.

Bereits die Sauerstoffmessung der Anlage „Bier“ zeigte, dass auch in den belüfteten Zeiten der Sauerstoffgehalt nicht anstieg. Derselbe Effekt war auch beim Redoxpotential zu erkennen, das zumeist im negativen Bereich blieb. Im Gegensatz dazu stieg bei der Anlage „Bier + FS“ in den Belüftungsphasen der Sauerstoffwert stetig über 3mg/l und auch das Redoxpotential gelangte in den positiven Bereich.

Im Zusammenhang mit der Auswertung der Abwasserparameter kann dieser Unterschied auch erklärt werden. Die TOC-Konzentration in der Anlage „Bier + FS“ war deutlich geringer als in der Anlage „Bier“. Daher wurde auch deutlich weniger Sauerstoff benötigt, um den Kohlenstoff abzubauen. Daraus resultierte der überschüssige Sauerstoff in der Anlage „Bier + FS“, welcher die Werte auf 3-4mg/l ansteigen ließ.

Auch auf die Schlammentwicklung hatte der deutlich geringere Kohlenstoffanteil eine Auswirkung. Die Trockensubstanz sank in der Anlage „Bier + FS“, was wiederum auf eine Reduktion der organischen Masse im System zurückzuführen war. Aufgrund des fehlenden Kohlenstoffs konnte sich keine weitere organische Masse aufbauen. Die Mikroorganismen litten daher an einer Kohlenstoffunterversorgung. Die Anlage „Bier + FS“ war vergleichsweise geringer belastet.

Im Schlamm bild selbst war dieses Phänomen an der hellen Farbe zu erkennen, welche üblicherweise auf einen nährstoffunterversorgten Schlamm hinweist.

Neben der unterschiedlichen TOC-Konzentration war außerdem auffällig, dass gegen Ende des Versuchszeitraums der Sauerstoffgehalt auch in der Anlage „Bier“ stieg. Dies ist vermutlich auf die geringer werdende Zulaufmenge zurückzuführen. Bereits die Kontrollmessung zeigte mit 1,9 l/d eine geringere Menge als erwünscht (2,3 l/d) an. Im Laufe der Zeit kam es jedoch zu leichten Verjüngungen in den Zulaufschläuchen und einer noch geringeren Zulaufmenge. Dadurch wurde auch die Kohlenstofffracht reduziert und es wurde nicht mehr so viel an Sauerstoff benötigt. Der Sauerstoffgehalt stieg gemeinsam mit dem Redoxpotential.

Im Zuge der Schlammanalyse konnte eine leichte Verschlechterung des Schlammzustands in der Anlage „Bier + FS“ festgestellt werden. Neben der Erhöhung der Fädigkeit kam es auch zu einem vermehrten Auftreten von Amöben. Diese Veränderungen können jedoch nicht alleine auf den Zusatz von freien Fettsäuren zurückgeführt werden.

Für die nächsten Versuche mussten folgende Veränderungen durchgeführt werden.

- Anpassung der TOC-Konzentration in der Anlage „Bier + FS“ (Gleiche Menge an Bier in beiden Anlagen)
- Wahl eines Ausgangsschlammes in einem sehr guten Zustand (Schlamm aus der Kläranlage Klosterneuburg)
- Mengemessung in beiden Anlagen



4.9.2 Laborversuch 2

Im „Laborversuch 2“ kamen wiederum beide Versuchskläranlagen vom 11.4.2012 bis zum 20.4.2012 zum Einsatz. Im Gegensatz zum ersten Versuch wurde als Ausgangsschlamm der Schlamm der Kläranlage Klosterneuburg verwendet. Wiederum sollte die einzige Unterscheidung der Anlagen in den unterschiedlichen Zuläufen liegen, wobei die TOC-Konzentration in der Anlage „Bier + FS“ angepasst wurde.

Zulauf Anlage „Bier“

Der Zulauf der Anlage „Bier“ wurde, wie in dem Kapitel 3.10.3 berechnet, erstellt und der Anlage zugeführt. Für einen Vorratsbehälter mit einem Volumen von zehn Litern waren daher folgende Komponenten notwendig:

- 9800 ml Wasser
- 200 ml Bier
- 2225 mg NH_4Cl
- 1332 mg K_2HPO_4

Zulauf Anlage „Bier + FS“

Auch bei der Anlage „Bier + FS“ wurden die berechneten Werte des Kapitels 3.10.3 verwendet. Zusätzlich wurden noch 100 ml an freien Fettsäuren hinzugefügt, sodass der Einfluss der Molkerei Berücksichtigung fand. Nachstehend findet man die verwendeten Komponenten.

- 9800 ml Wasser
- 200 ml Bier
- 100 ml Abwasser aus dem Buttertank mit freien Fettsäuren
- 2225 mg NH_4Cl
- 1332mg K_2HPO_4

Im Idealfall sollten die theoretischen Werte der Tabelle 75 auch in den Messungen nachgewiesen werden können.

Tabelle 75: Theoretische Zulaufwerte Laborversuch 1

Zulaufmenge	2,33	l/d
TOC	676	mg/l
$\text{NH}_4\text{-N}$	58	mg/l
$\text{NO}_3\text{-N}$	0	mg/l
P-Gesamt	24	mg/l



Kontinuierliche Sauerstoff- und Redox-Messung

Erneut wurden sowohl der Sauerstoffgehalt als auch das Redoxpotential in beiden Anlagen über den gesamten Versuchszeitraum gemessen. Nachfolgend sind die Auswertungen der Messungen zu sehen. (Abbildungen 64 und 65)

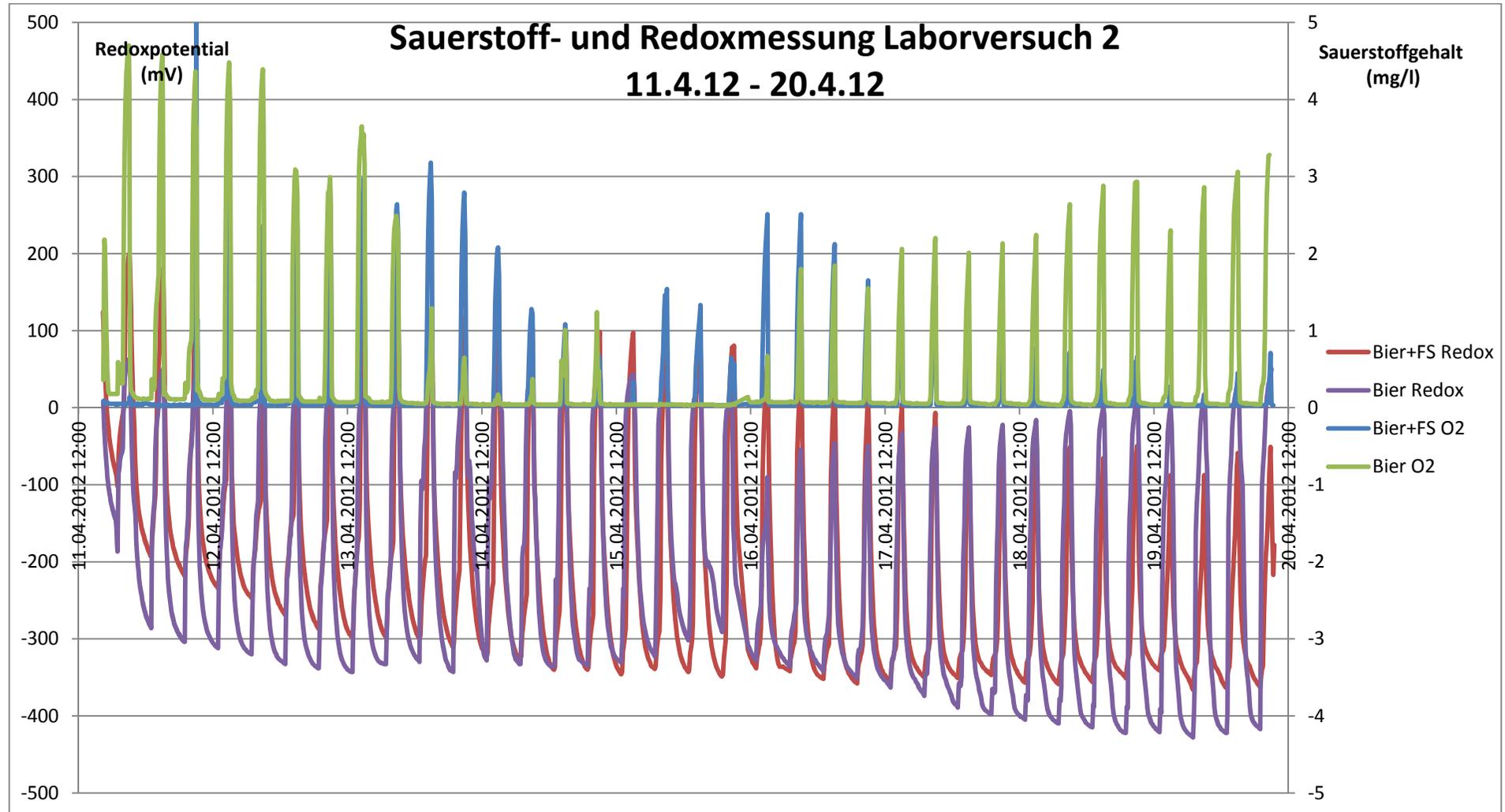


Abbildung 64: Sauerstoff- und Redoxmessung Laborversuch 2

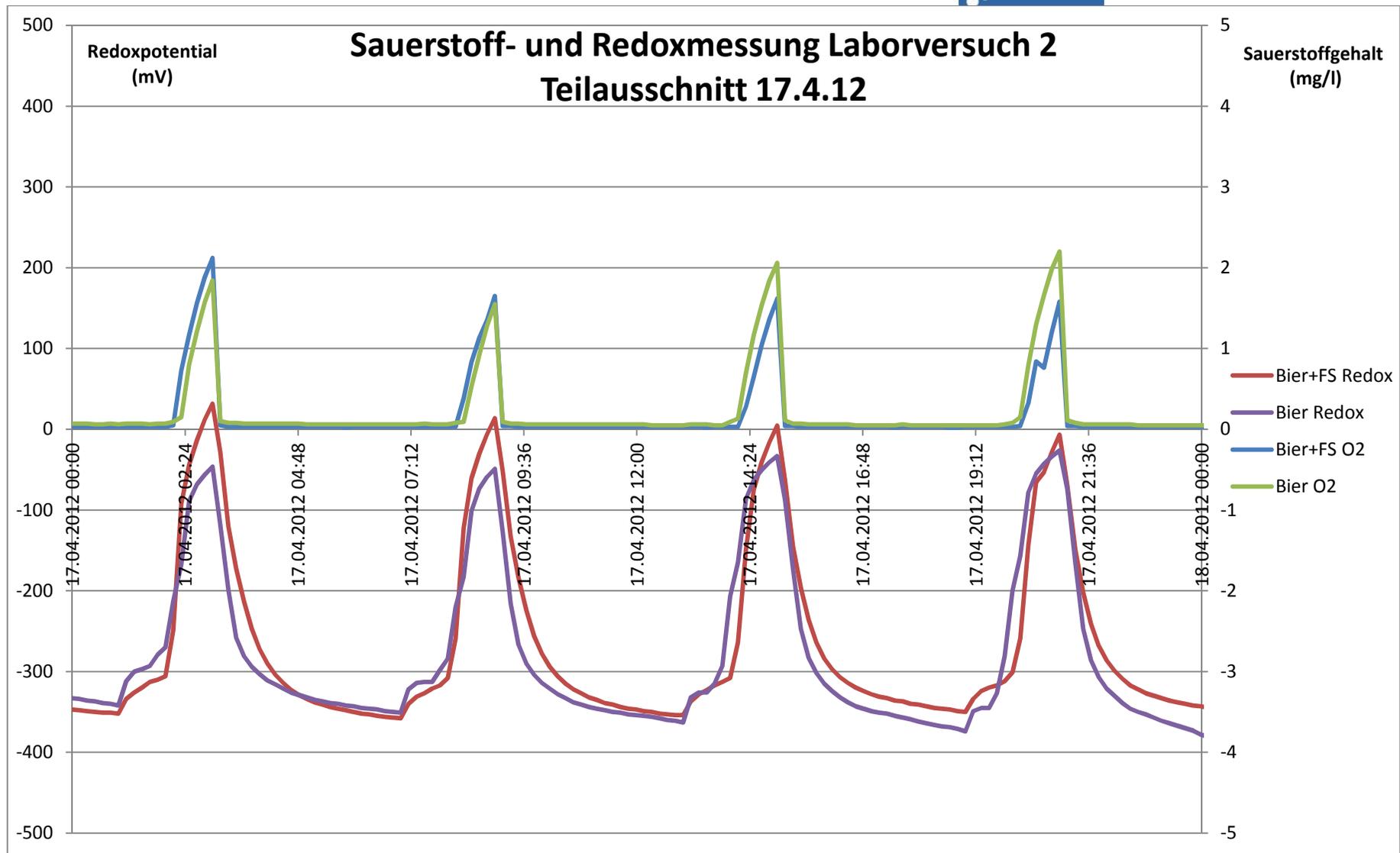


Abbildung 65: Teilausschnitt Sauerstoff- und Redoxmessung Laborversuch 2

Die Abbildung 64 zeigt, dass der Betrieb mit und ohne Belüftung über die gesamte Versuchsdauer kontinuierlich eingehalten wurde. Die scheinbare Verringerung des Sauerstoffeintrags, welche vom 14.4. bis zum 16.4. stattgefunden hat, kann vermutlich auf einen Messfehler zurückgeführt werden. Am 16.4. wurden die O₂-Sonden gereinigt, neu kalibriert und wieder in den Kleinkläranlagen befestigt. In den darauffolgenden Tagen kam es wieder zu den üblichen und erwarteten Messergebnissen.

Außerdem muss erwähnt werden, dass es am 16.4. zu einem Ausfall des Rührmagneten kam, der jedoch nicht länger als zwölf Stunden dauerte und keinen merkbaren Einfluss auf das System hatte.

Im Teilausschnitt der Datenaufzeichnung sind die äquivalent verlaufenden Messreihen der beiden Anlagen deutlich zu erkennen.

Auswertung der Mengemessung

Im Gegensatz zum Laborversuch 1 wurden im Laborversuch 2 direkt die Abläufe der beiden Anlagen gemessen, sodass auch etwaige Verjüngungen oder Biofilme in den Schläuchen Berücksichtigung fanden. Die Durchflussmengen wurden über den Massenunterschied aufgrund von Wägungen berechnet. Im Mittel konnte eine durchschnittliche Menge von 1,6l/d erreicht werden, die leider unter der theoretischen Menge von 2,33l/d lag. Trotz der geringeren Durchflussmenge konnte jedoch die gewünschte Schlammbelastung von 0,1-0,2 g CSB/(gTS*d) eingehalten werden. Die genaue Berechnung findet sich im Fazit des Laborversuchs wider.



Auswertung der Abwasserparameter

Erneut wurden am Beginn des Laborversuchs Proben des Zulaufs der Anlage „Bier“ und des Zulaufs der Anlage „Bier + FS“ genommen und im Chemielabor des Instituts für Siedlungswasserbau, Industrierewasserwirtschaft und Gewässerschutz (SIG) der Universität für Bodenkultur die Parameter $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, P-Gesamt und TOC bestimmt.

- Zulauf Bier 11.4.2012 15:00
- Zulauf Bier + FS 11.4.2012 15:00

Am Ende des Laborversuchs kam es zu einer Untersuchung der Abläufe beider Anlagen und wiederum zur Bestimmung der genannten Parameter im Chemielabor. Die Ablaufproben waren jeweils Mischproben der letzten Stunden der Versuchsreihe.

- Ablauf Bier 19.4.2012 18:00 – 20.4.2012 07:30
- Ablauf Bier + FS 19.4.2012 18:00 – 20.4.2012 07:30

Die Ergebnisse der Abwasserparameterbestimmung finden sich in den folgenden Tabellen 76 und 77 wider.

Tabelle 76: Auswertung der Abwasserparameter der Anlage "Bier" des Laborversuchs 2

Bier	Datum	$\text{NH}_4\text{-N}$	$\text{NO}_3\text{-N}$	P-Gesamt	TOC
	dd.mm.yyyy	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Zulauf	11.04.2012	59,8	1,3	28	688
Ablauf	20.04.2012	1,3	6,5	11,4	13,3
Abbauleistung in %					
		97,8		59,3	98,1

Die bestimmten Parameterwerte der Anlage „Bier“ weisen eine hohe Übereinstimmung mit den theoretisch berechneten Werten aus Tabelle 75 auf. Die geringfügig höheren Werte lassen auf ein nicht exaktes Mischungsverhältnis von Wasser zu den Nährstoffen schließen. Bei dem Parameter Phosphor ist wiederum eine relativ große Abweichung zu erkennen, da wiederum der Phosphatgehalt im Bier nicht berücksichtigt wurde. Alle Abweichungen sollten keinen negativen Einfluss auf den Versuchsablauf haben.

Wiederum zeigen die Ablaufwerte eine sehr gute Reinigungsleistung der Kleinkläranlage. Anhand der geringen Konzentrationen an $\text{NH}_4\text{-N}$ und $\text{NO}_3\text{-N}$ ist zu sehen, dass sowohl eine Nitrifikation als auch eine Denitrifikation in der Kleinkläranlage stattgefunden hat. Die berechneten Abbauleistungen von mehr als 95 Prozent bei den Parametern $\text{NH}_4\text{-N}$ und TOC bestätigt ein funktionierendes System. Auch die Reduktion um mehr als 50 Prozent beim Gesamtposphor stellt ein zufriedenstellendes Ergebnis dar. Aufgrund der fehlenden Zugabe von Fällungsmitteln in den Versuchen war keine höhere Abbauleistung zu erwarten. Die Erhöhung der $\text{NO}_3\text{-N}$ -Konzentration ist auf eine Neubildung von Nitrat während der Nitrifikation zurückzuführen. Der gesamte Stickstoffanteil im System wurde aber stark reduziert. Anschließend wird die Berechnung der Abbauleistung anhand der Ammoniumkonzentration erklärt.

$$p_{\text{NH}_4\text{-N},L2,\text{Bier}} = 100 - \frac{100}{\text{NH}_4\text{-N}_{\text{Zulauf},L2,\text{Bier}}} * \text{NH}_4 - \text{N}_{\text{Ablauf},L2,\text{Bier}}$$

$$= 100 - \frac{100}{59,8 \text{ mg/l}} * 1,3 \text{ mg/l} = 97,8 \%$$

Tabelle 77: Auswertung der Abwasserparameter der Anlage "Bier + FS" des Laborversuchs 2

Bier + FS	Datum	NH ₄ -N	NO ₃ -N	P-Gesamt	TOC
	dd.mm.yyyy	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Zulauf	11.04.2012	59,5	1,2	28	691
Ablauf	20.04.2012	0,57	7,2	13,4	15,1
		Abbauleistung in %			
		99,0		52,1	97,8

In der Tabelle 77 ist deutlich zu erkennen, dass die gewünschte Erhöhung der TOC-Konzentration durch die zusätzliche Zugabe von Bier, und somit zur Angleichung an die Anlage „Bier“, sehr gut funktioniert hat. Auch die Konzentrationen der anderen Parameter befanden sich im gewünschten Bereich und waren annähernd gleich mit den Werten der Anlage „Bier“.

Auch die Abbauleistungen waren in der Anlage „Bier + FS“ sehr gut und glichen wiederum der Anlage „Bier“. Alle genannten Argumentationen bei der Anlage „Bier“ können auch für diese Anlage geltend gemacht werden.

Anhand der Abwasserparameter ist somit kein Unterschied zwischen den Anlagen feststellbar.

Auswertung der Schlammparameter

Im Zuge der Versuchsdurchführung kam es auch zur Bestimmung der Schlammparameter, die in der Bewertung des Gesamtsystems eine wichtige Rolle einnahmen (Tabelle 78). Die Parameter Trockensubstanz, Glühverlust, Schlammvolumen und Schlammindex wurden im Technikum und Chemielabor des Instituts für Siedlungswasserbau, Industriewasserwirtschaft und Gewässerschutz (SIG) der Universität für Bodenkultur bestimmt.

Zur Untersuchung gelangten der Ausgangsschlamm am Beginn der Versuchsreihe, welcher für beide Anlagen aus der Kläranlage Klosterneuburg entnommen wurde, und die beiden Schlämme der Anlagen „Bier“ und „Bier + FS“ am Ende der Versuchsreihe.

- Ausgangsschlamm 11.4.2012 07:00
- Bier 20.4.2012 08:00
- Bier + FS 20.4.2012 08:00

Tabelle 78: Auswertung der Schlammparameter des Laborversuchs 2

	Trockensubstanz	Glühverlust	Schlammvolumen	Schlammindex
	(g/l)	(%)	(ml/l)	(ml/g)
Ausgangsschlamm	3,8	67,6	420	111
Bier	4,2	72,8	520	124
Bier + FS	3,9	74,2	900	231

Anhand der Auswertung ist zu sehen, dass der Ausgangsschlamm mit einem Schlammvolumen von 420 ml/l und einem Schlammindex von 111 ml/g in einem guten Zustand war. Die Trockensubstanz von 3,8 g/l war etwas geringer als erwartet, sollte jedoch kein Problem in der Versuchsdurchführung darstellen.

Außerdem ist zu erkennen, dass sich aufgrund der nährstoffreichen Zuläufe die Mikroorganismen in beiden Anlagen vermehrten und somit die Trockensubstanz und den Glühverlust erhöhten. Anscheinend waren die Bedingungen in der Anlage „Bier + FS“ nicht ganz so optimal und deshalb lag die Trockensubstanz mit 3,9 g/l unter der Trockensubstanz der Anlage „Bier“ mit 4,2 g/l.

Bereits das Schlammvolumen verdeutlicht, dass in der Anlage „Bier + FS“ im Gegensatz zur Anlage „Bier“ ein Blähverhalten festzustellen war. Das Schlammvolumen in der Anlage „Bier + FS“ war mit 900 ml/l fast doppelt so hoch wie in der Anlage „Bier“ mit 520 ml/l.

Der Eindruck des Blähschlammes wird auch im ermittelten SchlammindeX bestätigt. Erneut ist der SchlammindeX in der Anlage „Bier + FS“ fast doppelt so hoch wie in der Anlage „Bier“.

Schlammanalyse

Im Mikrobiologielaber des Instituts für Siedlungswasserbau, Industrierwasserwirtschaft und Gewässerschutz (SIG) der Universität für Bodenkultur konnten folgende Erkenntnisse zu den drei untersuchten Schlämmen gefunden werden (Tabelle 79).

Tabelle 79: Schlammanalysen Laborversuch 2

	Ausgangsschlamm	Bier	Bier + FS
Farbe	mittelbraun	dunkelbraun mittelbraun	mittelbraun
Geruch	erdig, frisch	erdig bis muffig	erdig bis muffig
Gestalt	abgerundet bis unregelmäßig	unregelmäßig	unregelmäßig
Festigkeit	stark	eher schwach, Zentren vorhanden	eher stark, Zentren vorhanden
Struktur	kompakt	eher geschlossen	eher offen
Größe	mittelgroße Flocken	mittelgroße Flocken	mittelgroße Flocken
Fädigkeit	Kategorie 1-2	Kategorie 2	Kategorie 3

Ciliaten			
Festsitzende	++	++	+
Freischwimmend	+	++	+
Kriechende	+++	+++	+++

Flagellaten	-	-	-
-------------	---	---	---

Rädertierchen	++	++	++
Nematoden		-	-

Amöben		+	+
Schalenamöben	+		

Die mittelbraune Farbe und der erdig, frische Geruch deuteten beim Ausgangsschlamm auf einen guten Zustand hin. Auch die abgerundete bis unregelmäßige Gestalt mit einer starken Festigkeit und kompakten Struktur ließen auf einen guten Zustand schließen. Die Fädigkeit der Kategorie 1-2 war ebenfalls positiv zu bewerten. Außerdem war die hohe Anzahl der verschiedensten Ciliaten und das Vorkommen von Rädertierchen ein sehr gutes Zeichen.

Der Schlamm der Versuchsanlage „Bier“ wies leichte negative Veränderungen gegenüber dem Ausgangsschlamm auf. So entwickelte sich die Farbe etwas dunkler und auch die Gestalt war etwas unregelmäßiger bei einer eher schwachen Festigkeit. Jedoch war die hohe Anzahl an Ciliaten, vor allem auch das Vorhandensein von festsitzenden Ciliaten, positiv zu bewerten. Außerdem war die geringe Verschlechterung der Fädigkeit hin zur Kategorie 2 zu vernachlässigen.

Im Gegensatz dazu wies der Schlamm der Versuchsanlage „Bier + FS“ neben dem erdig, muffigen Geruch und der unregelmäßigen Gestalt auch eine eher offene Struktur auf. Außerdem war die Anzahl der Ciliaten deutlich geringer als im Ausgangsschlamm, wobei vor allem das Defizit bei den festsitzenden Ciliaten negativ zu beurteilen war. Leider war auch eine markante Verschlechterung der Fädigkeit zu erkennen.



Fazit

Der gewünschte kontinuierliche Betrieb der beiden Anlagen konnte gewährleistet werden. Auch die Veränderungen aus dem ersten Laborversuch wurden erfolgreich umgesetzt. Einzig die gewünschte Zulaufmenge von 2,33 l/d konnte nicht ganz erreicht werden und lag bei rund 1,6 l/d. Zur Kontrolle wird deshalb die Schlammbelastung im System ermittelt und mit der gewünschten Schlammbelastung von 0,1-0,2 g CSB/ (g TS *d) verglichen (Tabelle 80). Da nur der TOC bestimmt wurde, wurde zur Umrechnung in CSB ein Faktor von 2,67 herangezogen.

$$B_{TOC,L2,Bier} = Q_{L2,Bier} * TOC_{L2,Bier} = 1,6 \text{ l/d} * 688 \text{ mg/l} = 1,10 \text{ g/d}$$

$$B_{CSB,L2,Bier} = B_{TOC,L2,Bier} * 2,67 = 1,10 \text{ g/d} * 2,67 = 2,94 \text{ g/d}$$

$$B_{TS,L2,Bier} = \frac{B_{CSB,L2,Bier}}{V_{KK} * TS_{L2,Bier}} = \frac{2,94 \text{ g/d}}{5,0 \text{ l} * 3,8 \text{ g/l}} = 0,15 \text{ gCSB/(gTS * d)}$$

Tabelle 80: Kontrolle der Schlammbelastung im Laborversuch 2

	Volumen	Menge	TOC	TS	TOC-Fracht	CSB-Fracht	Schlammbelastung
	l	l/d	mg/l	g/l	g/d	g/d	gCSB/(gTS*d)
Bier	5,0	1,6	688	3,8	1,10	2,94	0,15
Bier + FS	5,0	1,6	691	3,8	1,11	2,95	0,16

Die Ergebnisse der Tabelle 80 zeigen deutlich, dass die gewünschten Schlammbelastungen in beiden Anlagen erreicht wurden.

Sowohl in der Untersuchung der Schlammparameter als auch im Vergleich der Schlammanalysen konnte eine markante Verschlechterung in der Anlage „Bier + FS“ festgestellt werden. Demzufolge kann von einem negativen Einfluss der Abwässer aus den Buttertanks ausgegangen werden.

In den nächsten Versuchen sollte geklärt werden, ob mit Hilfe von verschiedenen Maßnahmen die Verschlechterung des Schlammzustands in der Anlage „Bier + FS“ gestoppt werden kann. Nachfolgend stehen die beiden vorgeschlagenen Maßnahmen:

- Erhöhung der Belüftung
- Vorbehandlung der Abwässer aus den Buttertanks



4.9.3 Laborversuch 3

Im Zeitraum vom 30.4.2012 bis zum 9.5.2012 wurden der „Laborversuch 3“ mit den beiden Versuchskläranlagen durchgeführt. Als Ausgangsschlamm diente erneut der Schlamm der Kläranlage Klosterneuburg. Nachdem im „Laborversuch 2“ ein gravierender Unterschied zwischen den beiden Anlagen festgestellt werden konnte, sollte die Verschlechterung des Systems in der Anlage „Bier + FS“ durch eine verstärkte Belüftung ausgeglichen werden. Um wiederum eine Vergleichsmöglichkeit zu haben, wurde in beiden Anlagen die Belüftung erhöht. Der einzige Unterschied in den beiden Systemen lag wiederum in dem Zusatz an freien Fettsäuren in der Anlage „Bier + FS“.

Die erhöhte Belüftung wurde durch einen zusätzlichen Belüftungsstein in jeder Anlage erreicht. Dadurch sollte gewährleistet werden, dass in jeder der Belüftungsphasen der Sauerstoffgehalt auf 4mg/l steigt bzw. diesen sogar übertrifft.

Zulauf Anlage „Bier“

Der Zulauf der Anlage „Bier“ wurde, wie in dem Kapiteln 3.10.3 berechnet, erstellt und der Anlage zugeführt. Für einen Vorratsbehälter mit einem Volumen von zehn Litern waren daher folgende Komponenten notwendig:

- 9800 ml Wasser
- 200 ml Bier
- 2225 mg NH_4Cl
- 1332 mg K_2HPO_4

Zulauf Anlage „Bier + FS“

Auch bei der Anlage „Bier + FS“ wurden die berechneten Werte des Kapitels 3.10.3 verwendet. Zusätzlich wurden noch 100 ml Abwasser mit einem Anteil an freien Fettsäuren hinzugefügt, sodass der Einfluss der Molkerei Berücksichtigung fand. Nachstehend findet man die verwendeten Komponenten.

- 9800 ml Wasser
- 200 ml Bier
- 100 ml Abwasser aus dem Buttertank mit freien Fettsäuren
- 2225 mg NH_4Cl
- 1332 mg K_2HPO_4

Im Idealfall sollten die theoretischen Werte der Tabelle 81 auch in den Messungen nachgewiesen werden können.

Tabelle 81: Theoretische Zulaufwerte Laborversuch 1

Zulaufmenge	2,33	l/d
TOC	676	mg/l
$\text{NH}_4\text{-N}$	58	mg/l
$\text{NO}_3\text{-N}$	0	mg/l
P-Gesamt	24	mg/l



Kontinuierliche Sauerstoff- und Redox-Messung

Eine kontinuierliche Aufzeichnung des Sauerstoffgehalts und des Redoxpotentials fand über den gesamten Versuchszeitraum in beiden Anlagen statt (Abbildungen 66 und 67).

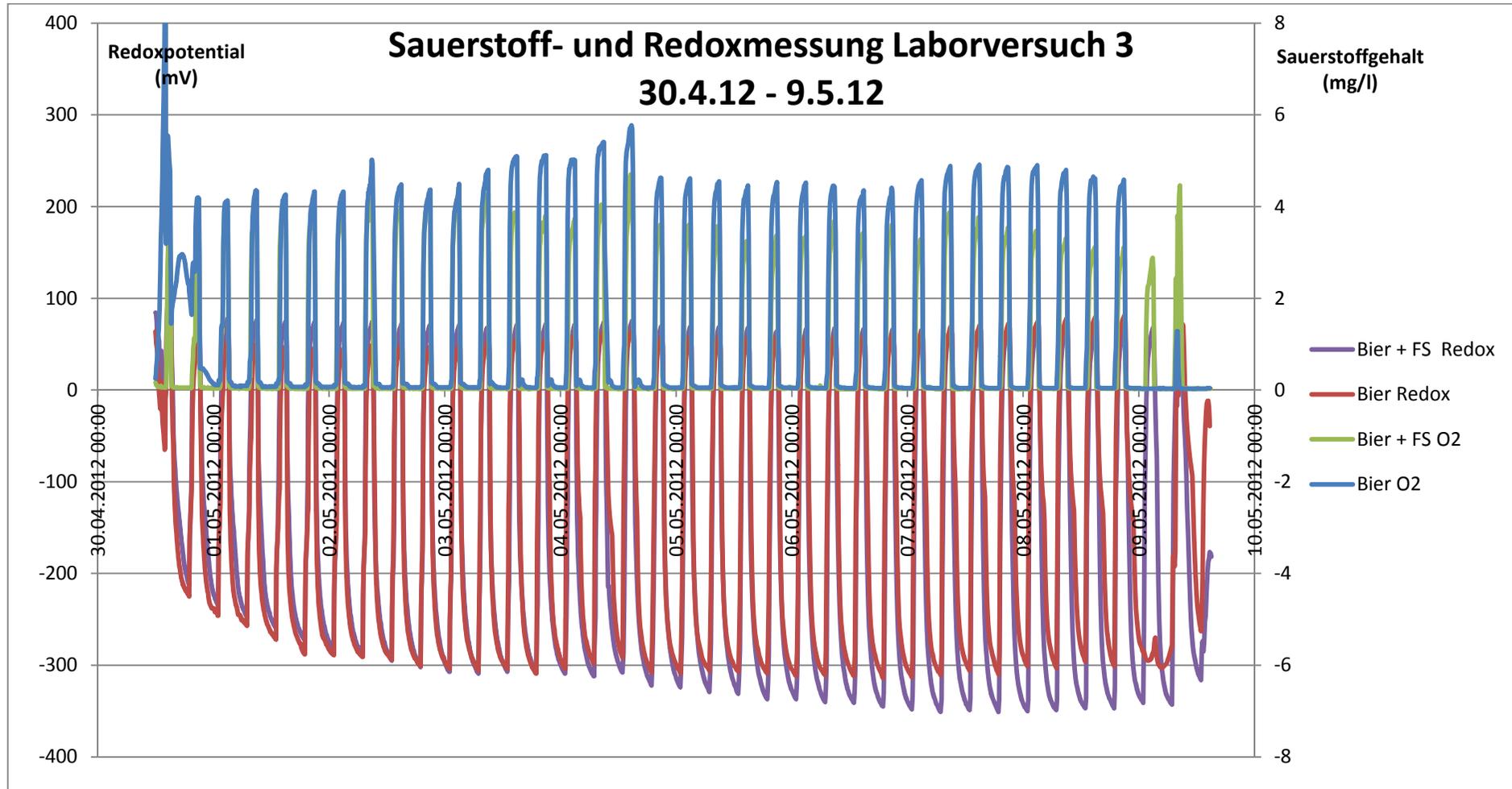


Abbildung 66: Sauerstoff- und Redoxmessung Laborversuch 3

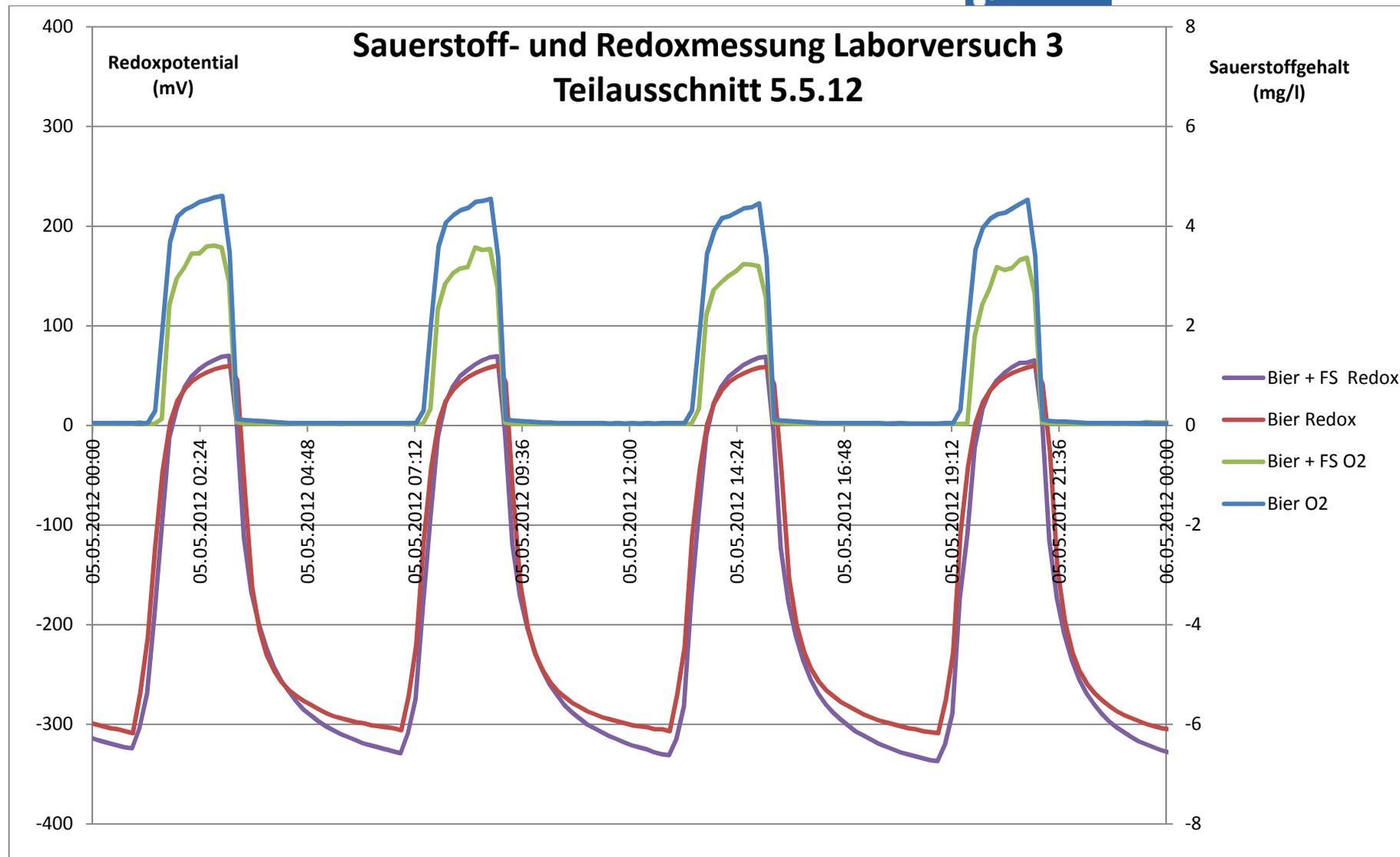


Abbildung 67: Teilausschnitt Sauerstoff- und Redoxmessung Laborversuch 3

In den Abbildungen 66 und 67 ist schön zu erkennen, dass der Sauerstoffgehalt in beiden Anlagen erhöht werden konnte. In der Anlage „Bier + FS“ konnten auch die gewünschten 4 mg/l erreicht und zeitweise überschritten werden. Im Gegensatz dazu kam es in der Anlage „Bier“ nur zu einer Erhöhung auf rund 3 bis 3,5 mg/l.

Die Störungen am Anfang und Ende der Aufzeichnung waren auf externe Störungen im Versuchsaufbau und –abbau zurückzuführen. Aufgrund der relativ kurzen Dauer können diese jedoch vernachlässigt werden.

Auswertung der Mengenummessung

Genauso wie im Laborversuch 2 wurden im Laborversuch 3 direkt die Abläufe der beiden Anlagen gemessen, um etwaige Durchflussreduzierungen aufgrund von Verunreinigungen in den Schläuchen zu erfassen. Zusätzlich wurden auch die Zuläufe nach demselben System ermittelt. Im Mittel konnte eine konstante Menge von 1,5 l/d erreicht werden. Diese lag leider wieder unter dem theoretischen Wert von 2,33 l/d. Im Fazit der Dokumentation wird erneut berechnet, ob mit diesen Durchflussmengen noch der gewünschte Wert der Schlammbelastung von 0,1-0,2 g CSB/ (g TS* d) erreicht werden konnte.

Auswertung der Abwasserparameter

Die unterschiedlichen Zuläufe der Anlagen wurden wiederum zur Bestimmung der Parameter NH₄-N, NO₃-N, P-Gesamt und TOC in das Chemielabor des Instituts für Siedlungswasserbau, Industrierwasserwirtschaft und Gewässerschutz (SIG) der Universität für Bodenkultur gebracht.

- Zulauf Bier 30.4.2012 12:00
- Zulauf Bier + FS 30.4.2012 12:00

Von den Abläufen der beiden Anlagen wurden am Ende des Laborversuchs erneut die genannten Parameter im Chemielabor bestimmt. Die Ablaufproben waren jeweils Mischproben der letzten Stunden der Versuchsreihe.

- Ablauf Bier 08.05.2012 18:00 – 09.05.2012 07:30
- Ablauf Bier + FS 08.05.2012 18:00 – 09.05.2012 07:30

Die Ergebnisse der Abwasserparameterbestimmung finden sich in den folgenden Tabellen 82 und 83 wider.

Tabelle 82: Auswertung der Abwasserparameter der Anlage "Bier" des Laborversuchs 3

Bier	Datum	NH ₄ -N	NO ₃ -N	P-Gesamt	TOC
	dd.mm.yyyy	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Zulauf	30.04.2012	55,5	1,4	30,1	679
Ablauf	09.05.2012	0,1	2,6	8,8	9,6
Abbauleistung in %					
		99,8		70,8	98,6

Die theoretisch, errechneten Parameterwerte konnten erneut im Zulauf der Anlage „Bier“ nachgewiesen werden. Wiederum war die größte Abweichung beim Parameter Phosphor festzustellen, die auf den nicht berücksichtigten Gehalt an Phosphor im Bier zurückzuführen war. Die geringfügigen Abweichungen sollten keinen negativen Einfluss auf den Versuchsablauf haben.

Mit weit über 95 Prozent an Reinigungsleistung der Kleinkläranlage bei den Parametern NH₄-N und TOC ist ein sehr effizienter Betrieb festzustellen. Anhand der geringen Konzentrationen an NH₄-N und NO₃-N ist zu sehen, dass sowohl eine Nitrifikation als auch eine Denitrifikation in der Kleinkläranlage stattgefunden hat. Ohne Einsatz von Fällungsmitteln war auch die Reduktion des Gesamtphosphors um fast 71 Prozent beachtlich. Anschließend wird die Berechnung der Abbauleistung anhand der Ammoniumkonzentration erklärt.

$$p_{NH_4-N,L3,Bier} = 100 - \frac{100}{NH_4-N_{Zulauf,L3,Bier}} * NH_4 - N_{Ablauf,L3,Bier}$$

$$= 100 - \frac{100}{55,5 \text{ mg/l}} * 0,1 \text{ mg/l} = 99,8 \%$$

Tabelle 83: Auswertung der Abwasserparameter der Anlage "Bier + FS" des Laborversuchs 3

Bier + FS	Datum	NH ₄ -N	NO ₃ -N	P-Gesamt	TOC
	dd.mm.yyyy	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Zulauf	30.04.2012	55,8	1,4	30,0	676
Ablauf	09.05.2012	0,1	1,6	6,1	7,1
Abbauleistung in %					
		99,7		79,7	98,9

Auch in der Kleinkläranlage „Bier + FS“ konnte eine hohe Übereinstimmung zwischen den theoretischen Werten und den bestimmten Werten erzielt werden. Die hohe Abbauleistung war vergleichbar mit der „Bier“-Anlage.

Erneut konnte bei der alleinigen Betrachtung der Abwasserparameter kein Unterschied zwischen den Anlagen festgestellt werden.

Auswertung der Schlammparameter

Für die gesamtheitliche Betrachtung des Systems war auch die Bestimmung der Schlammparameter notwendig. Im Zuge dieser Untersuchung wurden die Parameter Trockensubstanz, Glühverlust, Schlammvolumen und Schlammindex im Technikum und Chemielabor des Instituts für Siedlungswasserbau, Industriewasserwirtschaft und Gewässerschutz (SIG) der Universität für Bodenkultur bestimmt.

Für den Ausgangsschlamm am Beginn der Versuchsreihe, welcher für beide Anlagen aus der Kläranlage Klosterneuburg entnommen wurde, und für die beiden Schlämme der Anlagen „Bier“ und „Bier + FS“ am Ende der Versuchsreihe wurden die genannten Parameter ermittelt.

- Ausgangsschlamm 30.4.2012 07:00
- Bier 9.5.2012 08:00
- Bier + FS 9.5.2012 08:00

Tabelle 84: Auswertung der Schlammparameter des Laborversuchs 3

	Trockensubstanz	Glühverlust	Schlammvolumen	Schlammindex
	(g/l)	(%)	(ml/l)	(ml/g)
Ausgangsschlamm	4,5	62,9	420	93
Bier	5,4	67,1	1060	196
Bier + FS	5,8	68,3	1100	190

Die Tabelle 84 zeigt, dass der Ausgangsschlamm mit einem Schlammvolumen von 420 ml/l und einem Schlammindex von 93 ml/g in einem guten Zustand war. Die Trockensubstanz von 4,5 g/l war etwas höher als erwartet, sollte jedoch kein Problem in der Versuchsdurchführung darstellen.

Außerdem ist zu erkennen, dass sich aufgrund der nährstoffreichen Zuläufe die Mikroorganismen in beiden Anlagen vermehrten und somit die Trockensubstanz und den Glühverlust erhöhten. Im Gegensatz zum Laborversuch 2 kam es sogar zu einer verstärkten Erhöhung in der Anlage „Bier + FS“.

Erstaunlicherweise kam es in beiden Anlagen zu einem drastischen Anstieg des Schlammvolumens. In beiden Fällen stieg das Schlammvolumen über 1000 ml/l, was üblicherweise auf einen Blähschlamm hindeutet.

Der Eindruck des Blähschlammes wird auch durch den ermittelten Schlammindeks bestätigt. Bei einem Wert von über 150 ml/g wird in der Literatur von einem Blähschlamm gesprochen.

Schlammanalyse

Im Mikrobiologielabor des Instituts für Siedlungswasserbau, Industrierwasserwirtschaft und Gewässerschutz (SIG) der Universität für Bodenkultur konnten folgende Erkenntnisse zu den drei untersuchten Schlämmen gefunden werden (Tabelle 85).

Tabelle 85: Schlammanalysen Laborversuch 3

	Ausgangsschlamm	Bier	Bier + FS
Farbe	mittelbraun bis dunkelbraun	mittelbraun bis dunkelbraun	mittelbraun bis dunkelbraun
Geruch	erdig	erdig	erdig
Gestalt	abgerundet bis unregelmäßig	abgerundet bis unregelmäßig	eher unregelmäßig
Festigkeit	eher stark	eher stark	eher stark
Struktur	eher kompakt, Zentrum vorhanden	eher kompakt, Zentrum vorhanden	eher offen, Zentrum vorhanden
Größe	mittelgroße Flocken	große bis mittelgroße Flocken	mittelgroße Flocken
Fädigkeit	Kategorie 1	Kategorie 1	Kategorie 2

Ciliaten			
Festsitzende	+++	+++ (riesige Stämme!!!)	++
Freischwimmend	+++	+	+
Kriechende	++	+++	++

Flagellaten	-	-+	-+
-------------	---	----	----

Rädertierchen	+++	+++	+++
			-
Amöben			
Nacktamöben	-+	+	+
Schalenamöben	+	-	+

Der Ausgangsschlamm hatte eine mittelbraune Farbe und der Geruch war erdig. Außerdem war die Gestalt abgerundet bis unregelmäßig bei einer eher starken Festigkeit. Ebenso konnten neben einer eher kompakten Struktur Zentren gefunden werden. All diese Eigenschaften deuten auf einen sehr guten Zustand des Schlammes hin. Zusätzlich konnte die ideale Größe mit mittelgroßen Flocken und eine sehr geringe Fädigkeit von 1 nachgewiesen werden. Die enorm hohe Anzahl aller Ciliaten und der Rädertierchen waren ebenfalls positiv zu erwähnen.

Die Veränderungen des Schlammes in der Anlage „Bier“ waren marginal. Sehr auffallend waren die extrem großen festsitzenden Ciliatenstämme, die in weiterer Folge auch zu großen Flocken führten. In seiner Gesamtheit betrachtet, war der Schlamm in einem sehr guten Zustand.

Der Schlamm der Anlage „Bier + FS“ differenzierte sich doch deutlich vom Ausgangsschlamm. So kam es zu eher offenen Strukturen und einer deutlich geringeren Anzahl von Ciliaten. Außerdem war die Fädigkeit um eine Kategorie schlechter als der Ausgangsschlamm. Trotzdem konnte noch von einem guten Zustand des Schlammes gesprochen werden.



Fazit

Mit einer durchschnittlichen Zulaufmenge von 1,5l/d lag der Wert erneut deutlich unter dem theoretischen Wert von 2,3l/d. In der folgenden Tabelle 86 wird kontrolliert, ob die gewünschte Schlammbelastung von 0,1-0,2 g CSB/ (g TS * d) trotz der geringen Zulaufmenge noch eingehalten werden konnte.

$$B_{TOC,L3,Bier} = Q_{L3,Bier} * TOC_{L3,Bier} = 1,5 \text{ l/d} * 679 \text{ mg/l} = 1,02 \text{ g/d}$$

$$B_{CSB,L3,Bier} = B_{TOC,L3,Bier} * 2,67 = 1,02 \text{ g/d} * 2,67 = 2,72 \text{ g/d}$$

$$B_{TS,L3,Bier} = \frac{B_{CSB,L3,Bier}}{V_{KK} * TS_{L3,Bier}} = \frac{2,72 \text{ g/d}}{5,0 \text{ l} * 4,5 \text{ g/l}} = 0,12 \text{ g CSB/ (g TS * d)}$$

Tabelle 86: Kontrolle der Schlammbelastung im Laborversuch 3

	Volumen	Menge	TOC	TS	TOC-Fracht	CSB-Fracht	Schlammbelastung
	l	l/d	mg/l	g/l	g/d	g/d	gCSB/gTS*d
Bier	5,0	1,5	679	4,5	1,02	2,72	0,12
Bier + FS	5,0	1,5	676	4,5	1,01	2,71	0,12

Die Ergebnisse der obigen Tabelle zeigen deutlich, dass die praktische Schlammbelastung noch im gewünschten Bereich der Schlammbelastung lag.

Die Abbauleistung in beiden Anlagen war wiederum sehr gut.

Die Auswertung der Schlammparameter zeigt, dass erstaunlicherweise beide Anlagen ein erhöhtes Schlammvolumen von über 1000 ml/l und einen Schlammindex von mehr als 150 ml/g aufwiesen. Dies lässt auf ein Blähschlammverhalten in beiden Anlagen schließen.

Die mikrobiologische Untersuchungen ergaben jedoch einen sehr guten Zustand des Systems der Anlage „Bier“ und einen guten Zustand in der Anlage „Bier + FS“. Erneut kam es zu einer leichten Verschlechterung im System „Bier + FS“.

Warum jedoch in beiden Anlagen ein Blähschlammverhalten anhand der Schlammparameter nachgewiesen wurde, doch dieses in der mikrobiologischen Untersuchung nicht bestätigt werden konnte, bleibt ungeklärt. Möglicherweise führte die extrem hohe Belüftung zu einem großen Eintrag an Luftbläschen, die sich an den Schlamm anhafteten. Durch den hohen Luftanteil in den Schlammflocken wurde die Dichte der Partikel erniedrigt, was wiederum zu einer schlechteren Absetzeigenschaft führte.

Letztlich kann nur die Aussage getroffen werden, dass eine zu hohe Belüftung keinen gewünschten positiven Effekt auf die Schlammentwicklung hat.

4.9.4 Laborversuch 4

Der „Laborversuch 4“ fand im Zeitraum vom 30.5.2012 bis zum 8.6.2012 statt. Erneut kam der Schlamm der Kläranlage Klosterneuburg als Ausgangsschlamm zum Einsatz. Nachdem die verstärkte Belüftung im „Laborversuch 3“ zu keiner markanten Verbesserung des Systems führte, wurde die Belüftung wieder auf den üblichen Wert reduziert. Im Zuge des vierten Laborversuchs sollte mit einer Vorbehandlung des Abwassers der Anlage „Bier + FS“ die Verschlechterung des Systems verhindert werden. Um eine Vergleichbarkeit zu gewährleisten, kamen wiederum beide Anlagen zum Einsatz.

Vorbehandlung des Abwassers der Anlage „Bier + FS“

Im Zuge der Vorbehandlung wurde das Abwasser der Buttertanks kurzzeitig mit Klärschlamm in Berührung gebracht und anschließend zentrifugiert. Damit sollte erreicht werden, dass sich die Fettsäure am Schlamm festsetzt und somit aus dem Abwasser entfernt werden kann. Ziel war die physikalische Adsorption der Fettsäure.

Dazu wurden zwei Flaschen mit 80 ml Abwasser vom Buttertank mit freien Fettsäuren und 320 ml Schlamm der Kläranlage Klosterneuburg gefüllt und anschließend 15 Minuten mit einem Magnetrührer gerührt.

Danach folgte eine zehnmündige Zentrifugation bei einer Geschwindigkeit von 5000 U/min. Durch die Zentrifugation kam es zu einer klaren Trennung der Schlammartikel und der Wasserphase.

Mit Hilfe einer Pipette wurde die flüssige Phase abgezogen, welche schlussendlich ein Gesamtgewicht von 747g aufwies. Somit konnte aus 2 x 80 ml Abwasser vom Buttertank mit freien Fettsäuren und 2 x 320ml an Schlamm eine Menge von 747 g an flüssiger Phase gewonnen werden.

Um wiederum den gleichen Anteil an freien Fettsäuren wie in den vorherigen Versuchen im Zulauf zu gewährleisten, wurde folgende Beziehung berücksichtigt.

160 ml an freien FS 747 mg an flüssiger Phase nach Zentrifugation

100 ml an freien FS 467 mg an flüssiger Phase nach Zentrifugation

Somit wurden 467 mg an flüssiger Phase nach der Zentrifugation anstelle von den üblichen 100ml an freien Fettsäuren des Buttertanks zur Herstellung des Zulaufs der Anlage „Bier + FS“ verwendet.

Zulauf Anlage „Bier + FS“

Wiederum wurden bei der Anlage „Bier + FS“ die berechneten Werte des Kapitels 3.10.3 verwendet. Zusätzlich kamen noch die 466,8 mg an flüssiger Phase nach der Zentrifugation hinzu, sodass der Einfluss der Molkerei Berücksichtigung fand. Nachstehend findet man die verwendeten Komponenten.

- 9800 ml Wasser
- 200 ml Bier
- 466,8 mg flüssige Phase nach der Zentrifugation
- 2225 mg NH₄Cl
- 1332 mg K₂HPO₄

Zulauf Anlage „Bier“

Der Zulauf der Anlage „Bier“ wurde, wie in dem Kapitel 3.10.3 berechnet, erstellt und der Anlage zugeführt. Für einen Vorratsbehälter mit einem Volumen von zehn Litern waren daher folgende Komponenten notwendig:

- 9800 ml Wasser
- 200 ml Bier
- 2225 mg NH₄Cl
- 1332 mg K₂HPO₄

Im Idealfall sollten die theoretischen Werte der Tabelle 87 auch in den Messungen nachgewiesen werden können.

Tabelle 87: Theoretische Zulaufwerte Laborversuch 1

Zulaufmenge	2,33	l/d
TOC	676	mg/l
NH ₄ -N	58	mg/l
NO ₃ -N	0	mg/l
P-Gesamt	24	mg/l



Kontinuierliche Sauerstoff- und Redox-Messung

Eine kontinuierliche Aufzeichnung des Sauerstoffgehalts und des Redoxpotentials fand über den gesamten Versuchszeitraum in beiden Anlagen statt (Abbildungen 68 und 69).

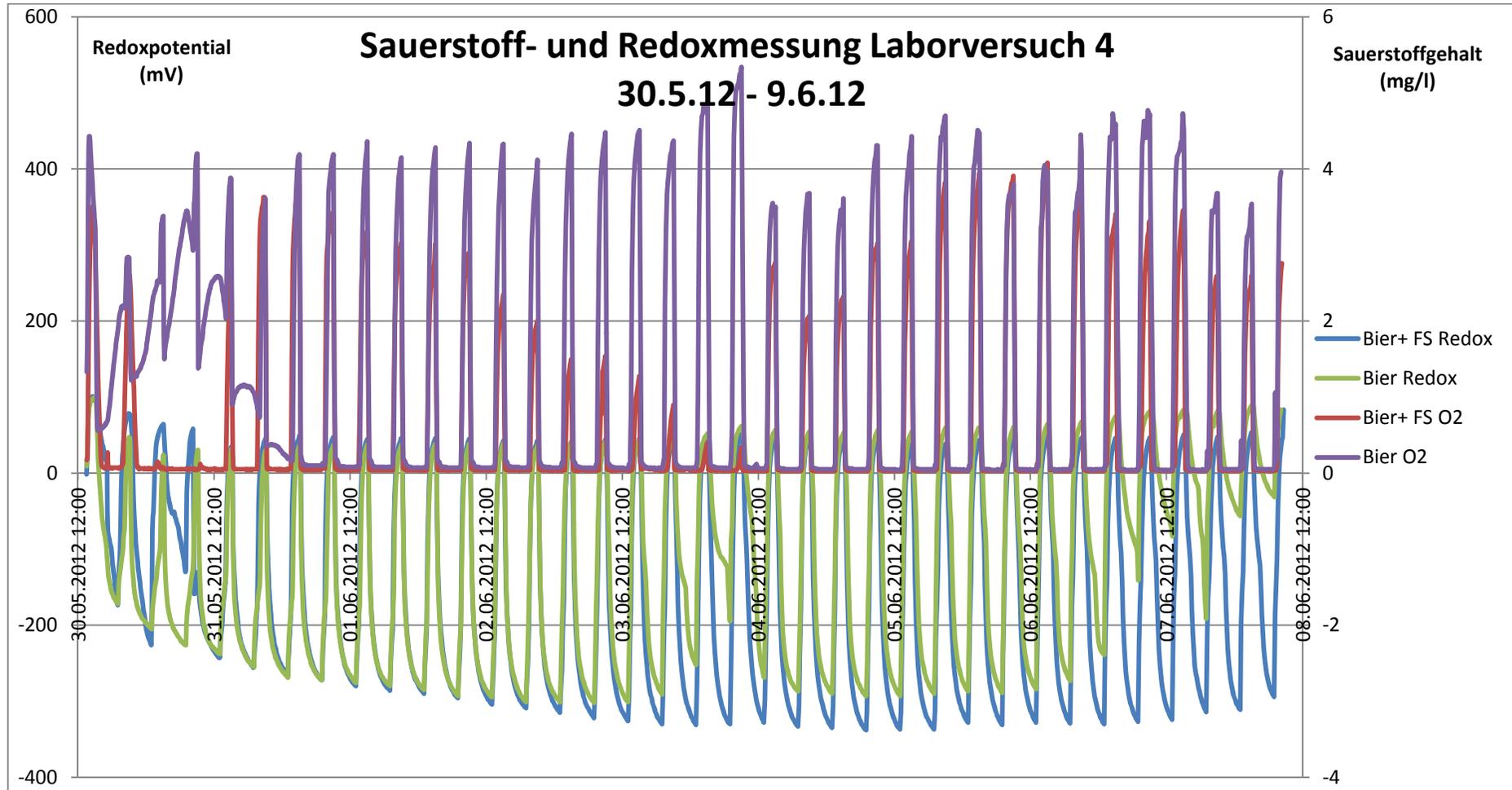


Abbildung 68: Sauerstoff- und Redoxmessung Laborversuch 4

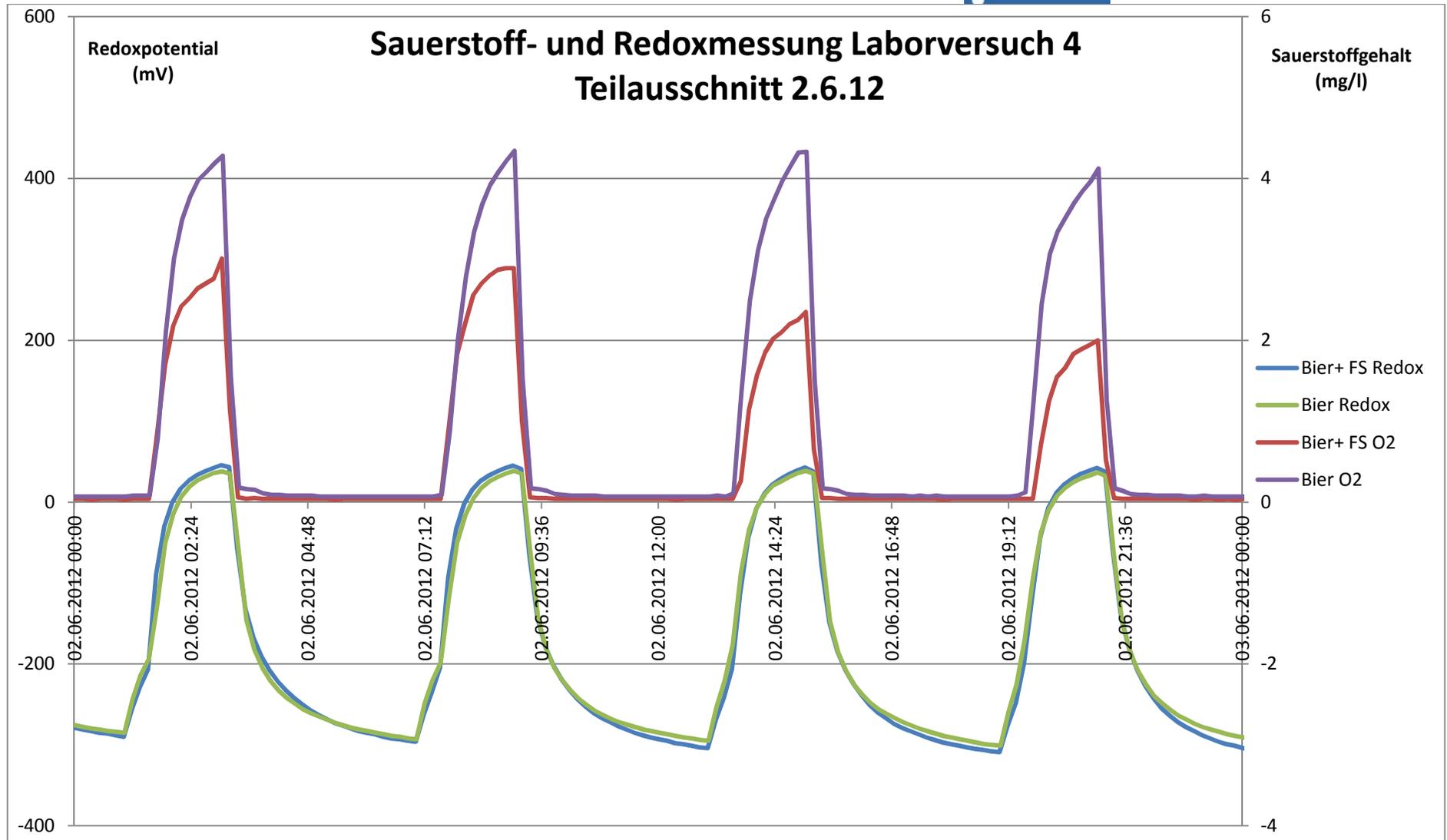


Abbildung 69: Teilausschnitt Sauerstoff- und Redoxmessung Laborversuch 4



In der Abbildung 68 ist deutlich zu erkennen, dass am Anfang der Versuchsreihe erhebliche Probleme auftraten. Dies war auf den Ausfall eines Rührers und einem Schlauchriss im Zulauf zurückzuführen. Der Schlauchriss konnte bereits nach wenigen Stunden repariert werden und auch der Magnetrührer wurde einen Tag nach Versuchsbeginn gewechselt. Ab dem 31.5.12 kam es zu einem kontinuierlichen Versuchsablauf.

Die stetige Reduktion des Sauerstoffgehalts in der Anlage „Bier + FS“ war vermutlich auf Anlagerungen an der Sonde zurückzuführen. Am 4.6. wurde die Sonde gereinigt, und die Messwerte konnten somit verbessert werden.

Im Teilausschnitt ist der parallele Verlauf der Messwerte von den beiden Anlagen gut zu erkennen, wobei der Einfluss der verlegten Sauerstoffsonde bereits deutlich sichtbar wird.

Auswertung der Mengenummessung

Erneut wurden die Ablaufmengen der Anlagen zur Kontrolle der Durchflussmengen gemessen. Zusätzlich wurde eine Messung der Zulaufmengen nach demselben Prinzip durchgeführt. Im Mittel konnte eine konstante Menge von 1,1l/d zugesetzt werden. Dieser Wert lag leider deutlich unter dem theoretischen Wert von 2,33 l/d. D.h., dass die Schlammbelastung geringer als geplant war.

Auswertung der Abwasserparameter

Die Zuläufe der Anlagen „Bier“ und „Bier + FS“ wurden erneut zur Bestimmung der Parameter NH₄-N, NO₃-N, P-Gesamt und TOC in das Chemielabor des Instituts für Siedlungswasserbau, Industriewasserwirtschaft und Gewässerschutz (SIG) der Universität für Bodenkultur gebracht.

- Zulauf Bier 30.5.2012 12:00
- Zulauf Bier + FS 30.5.2012 12:00

Auch die Bestimmung der Parameter der Ablaufproben erfolgte im Chemielabor. Die Ablaufproben waren jeweils Mischproben der letzten Stunden der Versuchsreihe.

- Ablauf Bier 07.06.2012 17:20 – 08.06.2012 08:15
- Ablauf Bier + FS 07.06.2012 17:20 – 08.06.2012 08:15

Die Ergebnisse der Abwasserparameterbestimmung finden sich in den folgenden Tabellen wider (Tabelle 88 und 89).

Tabelle 88: Auswertung der Abwasserparameter der Anlage "Bier" des Laborversuchs 4

Bier	Datum	NH ₄ -N	NO ₃ -N	P-Gesamt	TOC
	dd.mm.yyyy	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Zulauf	30.05.2012	57,3	1,0	28,7	585
Ablauf	08.06.2012	0,07	3,8	7,4	6,7
Abbauleistung in %					
		99,9		74,2	98,9

Im Zulauf der Anlage „Bier“ kam es zu leichten Abweichungen der bestimmten Parameterkonzentrationen im Vergleich zu den theoretisch, errechneten Werten. Besonders auffällig dabei war die relativ geringe TOC-Konzentration, die vermutlich auf eine zu geringe Zugabemenge an Bier zurückzuführen war. Wie bereits bei den ersten Versuchen festgestellt wurde, war die Phosphorkonzentration etwas höher als erwartet, was wiederum auf den zusätzlichen P-Eintrag durch die Bierbeimengung zurückzuführen war.

Erneut war eine sehr gute Abbauleistung in der Kleinkläranlage festzustellen. Anhand der geringen Konzentrationen an NH₄-N und NO₃-N ist zu sehen, dass sowohl eine Nitrifikation als auch eine Denitrifikation in der Kleinkläranlage stattgefunden hat. Ohne Einsatz von Fällungsmitteln war auch die Reduktion des Gesamtphosphors um 74 Prozent beachtlich. Die

Erhöhung der NO₃-N-Konzentration ist auf eine Neubildung von Nitrat während der Nitrifikation zurückzuführen. Der gesamte Stickstoffanteil im System wurde aber stark reduziert. Anschließend wird die Berechnung der Abbauleistung anhand der Ammoniumkonzentration erklärt.

$$p_{NH_4-N,L_4,Bier} = 100 - \frac{100}{NH_4-N_{Zulauf,L_4,Bier}} * NH_4 - N_{Ablauf,L_4,Bier}$$

$$= 100 - \frac{100}{57,3 \text{ mg/l}} * 0,07 \text{ mg/l} = 99,9 \%$$

Tabelle 89: Auswertung der Abwasserparameter der Anlage "Bier + FS" des Laborversuchs 4

Bier + FS	Datum	NH ₄ -N	NO ₃ -N	P-Gesamt	TOC
	dd.mm.yyyy	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Zulauf	30.05.2012	60,3	1,4	27,1	554
Ablauf	08.06.2012	0,07	1,5	6,1	7,4
Abbauleistung in %					
		99,9		77,5	98,7

Die bestimmten Parameterwerte wichen geringfügig von den theoretisch, errechneten Werten ab. Eine Reduktion der TOC-Konzentration kann zum Teil auch auf den zusätzlichen Wasseranteil, der im Zuge der Zentrifugation entstanden ist, zurückgeführt werden. Dabei wurden anstelle der 100 ml an Abwasser des Buttertanks mit freien Fettsäuren 467 g an flüssiger Phase nach der Zentrifugation für den Zulauf verwendet. Wie bereits bei den ersten Versuchen festgestellt wurde, war die Phosphorkonzentration etwas höher als erwartet, was wiederum über den Zusammenhang mit dem zusätzlichen P-Eintrag durch die Bierbeimengung zu erklären ist.

Auch in dieser Anlage konnten extrem hohe Abbauleistungen erreicht werden.

Erneut kann bei der alleinigen Betrachtung der Abwasserparameter kein Unterschied zwischen den Anlagen festgestellt werden.

Auswertung der Schlammparameter

Im Zuge der Schlammbeurteilung des Systems wurden die Parameter Trockensubstanz, Glühverlust, Schlammvolumen und Schlammindex im Technikum und Chemielabor des Instituts für Siedlungswasserbau, Industriewasserwirtschaft und Gewässerschutz (SIG) der Universität für Bodenkultur bestimmt.

Die genannten Parameter wurden für den Ausgangsschlamm am Beginn der Versuchsreihe, welcher für beide Anlagen aus der Kläranlage Klosterneuburg entnommen wurde, und für die beiden Schlämme der Anlagen „Bier“ und „Bier + FS“ am Ende der Versuchsreihe ermittelt.

- Ausgangsschlamm 30.5.2012 07:00
- Bier 8.6.2012 08:30
- Bier + FS 8.6.2012 08:30

Tabelle 90: Auswertung der Schlammparameter des Laborversuchs 4

	Trockensubstanz	Glühverlust	Schlammvolumen	Schlammindex
	(g/l)	(%)	(ml/l)	(ml/g)
Ausgangsschlamm	5,4	61,1	500	93
Bier	5,6	64,0	640	114
Bier + FS	5,4	64,0	710	131

Wie der Tabelle 90 zu entnehmen ist, war die Trockensubstanz des Ausgangsschlammes mit 5,4 g/l höher als erwartet, wobei das Schlammvolumen von 500 ml/l und der errechnete Schlammindex von 94 ml/g auf einen guten Zustand des Schlammes hinwiesen.

Des Weiteren ist zu erkennen, dass bei den geringeren Zulaufmengen und Konzentrationen quasi kein Zuwachs an Trockensubstanz in beiden Systemen festzustellen war. Zumindest ein Erhalt der bestimmten Trockensubstanz von 5,4 g/l war aber in beiden Anlagen möglich.

Außerdem ist zu erkennen, dass das Schlammvolumen in beiden Anlagen nur unwesentlich anstieg und auch der Schlammindex nur unerheblich erhöht wurde. Erfreulicherweise war auch der Schlammindex in der Anlage „Bier + FS“ nur geringfügig höher.

Die Auswertung der Schlammparameter ließ auf eine erfolgreiche Vorbehandlung des Abwassers aus den Buttertanks schließen.

Schlammanalyse

Im Mikrobiologielabor des Instituts für Siedlungswasserbau, Industrierewasserwirtschaft und Gewässerschutz (SIG) der Universität für Bodenkultur konnten folgende Erkenntnisse zu den drei untersuchten Schlämmen gefunden werden (Tabelle 91).

Tabelle 91: Schlammanalysen Laborversuch 3

	Ausgangsschlamm	Bier	Bier + FS
Farbe	mittelbraun	mittelbraun	mittelbraun
Geruch	erdig, frisch	erdig, frisch	erdig, frisch
Gestalt	eher unregelmäßig	abgerundet bis unregelmäßig	abgerundet bis unregelmäßig
Festigkeit	stark	stark	stark
Struktur	offen bis kompakt	offen bis kompakt	eher kompakt
Größe	kleine bis mittelgroße Flocken	kleine bis mittelgroße Flocken	kleine bis mittelgroße Flocken
Fädigkeit	Kategorie 2	Kategorie 1-2	Kategorie 1-2

Ciliaten			
Festsitzende	+	+++ (sehr große Stämme)	+++ (auch größere Stämme)
Freischwimmend	+++	++	++
Kriechende	-	-	-

Flagellaten	+	+	-+
Rädertierchen	+	++	++
Amöben			
Nacktamöben	-	-+	-
Schalenamöben	+	+	-+

Der erste Eindruck des Ausgangsschlammes ließ bei einer mittelbraunen Farbe und einem erdig, frischen Geruch auf einen guten Zustand schließen. Trotz der eher unregelmäßigen Gestalt konnte der erste Eindruck bei einer starken Festigkeit und einer offenen bis kompakten Struktur bestätigt werden. Leichte Mängel zeigte der Schlamm bei der eher kleinen Größe der Flocken und bei der Fädigkeit der Kategorie 2. Außerdem konnte eine große Anzahl von Ciliaten festgestellt werden, wobei die bevorzugten, festsitzenden Ciliaten relativ selten vorkamen.



Insgesamt konnte von einem guten Zustand des Schlammes gesprochen werden, der allerdings kleinere Mängel aufwies.

Der Schlamm in der Anlage „Bier“ nahm eine positive Entwicklung im Laufe des Versuchs. So verbesserte sich die Gestalt hin zu einer abgerundeten Form und auch die Fädigkeit ging leicht zurück. Außerdem konnten vermehrt große, festsitzende Ciliatenstämme gefunden werden. Außerdem nahm auch die Anzahl der Rädertierchen zu.

Eine ähnliche Entwicklung wie in der Anlage „Bier“ konnte auch in der Anlage „Bier + FS“ beobachtet werden. Ebenfalls konnte bereits an der Gestalt eine leichte Verbesserung verzeichnet werden, die sich in der Reduktion der Fädigkeitsklasse und im Aufbau von großen, festsitzenden Ciliatenstämmen widerspiegelte.

Erfreulicherweise konnten kaum Unterschiede in den beiden Systemen gefunden werden und in beiden Fällen kam es zu einer merkbaren Verbesserung gegenüber dem Ausgangsschlamm.

Fazit

Leider konnte die gewünschte Durchflussmenge von 2,33 l/d in beiden Anlagen nicht eingehalten werden. Mit 1,2 l/d bzw. 1,1 l/d waren die Mengen auch deutlich unter dem gewünschten Wert. Aufgrund der zusätzlichen hohen Trockensubstanz von 5,4 g/l im Ausgangsschlamm kam es somit auch in beiden Fällen zu einer Unterschreitung der gewünschten Schlammbelastung von 0,1-0,2 g CSB/ (g TS*d). Trotzdem konnten aus dem Versuch noch positive Erkenntnisse gezogen werden, da zumindest der Unterschied in den beiden Anlagen während des Versuchs äußerst marginal war (Tabelle 92).

$$B_{TOC,LA,Bier} = Q_{LA,Bier} * TOC_{LA,Bier} = 1,2 \text{ l/d} * 585 \text{ mg/l} = 0,70 \text{ g/d}$$

$$B_{CSB,LA,Bier} = B_{TOC,LA,Bier} * 2,67 = 0,70 \text{ g/d} * 2,67 = 1,87 \text{ g/d}$$

$$B_{TS,LA,Bier} = \frac{B_{CSB,LA,Bier}}{V_{KK} * TS_{LA,Bier}} = \frac{1,87 \text{ g/d}}{5,0 \text{ l} * 5,4 \text{ g/l}} = 0,07 \text{ gCSB/(gTS * d)}$$

Tabelle 92: Kontrolle der Schlammbelastung im Laborversuch 4

	Volumen	Menge	TOC	TS	TOC-Fracht	CSB-Fracht	Schlammbelastung
	l	l/d	mg/l	g/l	g/d	g/d	gCSB/gTS*d
Bier	5,0	1,2	585	5,4	0,70	1,87	0,07
Bier + FS	5,0	1,1	554	5,4	0,61	1,63	0,06

Die Abbauleistung in beiden Anlagen war wiederum sehr gut. Die geringe Schlammbelastung führte lediglich dazu, dass es zu keinem zusätzlichen Aufbau von Trockensubstanz und Glühverlust kam.

Die Auswertung der Schlammparameter bestätigte die Konstanz der Trockensubstanz und zeigte weiter, dass beide Systeme mit einem Schlammvolumen von 640 ml/l bzw. 710 ml/l und einem Schlammindex von 114 ml/g bzw. 131 ml/g in einem guten Zustand waren. Außerdem war die geringe Differenz der beiden Systeme äußerst positiv zu bewerten.

Der gute Zustand in den beiden Anlagen bestätigte sich auch in der mikrobiologischen Untersuchung. So konnte sogar der Zustand des Ausgangsschlammes in beiden Systemen verbessert werden.

Demzufolge scheint die Vorbehandlung des Abwassers der Buttertanks, durch eine Vermischung mit Schlamm und eine anschließende Trennung, eine geeignete Methode zu sein, um dem ursprünglichen Problem Herr zu werden.

5. Interpretation und Diskussion

Datenauswertung

Die Ergebnisse der Datenauswertung aus der Abwasserreinigungsanlage des GAVs zeigten, dass es ab Ende des Jahres 2010 vermehrt zu einer deutlichen Überschreitung des erlaubten Ammoniumablaufgrenzwertes von 5mg/l kam. Von Dezember 2010 bis Dezember 2011 (Ende des Datensatzes) wurden Spitzen von bis zu 18mg/l $\text{NH}_4\text{-N}$ im Ablauf gemessen. Die Erhöhung der Ammoniumkonzentration im Ablauf korrelierte jedoch nicht mit einer Erhöhung der $\text{NH}_4\text{-N}$ -Konzentration im Zulauf, die über den gesamten Untersuchungszeitraum (Jänner 2007 bis Dezember 2012) bei einem konstanten Mittel von rund 13mg/l lag. Auch ein Zusammenhang zu einem anderen Abwasserparameter konnte nicht festgestellt werden. Aus der folgenden Tabelle 93 können die Mittelwerte der Abwasserparameter im Zu- und Ablauf der Kläranlage des GAVs entnommen werden, welche im Gegensatz zur $\text{NH}_4\text{-N}$ -Konzentration über den gesamten Untersuchungszeitraum konstant blieben.

Tabelle 93: Zulauf- und Ablaufkonzentration der Abwasserparameter der Kläranlage des GAVs (Mittelwerte vom Untersuchungszeitraum 1.1.2007 bis 31.12.2011)

	Zulaufkonzentration	Ablaufkonzentration
	mg/l	mg/l
CSB	520	22
BSB ₅	330	4
N-Gesamt	27,9	2,7
P-Gesamt	5,4	0,3

Außerdem wurde eine Bilanzierung des Sauerstoffgehalts in der Kläranlage erstellt, wobei kein O_2 -Defizit ausgewiesen werden konnte. Allerdings muss erwähnt werden, dass in die Berechnung des notwendigen Sauerstoffeintrags nur gemittelte Tageswerte der Abwasserparameter herangezogen wurden und der Tagesgang der Abwasserparameter keine Berücksichtigung fand. Allerdings konnte eine gewisse Konzentration der Ammoniumspitzen am Ende einer üblichen Arbeitswoche festgestellt werden. Dies ließ auf den Einfluss der Industrieabwässer, aber auch auf den Einfluss von internen Arbeitsprozessen schließen. Bereits von BRITZ et al. wurde im Jahr 2006 darauf hingewiesen, dass gelöste und emulgierte Fette aus der Lebensmittelindustrie zu einer langfristigen Verschlechterung des Schlammzustandes (Bläh- bzw. Schwimmschlamm-Bildung) führen können. SCHWEIGHOFER (1997) deutet aber auch darauf hin, dass kurzfristige Beeinträchtigungen durch betriebsinterne Prozesse (Rückführung von Trüb- und Presswässer, nicht ausreichende Belüftung, kurzfristige pH-Absenkung,...) ausgelöst werden können. In der Abwasserreinigungsanlage des GAVs schien eine Überlagerung der Prozesse erfolgt zu sein. Über mehrere Monate hinweg konnte eine stetige Verschlechterung des Schlammzustandes beobachtet werden, die von einem relativ konstanten wöchentlichen Zyklus überlagert wurde. Leider gab die Datenauswertung nur teilweise den Zustand des Schlammes wieder, da das Schlammvolumen bis in den September 2011 falsch gemessen wurde. Demzufolge wurde kein Schlammvolumen ausgewiesen, das größer als 1000ml/l war. Erst nach der Korrektur der Messmethodik erhöhte sich das Schlammvolumen und erreichte Werte von über 2000ml/l. Anfangs führte die Schlammverschlechterung nur zu einem optischen Problem, doch im Laufe der Monate verschlechterte sich die Situation dramatisch. Aufgrund der schlechten Schlamm-Beschaffenheit konnte keine bedarfsorientierte Belüftung mehr betrieben werden, da diese zu einem verstärkten Schlammabtrieb geführt hätte. Das Fehlen der geeigneten Belüftung führte zu einer Verschlechterung des $\text{NH}_4\text{-N}$ -Abbaus und in weiterer Folge zu einer Überschreitung des Ammoniumablaufgrenzwertes.

Der Eindruck der Verschlechterung konnte auch in der Auswertung der Schlammanalysen bestätigt werden. Folglich kam es im betrachteten Zeitraum zu einer stetigen, quantitativen Vermehrung an fadenförmigen Bakterien. Obwohl die Analysen von unterschiedlichen Firmen

durchgeführt wurden und der Vergleich der vorhandenen Berichte schwierig war, konnten die drei Hauptgruppen an fädenbildenden Mikroorganismen *Microthrix parvicella*, *Nostocoida limicola* und Typ 0092 identifiziert werden. Laut KUNST et al. (2000) ist eine Vergesellschaftung der genannten Fadenbakterien vor allem in schwachbelasteten Anlagen mit Schwimm- bzw. Blähschlammproblemen häufig anzutreffen. Auch ein Vergleich der Selektionsfaktoren nach LEMMER (1992) führte zur Ausweisung der genannten Fadenbakterien. Vor allem folgende Punkte wurden dabei immer wieder erwähnt und trafen auch auf die Kläranlage des Gemeindeabwasserverbandes zu:

- Industrieabwasser (z.B.: Molkerei, Schlachthof,...)
- Niedriger Sauerstoffgehalt
- Niedrige Schlammbelastung unter 0,2 kg CSB/ (kg TS*d)
- Hohes Schlammalter

Aufgrund der vorliegenden Erkenntnisse aus der Daten- und Schlammanalyse waren eine Verbesserung des Betriebes in der Kläranlage und eine genauere Untersuchung der Abwässer bestimmter Indirekteinleiter erwünscht.

Analysewoche in der Molkerei

Die Auswertung der Analysewoche in der Molkerei zeigte, dass es sehr starke Schwankungen der Konzentrationen von CSB, P und freier Fettsäuren im Zulauf zur Betriebskläranlage gab. Diese Schwankungen waren auf die unterschiedlichen Erzeugnisse in der Molkerei zurückzuführen. Mit Hilfe der Puffertanks in der Betriebskläranlage und durch die Zugabe von Säuren bzw. Basen konnten die Konzentrationen im Zuge der Abwasserbehandlung etwas ausgeglichen werden. Doch durch die sehr großen Unterschiede, die innerhalb von wenigen Stunden auftraten, war der Betrieb der Kläranlage der Molkerei sehr schwierig. Demzufolge kann auch eine Überschreitung der mittels Bescheid vorhandenen Grenzwerte für die Einleitung in das Kanalnetz nicht ausgeschlossen werden. NOWAK (2010) bestätigt, dass durch Frachtstöße von leicht abbaubaren organischen Substanzen aus der Industrie eine Blähschlammabtrieb in der kommunalen Kläranlage erfolgen kann. Dies könnte einen Schlammabtrieb oder ein Versagen der biologischen Reinigung zur Folge haben. Außerdem konnte nachgewiesen werden, dass 75 Prozent der gesamten Fracht an freien Fettsäuren in der Kläranlage des GAVs von der Molkerei stammten. Möglicherweise waren diese zum Teil auch verantwortlich für den instabilen Betrieb in der Kläranlage des GAVs. NOWAK (2010) hält außerdem fest, dass schwer abbaubare organische Stoffe zu einer Hemmung der Nitrifikation führen können. Möglicherweise kam es in der vorliegenden Anlage aufgrund der vorhandenen Fettsäuren zu dieser Hemmung. Leider konnte diese Annahme im Zuge der Nitrifikationshemmtests (als Screeningtest ausgeführt) nicht bestätigt werden. Laut NOWAK (2010) könnte ein stabilerer Betrieb durch eine biologische Vorreinigung geschaffen werden. Demzufolge könnten leicht abbaubare Stoffe weitgehend eliminiert werden, aber auch die Reduktion der schwer abbaubaren Substanzen forciert werden.

Die gewonnenen Daten aus der Datenanalyse und der Analysewoche in der Molkerei wurden dazu verwendet, um in Laborversuchen eine mögliche Verbesserung der Betriebsweise zu untersuchen. Ferner muss festgehalten werden, dass eine neue Festlegung der zu untersuchenden Parameter (z.B.: Fettsäuren,...) sinnvoll wäre, da über die vorhandenen Abwasserparameter (CSB, BSB,...) keine vollständige Aussage über die vorhandenen Inhaltsstoffe getroffen werden kann. Allerdings sollten vor Festlegung eines Zielwertes weitere Erfahrungen gesammelt werden.

Laborversuche in den Kleinkläranlagen

Das Ziel der Laborversuche war es Parallelversuche mit zwei Kleinkläranlagen zu starten, wobei eine immer unter dem Einfluss des Abwassers aus den Buttertanks der Molkerei stand

(nachfolgend Bezeichnung „Bier+FS“) und die Vergleichsanlage ohne Einleitung des genannten Abwassers betrieben wurde (nachfolgend Bezeichnung „Bier“).

Im Laborversuch 1 wurde versucht die vorhandene Situation der realen Kläranlage des GAVs in den Kleinkläranlagen abzubilden. Die Erkenntnisse daraus waren, dass die TOC-Konzentration in der Anlage „Bier+FS“ zu gering war, da das Abwasser aus den Buttertanks nicht die gedachte TOC-Konzentration aufwies. Außerdem war der Ausgangsschlamm für den Versuch bereits in einem zu schlechten Zustand, weshalb dieser in den folgenden Versuchen von einer anderen Anlage geholt werden musste. Als weitere Verbesserung für die folgenden Versuche sollte eine Mengenummessung der Zu- und Abflüsse installiert werden, um eine genaue Massenbilanz errechnen zu können.

Nachdem die genannten Korrekturen umgesetzt wurden, konnte im Laborversuch 2 ein sehr stabiler und realitätsnaher Versuch durchgeführt werden. Als Resultat war ein markanter Unterschied zwischen den beiden Kleinkläranlagen auszuweisen. Demzufolge kam es zu einer deutlichen Verschlechterung in der Anlage „Bier+FS“. Diese spiegelte sich in einem hohen Schlammindex von 231ml/g in der Anlage „Bier+FS“ im Vergleich zu einem relativ geringen Schlammindex von 124ml/g in der Anlage „Bier“ wider. Eine Verschlechterung des Schlammbildes mit einer offenen Struktur und einer verstärkten Fädigkeit untermauerte den negativen Trend. Somit konnten die wissenschaftlichen Erkenntnisse von BRITZ et al. (2006), KUNST et al. (2000) und NOWAK (2010) nachgewiesen werden.

Als einfache zu realisierende Verbesserungsmöglichkeit wurde eine Erhöhung der Belüftung angesehen und im Laborversuch 3 umgesetzt. Dies führte jedoch zu einer Verschlechterung beider Systeme, welche mit einem Schlammindex von 196ml/g („Bier“) und 190ml/g („Bier+FS“) deutlich über der „Blähschlammgrenze“ von 150ml/g lagen. Möglicherweise kam es aber aufgrund des sehr hohen Sauerstoffeintrags mit grobblasiger Belüftung bzw. durch die Denitrifikation zu einem Anhaften der Gasblasen am Schlamm und in weiterer Folge zu einem Hochschwimmen der Schlammteilchen, wodurch das Schlammvolumen deutlich erhöht wurde. Im Gegensatz zum Schlammindex konnte nämlich ein sehr gutes Schlammbild in beiden Anlagen ausgewiesen werden, wobei nur ein geringfügig schlechterer Zustand in der Anlage „Bier+FS“ festzustellen war. Allerdings ist festzuhalten, dass bereits KUNST et al. (2000) der Sauerstoffkonzentration eine eher untergeordnete Bedeutung gegenüber anderen Selektionsfaktoren für das Wachstum von *Microthrix parvicella* beimaßen.

Aus der Literatur (NOWAK 2010) war bekannt, dass eine biologische Vorreinigung von Industrieabwässern eine positive Auswirkung auf die nachfolgende kommunale Kläranlage haben soll. Vor allem aufgrund der ökologischen Vorteile der biologischen Vorreinigung laut NOWAK (2010), welche sich in einer Reduzierung der Blähschlammbildung und der Nitrifikationshemmung widerspiegeln sollten, kam man zu dem Entschluss im Laborversuch 4 eine anlagenspezifische Vorreinigung zu testen. Das Ziel der Vorreinigung lag darin, die vorhandenen freien Fettsäuren in einem 15minütigen Rührvorgang mit dem Belebtschlamm an diesen zu binden. In einer nachfolgenden Zentrifugation wurden die Schlammteilchen von der flüssigen Phase getrennt. Das vorgereinigte Abwasser wurde nun wiederum einer Kleinkläranlage in einem Parallelversuch zugeführt und die Ergebnisse mit der standardisierten Anlage ohne Fettsäuren verglichen. Erfreulicherweise kam es zu einer deutlichen Angleichung der Schlammparameter. Demzufolge lag der Schlammindex in der Anlage „Bier“ bei 114ml/g und in der Anlage „Bier+FS“ bei 131ml/g, welcher deutlich unter dem Wert von 231ml/g ohne Vorreinigung lag. Auch eine positive Entwicklung des Schlammbildes war in beiden Kleinkläranlagen festzustellen, welche in einer sehr geringen Fädigkeit von 1-2 festgehalten werden konnte. Trotz der kritischen Betrachtung von KUNST et al. (2000), die die Installation eines Selektors grundsätzlich in Frage stellen, wurde eine anlagenspezifische Verbesserung mit einer Vorbehandlung vorgeschlagen. Der Grund dafür war neben dem erfolgreichen Laborversuch 4 auch eine ähnliche Betriebsweise in der KA Bad Vöslau, welche ebenfalls unter dem Einfluss einer Molkerei steht (MATSCHE und BAYER, 2010).

Vorschläge zur Verbesserung der Betriebsweise



Vorschlag 1

Die genannte und erprobte kurzzeitige Vermischung des Abwassers der Molkerei mit einem Belebtschlamm sollte bereits in der Betriebskläranlage der Molkerei erfolgen. Um die Vermischung des Abwassers mit dem Schlamm zu erreichen, könnte das gesamte Abwasser nach der Flotation über das Belebungsbecken geleitet werden. Nach dem Belebungsbecken wird das Abwasser-Schlamm-Gemisch im Nachklärbecken zum Absetzen gebracht und somit die flüssige Phase von der festen Phase getrennt. Nach dem Nachklärbecken gelangt das vorgereinigte Abwasser in das Kanalnetz in Richtung der Kläranlage des GAVs. In diesem Vorschlag würde das belüftete Belebungsbecken als aerober Selektor für die kommunale Kläranlage fungieren und die Vorabtrennung des Schlammes mit Hilfe der Schwerkraft im Nachklärbecken erfolgen.

In der nachstehenden Abbildung 70 wird angedeutet, dass die Trennung des Abwasserstroms nach der Flotation entfallen würde und keine direkte Einleitung mehr in die Url stattfinden würde. Die Einleitung in das Kanalnetz wird ebenfalls angedeutet.

Die mögliche Veränderung würde vermutlich sowohl positive als auch negative Auswirkungen auf den Betrieb haben.

Vorteile:

- Adsorption der Störstoffe am Schlamm
- Verbesserung der Situation in der Kläranlage des GAVs
- Pufferung von Betriebsunfällen durch das gesamte Belebungsbecken
- Keine Direkteinleitung in die Url mehr notwendig
- Nur geringe bauliche Veränderungen nötig

Nachteile:

- Neue Betriebsweise in der Kläranlage der Molkerei erforderlich (Belüftung??, Geruch??,...)
- Schlechtes Schlammabsetzverhalten im Nachklärbecken möglich – Schlammabtrieb in den Kanal

Im Zuge eines Großversuchs könnte diese Maßnahme provisorisch umgesetzt werden und nach einer Laufzeit von ein bis zwei Monaten etwaige Ergebnisse daraus gewonnen werden.

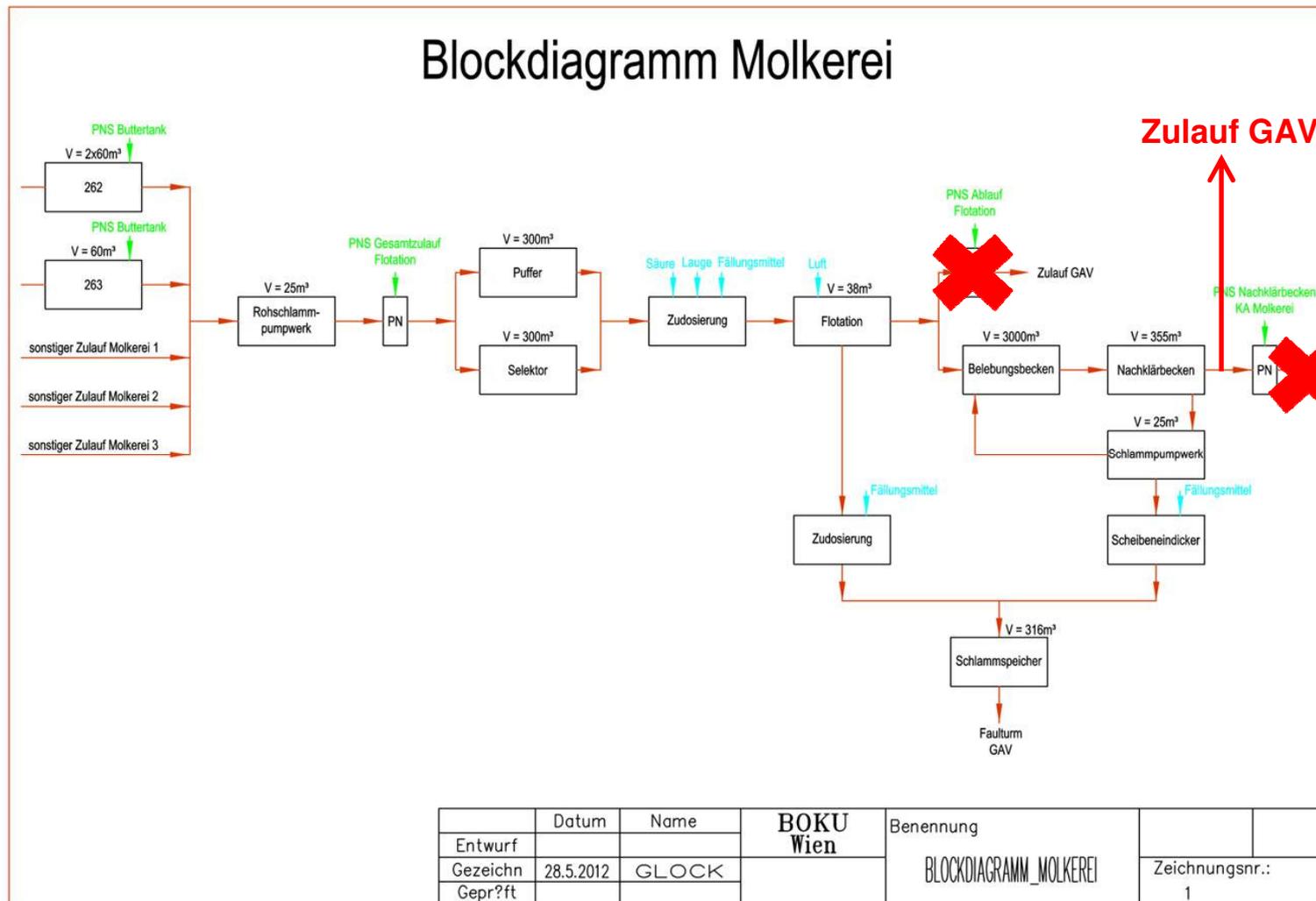


Abbildung 70: Blockdiagramm Molkerei mit Veränderungsvorschlag



Vorschlag 2

Als zweite Variante könnte das Rohabwasser der Molkerei nach den Puffertanks und der Neutralisation in eine hochbelastete Stufe (derzeitige Belebungsbecken der Betriebskläranlage) geleitet werden. Dort soll die Adsorption der freien Fettsäuren an den Schlammflocken erfolgen. Im Nachklärbecken würde demnach ein Absetzvorgang stattfinden und der Überlauf soll dann über die Flotation geleitet werden. Es ist davon auszugehen, dass sich die Absetzeigenschaften verschlechtern, doch der abgetriebene Schlamm aus dem Nachklärbecken kann vermutlich über die Flotation entfernt werden. Dadurch sollte sich ein relativ hoher Reinigungseffekt inklusive der Entfernung der freien Fettsäuren ergeben. Zusätzlich sollte durch diese Maßnahme, sowohl der Schlammabtrieb in den Kanal, als auch das Geruchsproblem minimiert werden. Bereits NOWAK (2010) hat erwähnt, dass auf keinen Fall ein anaerob vorgereinigtes Abwasser in einem Freispiegelkanal in die kommunale Abwasserreinigungsanlage geleitet werden soll, um die Geruchsproblematik hintanzuhalten. Durch die Flotation sollte der organische Anteil reduziert werden und dadurch der Nachteil der Geruchsproblematik minimiert werden.

Aufgrund des bautechnischen Mehraufwands der Variante 2 gegenüber der Variante 1 ist auf jeden Fall die Variante 1 in einem ersten Versuch umzusetzen. Erst wenn die genannten Nachteile der Variante 1 überwiegen, sollte die Umsetzung der Variante 2 realisiert werden.

Vorschlag 3

Der dritte Vorschlag bezieht sich auf eine Variante ohne jegliche Veränderung der Betriebskläranlage der Molkerei. Die folgenden Argumente beschränken sich lediglich auf die Betriebsweise der kommunalen Kläranlage und sollten trotz unverändertem Einfluss des Molkereiabwassers zu einer Verbesserung führen.

Eine Erhöhung der BSB₅-Schlammbelastung von derzeit 0,07kgBSB₅/ (kgTS*d) (Mittelwert) auf 0,2kgBSB₅/ (kgTS*d) wäre vermutlich zielführend. Dies kann z.B. durch Reduzierung des TS-Gehalts in den Belebungsbecken erreicht werden (KUNST et al. 2000). In der vorliegenden Anlage wäre eine Reduktion von 5,5g/l auf 3,5g/l denkbar. Eine zusätzliche bedarfsgerechte Verstärkung der Belüftung sollte ebenfalls einen positiven Effekt auf den Betrieb haben.

6. Zusammenfassung

Einleitung

Aufgrund der komplexen technischen, chemischen und mikrobiologischen Zusammenhänge stellt der Betrieb von biologischen Kläranlagen eine große Herausforderung für den Betreiber dar. Häufig treten Probleme in der Steuerung und Regelung der Anlagen auf, die laut Kunst et al. (2000) zu 50% auf biologische Ursachen, wie zum Beispiel Blähschlamm, Schwimmschlamm oder Schaum zurückzuführen sind. Der Grund für die Entwicklung von Blähschlamm, Schwimmschlamm oder Schaum liegt in einem massenhaften Auftreten von fadenförmigen Mikroorganismen. Die Auswirkungen der genannten Störungen können dramatische Folgen, wie zum Beispiel Schlammabtrieb und eine zu hohe organische Belastung der Gewässer, nach sich ziehen. In der vorliegenden Studie wird anhand eines konkreten Anlassfalls in der Kläranlage eines GAVs versucht die Ursachen für das starke Wachstum der fädigen Mikroorganismen zu finden, und mögliche Verbesserungsvorschläge zur Eindämmung der genannten Auswirkungen zu finden.

Ausgangssituation

Seit Anfang des Jahres 2007 war in der Kläranlage des GAVs Schwimmschlamm in den Belebungsbecken festzustellen. In den ersten Jahren waren jedoch nur optische Probleme bemerkbar, doch mit Beginn des Jahres 2010 wurden die Probleme gravierender und es kam zu verfahrenstechnischen Einschränkungen. Die Probleme führten schlussendlich zu häufigen Grenzwertüberschreitungen der Ammoniumablaufkonzentration von 5mg/l und außerdem kam es in den Belebungsbecken zu einem Schlammabtrieb von den Nachklärbecken in den Vorfluter. Um die Zustände in der Kläranlage zu verbessern, wurden mehrere Problemlösungsversuche durchgeführt. Demzufolge wurde Eisen, Aluminium bzw. Brandkalk zudosiert, um ein besseres Schlammabsetzverhalten zu erreichen. Zusätzlich wurde versucht die Belüftung zu erhöhen. Dies war jedoch nur in einem begrenzten Rahmen möglich, da durch die Luftturbulenzen die Schwimmschlammdecke in den Belebungsbecken nicht entwickelt werden konnte, anschließend aber in den turbulenzarmen Nachklärbecken verstärkt ausgebildet wurde. Nachdem mit den betriebsinternen Lösungsansätzen keine gewünschten Verbesserungen erzielt werden konnten, hat die Geschäftsleitung des Gemeindeabwasserverbands, am Institut für Siedlungswasserbau, Gewässerschutz und Industriewasserwirtschaft der Universität für Bodenkultur um Rat gebeten. In einem ersten Treffen Ende des Jahres 2011 schilderte die Geschäftsleitung des GAVs Frau Prof. Dipl.-Ing. Dr. Fürhacker und ihrem Team die entstandene Problematik.

Zielsetzung

Ziel der Zusammenarbeit war es, die möglichen Ursachen für den schlechten Zustand in der Anlage zu finden und Vorschläge zur Verbesserung auszuarbeiten. Besonderes Augenmerk in der Ursachenforschung lag dabei in der Analyse, ob die Probleme auf interne Prozessvorgänge (z.B.: Belüftungsdefizit, Presswasserrückführung,...) oder externe Zuläufe (z.B.: Industrieabwässer der Molkerei, Wäscherei,...) zurückzuführen waren. Demzufolge wurden auch die beiden nachstehenden Hypothesen erstellt.

Hypothese I

Die hohe Ammoniumkonzentration im Ablauf könnte durch eine kurzfristige Hemmung der Nitrifikation zustande gekommen sein, die unter anderem durch den hohen pH-Wert und die hohe Ammoniumkonzentration durch das Presswasser bedingt war. In Verbindung mit einer sparsamen Belüftung, die durch die Blähschlammdecke erforderlich war, konnte sich eine Biozönose, die eine geringe Nitrifikationsrate aufwies, selektionieren. Als weitere Ursache für die Hemmung der Nitrifikation kamen auch Einträge von Hemmstoffen in Frage.



Hypothese II

Die im Abwasser der Molkerei nachgewiesenen Fettsäuren gelangten in die kommunale Kläranlage des GAVs und förderten dort im Zusammenhang mit einer niedrigen Schlammbelastung und einem niedrigen Sauerstoffgehalt das Wachstum von fadenförmigen Mikroorganismen. Diese wiederum verursachten die bekannten Probleme der Schwimm- und Blähschlammbildungen. Der so entstandene Schlamm wies sehr schlechte Absetzeigenschaften auf und führte somit auch zum Abtrieb in die Nachklärbecken und in den Vorfluter. Um diesen Abtrieb einigermaßen zu unterbinden, wurde die Belüftung noch weiter reduziert, was jedoch zu einem noch stärkeren Wachstum der Fadenbakterien führte.

Methodik

In einem ersten Schritt wurden die bestehenden Datensätze von 1. Jänner 2007 bis zum 31. Dezember 2011 mit Hilfe des erstellten Excel-Files „GAV Datenauswertung.xlsm“ ausgewertet. Anschließend wurden Nitrifikationshemmtests mit Industrieabwässern und Batchversuche mit dem Blähschlamm der Kläranlage des GAVs durchgeführt. In einem nächsten Schritt wurde eine Analysewoche in der Betriebskläranlage der Molkerei organisiert und Parallelversuche in zwei Modellkläranlagen mit dem Abwasser der Molkerei durchgeführt.

Ergebnisse

Datenanalyse

Die Datenanalyse zeigte deutlich, dass vor allem ab Ende des Jahres 2010 eine markante Verschlechterung der Reinigungsleistung und somit ein gravierender Anstieg der Ammoniumkonzentration im Ablauf festzustellen war. Besonders ab diesem Zeitpunkt wurde mehrmals der Ammoniumgrenzwert der Anlage von 5mg/l überschritten. Außerdem konnte ein wiederkehrendes Muster in der Aufzeichnung der Ammoniumkonzentrationen im Ablauf aufgezeigt werden. Leider trat dieses Muster nicht in regelmäßigen Abständen auf, doch eine gewisse Konzentration der Maximalwerte am Ende der üblichen Arbeitswoche war festzustellen. Des Weiteren waren die Minimalwerte häufig an Sonntagen, was wiederum auf die Ruhetage der Firmen, aber auch auf den reduzierten Betrieb in der Kläranlage (z.B. Pressen,...) an den Wochenenden zurückzuführen war. Ein eindeutiger Zusammenhang der Ammoniumkonzentrationen im Ablauf zu anderen Parametern (z.B.: $\text{NH}_4\text{-N}$ Zulauf, CSB Zulauf, P-Gesamt Zulauf,...) konnte nicht nachgewiesen werden. Allerdings ist zu erwähnen, dass die Aufzeichnung des Schlammvolumens und des daraus errechneten Schlammindezes bis zum September 2011 fehlerhaft waren, da nur Maximalwerte von 1000ml/l ausgewiesen wurden. Ab September 2011 konnte auch bei den Schlammparametern eine deutliche Überschreitung der Zielwerte festgestellt werden. Demzufolge konnten sowohl der Richtwert von 1000ml/l beim Schlammvolumen als auch die Grenze von 150ml/g (ATV FA 2.6.1. (1988)) beim Schlammindez nicht mehr eingehalten werden.

Auswertung der Schlammanalysen

Die Vermutung einer Schlammverschlechterung konnte im betrachteten Untersuchungszeitraum, trotz der starken Unterschiede in der Ausführung der Schlammberichte durch verschiedene Firmen, bestätigt werden. Vor allem das häufige Auftreten der Fadenbakterien des Typs 0092, *Microthrix par.* und *Nostocoida limicola* untermauerte den kritischen Zustand des Systems. Bei einem Vergleich der Selektionsfaktoren der nachgewiesenen Fadenbakterien mit der Literatur, wurde festgestellt, dass vor allem folgende Punkte immer wieder erwähnt wurden:

- Industrieabwasser (z.B.: Molkerei, Schlachthof,...)
- Niedriger Sauerstoffgehalt
- Niedrige Schlammbelastung unter 0,2 kg CSB/ (kg TS*d) oder 0,07 kg BSB_5 / (kg TS*d)

– Hohes Schlammalter

Mit Hilfe von mikroskopischen Färbungen der Schlammprobe vom 8. November 2011 konnten ebenfalls die Fadenbakterien des Typs 0092, 0021N und *Nostocoida limicola* nachgewiesen werden.

Die Schlammanalyse vom 14. Februar 2012 spiegelte die bekannten Probleme der Anlage wider. So deuteten bereits der faulige Geruch, die unregelmäßige Gestalt, sowie die schwache Festigkeit gemeinsam mit einer offenen Struktur auf einen instabilen Betrieb hin. Auch die Fädigkeit der Kategorie 4 und die große Anzahl von verschiedenen Fäden untermauerten den schlechten Zustand der Anlage. In weiterer Folge konnten diese Schlammanalyse als Referenzpunkt herangezogen werden.

Nitrifikationshemmtests

Um den Eintrag von Nitrifikationshemmstoffen zu untersuchen wurden Screeningtests auf Nitrifikationshemmung durchgeführt, welche keine wesentlichen Hemmungen in den Zuläufen einer Molkerei, einer Papierfabrik und im Zulauf der Kläranlage ergaben. Möglicherweise lag dies jedoch auch an der Durchführung der Screeningtests anhand von Stichproben, die keine Aussage über einen längeren Zeitraum zulassen.

Analysewoche in der Molkerei

Die Auswertung der Analysewoche in der Molkerei zeigte, dass es sehr starke Schwankungen der Konzentrationen von CSB, P und freien Fettsäuren im Zulauf zur Betriebskläranlage gab. Die Fluktuation der Werte war vor allem in den Buttertanks sehr hoch. Durch die Vermischung mit dem gesamten Abwasser der Molkerei konnte bereits eine leichte Angleichung der Konzentrationen und Frachten im Zulauf zur Betriebskläranlage geschaffen werden. Besonders durch die Puffertanks und die anschließende Flotation waren eine gute Reduktion der Konzentrationen und Frachten, sowie eine deutliche Harmonisierung des Abwassers möglich.

Durch die Flotation konnte ein Großteil der Fracht aus dem Abwasser entfernt werden. Eine deutliche Reduktion der Frachten war bei den Parametern CSB, $\text{NH}_4\text{-N}$, N-Gesamt, P-Gesamt und freie Fettsäuren festzustellen (vgl. Tabelle 94). Nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) wurde zwischen den Messpunkten „Gesamtzulauf Flotation“ und „Ablauf Flotation“ im Wochenmittel nur um 10 Prozent reduziert. Der Grund dafür lag einerseits in der Denitrifikation im zwischengeschalteten Puffertank bzw. in der Zugabe von Salpetersäure (HNO_3) im Zuge der Flotation, welche zur Neutralisation eingesetzt wurde.

Nach der Flotation kam es zur Aufteilung des Abwassers in zwei Ströme. Der Großteil mit rund 79 Prozent wurde in das Kanalnetz in Richtung der Kläranlage des GAVs geleitet und 21 Prozent der Gesamtmenge wurden in der Betriebskläranlage gereinigt.

Im Zuge der biologischen Reinigung im Belebungsbecken der Betriebskläranlage konnten alle Parameter deutlich reduziert werden.

Die Abflussmenge der Betriebskläranlage in Richtung der Kläranlage des GAVs machte nur rund fünf Prozent der gesamten Zulaufmenge in der Abwasserreinigungsanlage des Verbands aus. Durch die hohen Konzentrationen waren die transportierten Frachtanteile jedoch deutlich höher und lagen zum Beispiel beim Parameter CSB bei rund 17 Prozent, bezogen auf die Gesamtfracht in der Kläranlage des GAVs. Deutlich zu erkennen ist, dass der Anteil der freien Fettsäuren von der Molkerei mit 76 Prozent im Gesamtzulauf zur Kläranlage des GAVs sehr hoch war.



Tabelle 94: Überblick über die Frachtreduzierungen und -anteile

	Gesamt- zulauf	Frachtre- duzierung durch Flotation	Frachtanteil in Betriebs- kläranlage	Biologische Frachtreduzierung bez. auf Flotation	Frachtanteil in der KA des GAVs
	%	%	%	%	%
Menge	100	100	21		5
CSB	100	56	21	98	17
NH ₄ -N	100	67	23	79	1
NO ₃ -N	100	10	24	93	14
N-Gesamt	100	30	24	88	19
P-Gesamt	100	41	21	97	17
freie Fettsäuren	100	53	17	95	76

Im Zuge der Auswertung der Schlammparameter von der Betriebskläranlage der Molkerei konnte festgestellt werden, dass der Schlamm in einem nicht zufriedenstellenden Zustand war. Lediglich durch die Zugabe von Steinmehl konnte die Blähschlamm Bildung eingedämmt werden. Dies hatte jedoch zur Folge, dass der Trockensubstanzgehalt auf rund 18 g/l stieg. Bei einem extrem hohen Schlammvolumen von 1800 ml/l konnte somit ein nicht sehr aussagekräftiger Schlammindex von 103 ml/g errechnet werden.

Laborversuche in den Kleinkläranlagen

Die Laborversuche wurden im Hinblick auf Schlammbelastung und Dimensionierung vergleichbar mit der Kläranlage des GAVs durchgeführt. Dabei kamen zwei Anlagen zum Einsatz, wobei eine nur mit Bier als Vergleichssubstrat und die zweite mit Bier + Abwasser mit freien Fettsäuren aus dem Butterabwassertank betrieben wurden. In mehreren Versuchsdurchführungen wurden verschiedene O₂-Versorgungsszenarien und Vorbehandlungsmaßnahmen beobachtet.

Die Ergebnisse zeigen, dass bei einer anlagenüblichen Belüftung sehr gute Abbauleistungen in beiden Modelkläranlagen erzielt werden konnten. Doch eine markante Verschlechterung des Schlammes konnte unter diesen Bedingungen in der Anlage „Bier + FS“ nachgewiesen werden. So stieg das Schlammvolumen auf 900ml/l, was bei einer Trockensubstanz von 3,9 g/l zu einem Schlammindex von 231 ml/g führte. Im Vergleich dazu lag der Schlammindex bei der Anlage „Bier“ bei 124 ml/g. Somit konnten deutliche Anzeichen der Blähschlamm Bildung festgestellt werden. Die mikrobiologische Untersuchung bestätigte, mit einer erhöhten Fädigkeit (Kategorie 3) und einer geringeren Anzahl von Ciliaten, den negativen Einfluss des Molkereiabwassers.

Als erste Verbesserungsmaßnahme wurde die Belüftung erhöht. Wiederum war eine sehr gute Abbauleistung in beiden Anlagen möglich, doch der gewünschte Effekt zur Eindämmung der Blähschlamm Bildung konnte nicht erreicht werden. Im Gegenteil stieg in beiden Anlagen das Schlammvolumen auf rund 1100 ml/l und der Schlammindex lag ebenfalls in beiden Anlagen bei rund 190 ml/g. Somit musste eine Verschlechterung in beiden Anlagen festgestellt werden und mit einer deutlichen Überschreitung des Grenzschlammindex von 150 ml/g, wurden beide Schlämme als Blähschlamm ausgewiesen. Möglicherweise lag der Grund für die schlechte Absetzeigenschaft des Schlammes an dem hohen Gehalt an Gasbläschen in den Schlammflocken. Dies führte zu einer Verringerung der Dichte und hatte eine schlechte Absetzeigenschaft als Folge. Die Schlammanalysen zeigten hingegen gute Zustände der Anlagen, wobei auch hier die Entwicklung in der Anlage „Bier + FS“ schlechter zu bewerten war. Eine alleinige Erhöhung der Belüftung war somit möglicherweise als nicht zielführend zu betrachten.

Durch eine kurzzeitige Vermischung des Abwassers aus den Buttertanks mit dem Schlamm und einer nachfolgenden Trennung sollten im nächsten Laborversuch die ungewünschten

Abwasserinhaltsstoffe am Schlamm adsorbiert werden. Die Ergebnisse zeigten wiederum hervorragende Abbauleistungen in beiden Anlagen. Außerdem konnte eine deutliche Angleichung der Schlammzustände in den Anlagen erreicht werden. Mit einem Schlammindex von 115 ml/g in der Anlage „Bier“ und von 131 ml/g in der Anlage „Bier + FS“ waren beide Systeme in einem zufriedenstellenden Zustand. Die Auswertung der mikroskopischen Untersuchung bestätigte den Eindruck und wies für beide Systeme eine geringe Fädigkeit (Kategorie 1-2) und eine hohe Anzahl an festsitzenden Ciliaten aus. Mit diesen Erkenntnissen konnte ein Vorschlag zur Verbesserung des Systems erstellt werden.

Interpretation und Empfehlungen

In einer zusammenfassenden Beurteilung aller durchgeführten Analysen und Experimenten konnte ein gewisser negativer Einfluss des Abwassers der Molkerei auf den Betrieb der Kläranlage des GAVs nachgewiesen werden. So konnten ähnliche Blähschlammbildungen in der Betriebskläranlage der Molkerei und in der Kläranlage des GAVs festgestellt werden. Der hohe Frachtanteil von 76% an freien Fettsäuren vom Abwasser der Molkerei am gesamten Zulauf zur Kläranlage des GAVs war ebenfalls als negatives Zeichen zu verstehen. Möglicherweise führten bereits sehr geringe Konzentrationen an freien Fettsäuren von rund 6mg/1000g zu einer signifikanten Beeinträchtigung der Biozönose in der Kläranlage des GAVs. In den Laborversuchen bestätigte sich eine negative Entwicklung des Schlammes unter dem Einfluss des Buttereiabwassers.

Dieser Effekt in Kombination mit einer energieschonenden Belüftung, besonders im Zusammenhang mit dem stark industriebelastenden Abwasser, könnte zu einer wesentlichen Verschlechterung des Belebtschlammes in der Kläranlage des GAVs geführt haben.

Neben der kurzfristigen Lösung der Probleme durch die Zugabe von Ladungsträgern wurden folgende Punkte vorgeschlagen, die mittel- bis langfristig einen positiven Einfluss auf den Betrieb der Kläranlage haben sollten und den Selektionsfaktoren der nachgewiesenen Fadenbakterien entgegenwirken.

Um die Schlammbelastung zu erhöhen und einen Umbau der Biozönosen zu beschleunigen, wurde empfohlen die Schlamm Trockensubstanz von 5,5 g/l auf ca. 3,5 g/l zu reduzieren und zusätzlich die Belüftung zu verstärken.

Weiters wurde vorgeschlagen, die gesamten Abwässer der Molkerei in der Abwasserreinigungsanlage der Molkerei vorzureinigen, um die freien Fettsäuren aus dem Abwasser potentiell zu entfernen. Dazu sollten aber weitere Versuche durchgeführt werden.

Eine alternative Bekämpfungsmaßnahme könnte durch die positive Nutzung der Eigenschaften des Schwimmschlammes angedacht werden.

Demzufolge wäre eine Entnahme der Schlammdecke direkt aus dem Becken C anzustreben und den Faultürmen der Kläranlage des GAVs zuzuführen. Mit einer Trockensubstanz von 8 g/l wäre dieser Schwimmschlamm bestens zur Faulung geeignet.

7. Ausblick

Die genannten Erkenntnisse wurden am 27. Juni 2012 bei einem gemeinsamen Treffen mit den Verantwortlichen der Molkerei, der Geschäftsführung der Kläranlage und der Arbeitsgruppe der Universität für Bodenkultur vorgestellt. Dabei wurde vereinbart, dass in weiterer Folge ein Großversuch in der Betriebskläranlage folgen sollte.

8. Literaturverzeichnis

- ATV FA 2.6.1 – Abwassertechnische Vereinigung (1988): Verhinderung und Bekämpfung von Blähschlamm und Schwimmschlamm. Arbeitsbericht der ATV-Arbeitsgruppe 2.6.1 Korr Abw 35: 152-164
- BRITZ, T. J., VAN SCHALKWYK, C., HUNG, Y. (2006): Treatment of Dairy Processing Wastewaters, University of Stellenbosch, Matieland, South Africa, Cleveland State University, Cleveland, Ohio, U.S.A.
- DIAGNOSTICA MERCK: 1.11885. Mikroskopie, Gram-color Färbetest für die Mikroskopie, Merck KGaA, Darmstadt
- DIN EN 1484 H3 (1997): Anleitung zur Bestimmung des gesamten organischen Kohlenstoffs (TOC) und des gelösten organischen Kohlenstoffs (DOC), DIN EN 1484 H3, August 1997
- DIN 38406 T5: Anleitung zur Bestimmung des Ammoniumstickstoffgehalts, DIN 38406 T5
- DIN 38 414 S2: Anleitung zur Bestimmung des Trockenrückstands eines Schlammes und der Trockensubstanz, DIN 38 414 S2
- DIN EN 12879: Charakterisierung von Schlämmen - Bestimmung des Glühverlustes der Trockenmasse, DIN EN 12879
- DIN EN ISO 6878: Anleitung zur Bestimmung des Gesamt – Phosphor-Gehalts, DIN EN ISO 6878
- EIKELBOOM, D.H., VAN BUIJSEN, H.J.J. (1983): Handbuch für die mikroskopische Schlammuntersuchung, 1. Ausgabe, München, Hirthammer Verlag
- ELIZONDO et al (2007): Food Control 18, J. Elizondo, A. Aldunate, P. Ezcurra, I. Gallego, E. Saigos, E. Ulayar, J.M. Izco (2005): Efficiency of the proportion of azidiol on preservation in ewe's milk samples for analysis
- EN ISO 10304-1 u. 2 (D19/D20): Anleitung zur Bestimmung des Nitratstickstoffgehalts, EN ISO 10304-1 u. 2 (D19/D20)
- EN ISO 9509 L38 (2006): Toxizitätstest zur Bestimmung der Nitrifikationshemmung in Belebtschlamm, EN ISO 9509 L38, 2006
- KUNST, S., HELMER, C., KNOOP S. (2000): Betriebsprobleme auf Kläranlagen durch Blähschlamm, Schwimmschlamm, Schaum, Handbuch zur Identifizierung und Bekämpfung fädiger Bakterien, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York ISBN 3-540-64490-3
- LEMMER, H. (1992): ATV Dokumentation und Schriftenreihe aus Wissenschaft und Praxis, Aus der Arbeit der Abwassertechnischen Vereinigung e.V., Fadenförmige Mikroorganismen aus belebtem Schlamm, Vorkommen – Biologie – Bekämpfung, Druck Carl Weyler KG, Bonn
- MATSCHÈ, N., BAYER, H. (2010): Wiener Mitteilungen, Abwässer aus Gewerbe und Industrie – Indirekt- und Direkteinleiter; Band 219; Kapitel 6: Nebenstrombehandlung von Molkereiabwasser auf kommunalen Kläranlagen-Vermeidung von Blähschlamm und verringerter Energiebedarf; Herausgeber: O.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Dr. h.c. Helmut Kroiss, Technische Universität Wien, Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft
- NOWAK, O. (2010): Wiener Mitteilungen, Abwässer aus Gewerbe und Industrie – Indirekt- und Direkteinleiter; Band 219; Kapitel 4: Der Stellenwert biologischer Vorreinigung industrieller Abwässer mit organischen Inhaltsstoffen; Herausgeber: O.Univ.Prof. Dipl.-

- Ing. Dr. techn. Dr. h.c. Helmut Kroiss, Technische Universität Wien, Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft
- CARL ROTH GmbH + CO. KG (2011): Gebrauchsanweisung Neisser-Färbung I-III, Best.-Nr.: 3463; 3464; 3466, Karlsruhe
- SCHWEIGHOFER, P., (1997): Wiener Mitteilungen: Nitrifikationshemmung bei kommunaler Abwasserreinigung, Band 138, Wien 1997, Herausgeber: O.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Dr. h.c. Helmut Kroiss, Technische Universität Wien, Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft
- TOCHHI, C., FEDERICI, E., SCARGETTA, S., D'ANNIBALE, A., PETRUCCIOLI, M., (2013): Dairy wastewater polluting load and treatment performances of an industrial three-cascade-reactor plant, Process Biochemistry Volume 48, Issues 5–6, May–June 2013, Pages 941–944, Elsevier Ltd. All rights reserved.
- ZIBUSCHKA, F. (2006): Mikroskopische Schlammmuntersuchung ...Ein mikrobiologischer Aspekt zur Lehrveranstaltung Siedlungswasserwirtschaft und Gewässerschutz (LVNr. 811.108), SIG BOKU Institut für Siedlungswasserwirtschaft, Industrierwasserwirtschaft und Gewässerschutz Universität für Bodenkultur Wien (13. Jänner 2006)

8.1 Internetverzeichnis

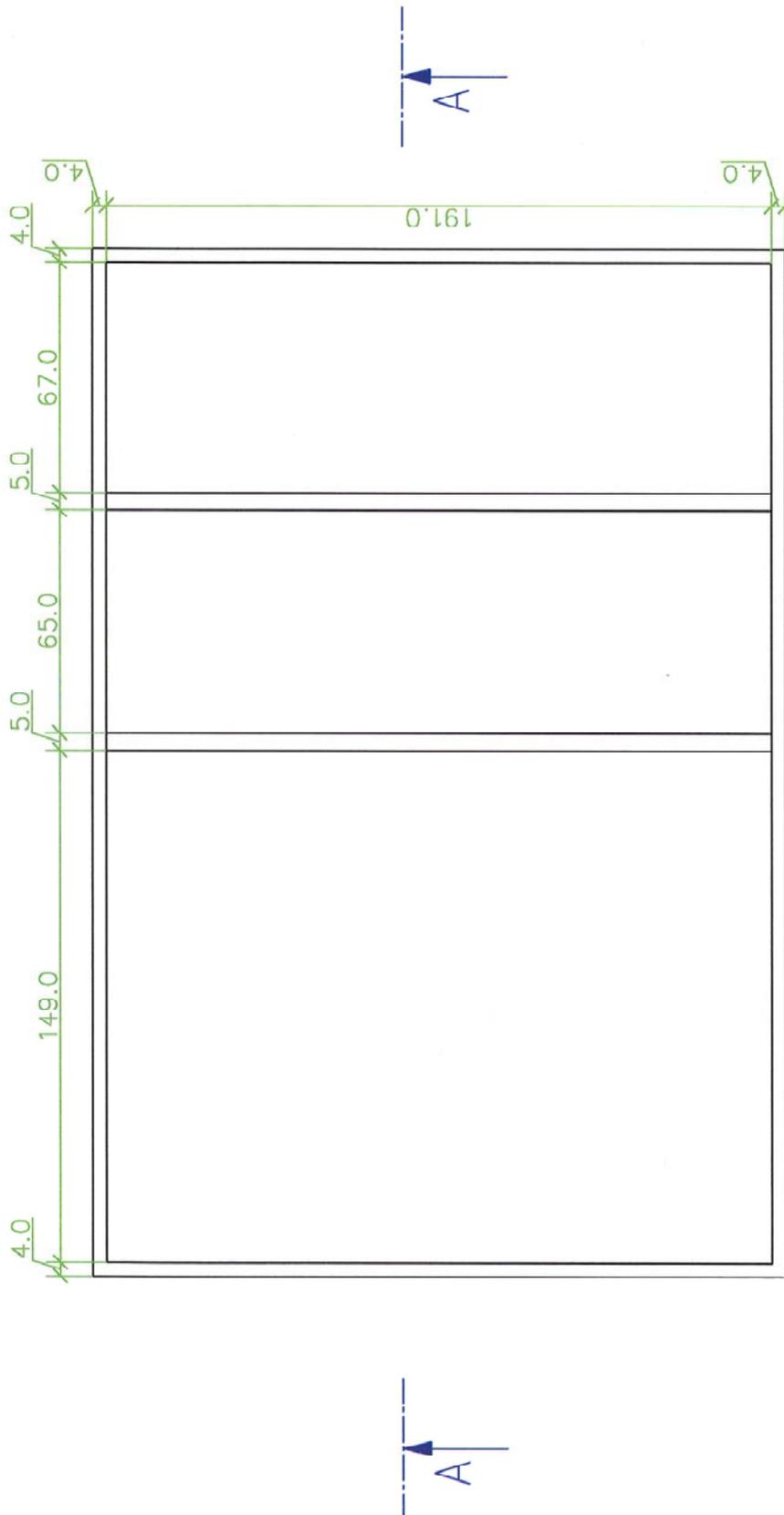
HACH LANGE, URL: www.hach-lange.at [Abruf: 24.5.2012]

WTW, URL: www.wtw.de [Abruf 25.5.2012]

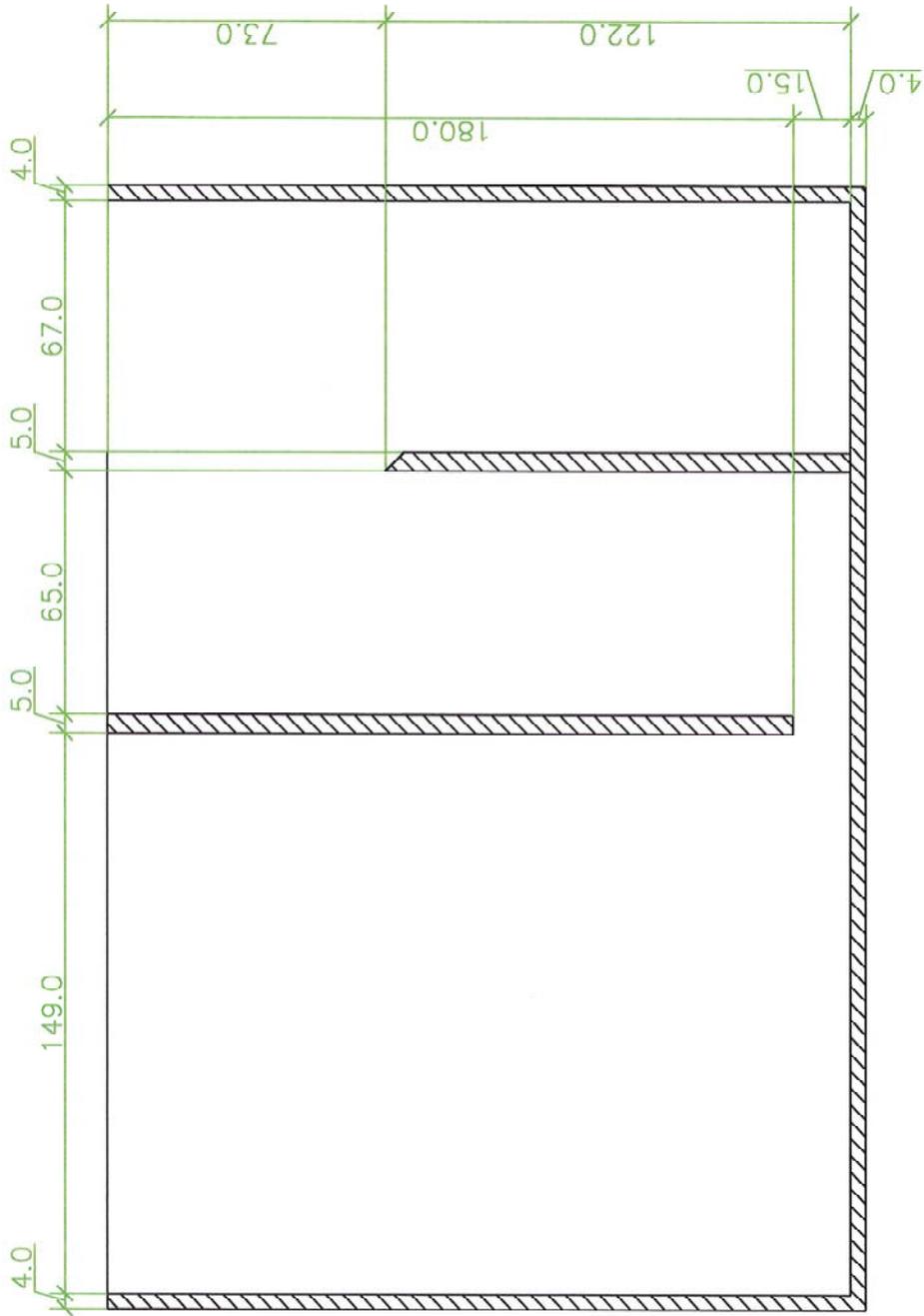
9. Anhang

Anhang 1: Grundriss und Schnitt der Kleinkläranlagen

Grundriss Kleinkläranlage M1:200



Schnitt A-A Kleinkläranlage M1:200



10. Lebenslauf

Lebenslauf

ANGABEN ZUR PERSON

Name	Kurt Glock
Adresse (Hauptwohnsitz)	Zellergasse 4 2170 Poysdorf
Adresse (Nebenwohnsitz)	Clusiusgasse 8/15 1090 Wien
Telefon	+43 650 / 2170 444
E-Mail	kurtglock@gmx.at
Geburtsdatum	02. Dezember 1987
Geburtsort	Mistelbach
Staatsbürgerschaft	Österreich
Religion	röm. -kath.
Familienstand	ledig



ARBEITSERFAHRUNG

Sept. 2012	BOKU Wien, Institut für Siedlungswasserbau 1190 Wien (Forschung)
Juli 2012	ÖBB-Infrastruktur AG, 1020 Wien (Umweltmanagement)
Juli 2011	Land NÖ, Abt. Siedlungswasserwirtschaft, 2170 Poysdorf (Förderungswesen)
Aug. 2010	GmbH ASFINAG, 1010 Wien (Liegenschaftsverwaltung)
Juli 2009	GmbH PDTS, 1150 Wien (Softwaretestung und – entwicklung)
Feb.-Aug. 08	GmbH PDTS, 1150 Wien (Softwaretestung und – entwicklung)

AUSLANDSEINSÄTZE

- Jul.-Jän. 07 Präsenzdienst,
2130 Mistelbach
- Jul.-Aug. 06 Post - AG,
2170 Poysdorf
(Paketservice)
- Aug. 2005 GmbH Welcome,
1010 Wien
(Regeltechnik)
- Aug. 2004 AG Raiffeisen Lagerhaus,
2170 Poysdorf
(Getreideernte)
- Aug. 2003 GmbH PIF,
1110 Wien
(Elektroinstallation)
- Okt.-Dez. 11 MIT Manipal, Department of
Civil Engineering,
India - 576104 Manipal
(Research and Development)
- Sept. 2008 Ithuba Skills College
South Africa – Heidelberg
(Teaching)

SCHUL- UND BERUFSBILDUNG

- WS 2012 Universität für Bodenkultur Wien,
Tutor für LVA „Risk assessment
in the aquatic environment“
- SS 2012&13 Universität für Bodenkultur
Wien, Tutor für LVA
„Qualitätsbeurteilung von
Wasser und Abwasser“ (DE und
ENG)
- Seit Okt. 2011 Universität für Bodenkultur
Wien, Master „Kulturtechnik und
Wasserwirtschaft“
- 2008 – 2011 Universität für Bodenkultur
Wien, Bachelor „Kulturtechnik
und Wasserwirtschaft“
- 2002 – 2007 Höhere Technische
Bundeslehranstalt für
Elektrotechnik Hollabrunn,
Ausbildungsschwerpunkt
„Energietechnik und industrielle
Elektronik“
- 1998 – 2002 Gymnasium Laa an der Thaya
- 1994 – 1998 Volksschule Poysdorf

**PERSÖNLICHE FÄHIGKEITEN
UND KOMPETENZEN**

Muttersprache	Deutsch
Sonstige Sprachen	Englisch – Kenntnisse: gut
Technische Fähigkeiten und Kompetenzen	Altium Designer 6.0 ArcGIS AutoCAD 2010/07 Autodesk Inventor 10 C/C++ Google Sketch Up LabView 7.1 MatLab Office 2010/07/05 PSPice RSim 3D/2D Siemens SPS Windows 7/Vista/XP
Führerschein	A,B,C
Soziale Fähigkeiten und Kompetenzen	Erste – Hilfe – Kurs
Künstlerische Fähigkeiten und Kompetenzen	10 Jahre Musikunterricht Leistungsabzeichen in Bronze und Silber
Hobbys	Sportclub Poysdorf Langstreckenlauf Jugendtrachtenkapelle der Weinstadt Poysdorf Hilfswerk Poysdorf – „Essen auf Rädern“

2170 Poysdorf, 9. Oktober 2013

11. Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere, dass ich die Masterarbeit selbständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfe bedient habe.

Weiters versichere ich, dass ich diese Masterarbeit weder im Inland noch im Ausland in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe.

A handwritten signature in blue ink, which reads 'Kurt Glock', is positioned above the typed name.

2170 Poysdorf, 09.10.2013, Kurt Glock