

Abschlussbericht für das Ministerium für Umwelt und Naturschutz,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz (MUNLV)
des Landes Nordrhein-Westfalen

Optimierung der mechanischen Vorreini- gungsstufe kommunaler Abwasserbe- handlungsanlagen

**U N I K A S S E L
V E R S I T Ä T**

Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft

Erft  Verband

Erftverband, Bergheim

Kassel, Dezember 2010

Prof. Dr.-Ing. Franz-Bernd Frechen
(Leiter des Fachgebietes Siedlungswasserwirtschaft)

Beteiligte Projektpartner:

**Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft (FG SWW)
der Universität Kassel**

Prof. Dr.-Ing. Franz-Bernd Frechen, Fachgebietsleiter

Projektbearbeitung:

Dr.-Ing. Wernfried Schier

Dipl.-Ing. Harald Exler

Dipl.-Ing. Marco Ohme

Dipl.-Chem. Ulla Telgmann

Erftverband

Dipl.-Ing. Norbert Engelhardt, Ständiger Vertreter des Vorstandes

Projektbearbeitung:

Dipl.-Ing. Kinga Drensla

Dipl.-Ing. Andreas Janot

Inhaltsverzeichnis

1	VERANLASSUNG UND ZIELSETZUNG.....	1
2	MESSPHASEN.....	4
3	PROBENAHE UND ANALYTISCHE BESTIMMUNGSMETHODEN.....	7
3.1	Probenahme	7
3.1.1	Probenahme zur Bestimmung der abfiltrierbaren Stoffe (AFS)	7
3.1.2	Probenahme zur Bestimmung der Parameter C_{CSB} , lipophile Stoffe, C_N , und C_P	9
3.1.3	Feststoffprobenahme.....	9
3.2	Analytische Bestimmungsmethoden - Überblick.....	11
3.3	Bestimmung der schwerflüchtigen lipophilen Stoffe	11
3.3.1	Erweiterung des Verfahrens DIN 38409 H56	11
3.3.2	Feststoffhaltige Abwasserproben	12
3.3.3	Differenzierung in emulgierte und nicht emulgierte schwerflüchtige lipophile Stoffe.....	12
3.3.4	Feststoffproben	15
4	BELÜFTETER SAND- UND FETTFANG	16
4.1	Bemessung belüfteter Sandfang	16
4.2	Bemessung Fettfang.....	21
4.3	Belüfteter Sand- und Fettfang GW Nordkanal.....	22
4.3.1	Geometrie.....	22
4.3.2	Durchflusszeiten und Oberflächenbeschickung der Fettfangkammer bei Bemessungszuflüssen.....	24
4.3.3	Luft eintrag	24
4.3.4	Entsorgung	26
5	MESSPHASE 1: STATUS QUO GW NORDKANAL	27
5.1	Mechanische Abwasservorreinigungsstufe	27
5.2	Untersuchungskonzept Messphase 1	27
5.3	Ergebnisse.....	29
5.3.1	Zulaufwassermenge	29
5.3.2	Längsprofile der stofflichen Leistungsfähigkeit (alle Messtage).....	30
5.3.3	Zulaufbelastung – Literaturvergleich (alle Messtage)	35

5.3.4	Längsprofile der stofflichen Leistungsfähigkeit (Trockenwettertage)	36
5.3.5	Längsprofile der stofflichen Leistungsfähigkeit (Regenwettertage)	40
5.3.6	Analysedaten der Presswässer	45
5.3.7	Analysedaten der Feststoffproben.....	46
5.3.8	Behandlung des Sandfanggutes	47
5.3.9	Fazit.....	49
6	UNTERSUCHUNGEN DES ERFTVERBANDES ZUM SIEBGUT	50
6.1	Optimierte Verfahrensweise zur gemeinsamen Behandlung von Siebgut und Überschussschlamm	50
6.2	Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen zur Siebgutentsorgung	54
6.2.1	Allgemeines.....	54
6.2.2	Kostenermittlung.....	54
6.2.2.1	Betriebskosten.....	54
6.2.2.2	Investitionskosten.....	57
6.2.3	Kostengegenüberstellung.....	57
7	MESSPHASE 2: STATUS QUO KA RÖDINGEN.....	60
7.1	Mechanische Abwasservorreinigungsstufe	60
7.2	Untersuchungskonzept Messphase 2	60
7.3	Ergebnisse.....	62
7.3.1	Zulaufwassermenge	62
7.3.2	Längsprofile der stofflichen Leistungsfähigkeit (alle Messtage/Trockenwettertage)	62
7.3.3	Zulaufbelastung – Literaturvergleich.....	65
7.3.4	Analysedaten der Feststoffproben (KA Rödingen)	66
8	MESSPHASE 3: GWK NORDKANAL: INTENSIVMESSPHASE.....	67
8.1	Untersuchungskonzept Messphase 3	67
8.2	Zulaufwassermenge.....	68
8.3	Längsprofile der stofflichen Leistungsfähigkeit	68
9	MESSPHASE 4: LEISTUNGSVERGLEICH VON SIEBSYSTEMEN (BANDSIEB - TROMMELSIEB)	83
9.1	Einführung	83

9.2	Erläuterungen zum Bandsieb.....	83
9.3	Untersuchungskonzept Messphase 4	84
9.4	Siebband 0,35 mm.....	85
9.5	Siebband 0,84 mm.....	87
9.6	Fazit.....	88
10	MESSPHASE 5: VERGLEICH DER PROBENAHMORTE VOR DER SIEBUNG..	92
10.1	Einführung.....	92
10.2	Ablagerungen in der Belebung.....	92
10.3	Untersuchungskonzept Messphase 5	94
10.4	Ergebnisse.....	96
10.5	Fazit.....	98
11	MESSPHASE 6: OPTIMIERUNG SFF-BETRIEB 1.....	100
11.1	Untersuchungskonzept Messphase 6	100
11.2	Ergebnisse.....	100
	11.2.1 Feststoffe (AFS)	100
	11.2.2 Fette	103
12	MESSPHASE 7: OPTIMIERUNG SFF-BETRIEB 2.....	105
12.1	Untersuchungskonzept Messphase 7	105
12.2	Ergebnisse.....	105
	12.2.1 Feststoffe (AFS)	105
	12.2.2 Fette	108
13	MESSPHASE 8: OPTIMIERUNG SFF-BETRIEB 3 UND MESSPHASE NEUES SIEB.....	110
13.1	Untersuchungskonzept Messphase 8	110
13.2	Ergebnisse.....	110
	13.2.1 Feststoffe (AFS)	110
	13.2.2 Diskussion der Messphasen 6 bis 8 für die Feststoffentnahme des SFF ...	116
	13.2.2.1 Übersicht.....	116
	13.2.2.2 Mineralische Feststoffkonzentration im SFF-Zulauf	118

	Seite
13.2.2.3 Energieeintrag	118
13.2.2.4 Fazit	120
13.2.3 Fette	120
13.2.4 Diskussion der Messphasen 6 bis 8 für die Fettentnahme des SFF	121
14 ZUSÄTZLICHE UNTERSUCHUNGEN ZUR SULFIDFÄLLUNG.....	124
14.1 Probenahme im Zulaufbereich des GWK Nordkanal	124
14.2 Orientierende Labortests.....	129
15 ZUSAMMENFASSUNG	132
16 LITERATUR.....	141

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1: Probenahmekonzept	7
Abbildung 2: Laborstand auf dem GWK Nordkanal.....	8
Abbildung 3: Fettfang (GWK Nordkanal).....	9
Abbildung 4: Feststoffprobenahme	10
Abbildung 5: Schema für die Analytik der Abwasserproben auf schwerflüchtige lipophile Stoffe; 1. Teilprobe (mit Ansäuern): Gesamt-Fette 2. Teilprobe (ohne Ansäuern): nicht emulgierte Fette	13
Abbildung 6: Abläufe der Fettanalytik.....	14
Abbildung 7: Empfehlungen verschiedener Autoren für den Lufteintrag [$\text{Nm}^3/(\text{m}^3\cdot\text{h})$] in Abh. von der Querschnittsfläche des Sandfanges (nach Boes, 1990)	17
Abbildung 8: Empfohlener Querschnitt für belüftete Sandfänge (DWA, 2008).....	19
Abbildung 9: Querschnitt des SFF GWK Nordkanal	22
Abbildung 10: Längsschnitt des SFF GWK Nordkanal	23
Abbildung 11: Feststoffablagerungen im SFF	25
Abbildung 12: konstruktive Ausbildung des SFF-Bauwerkes im Ablaufbereich.....	25
Abbildung 13: GWK Nordkanal - Analytik in der flüssigen Phase.....	28
Abbildung 14: GWK Nordkanal - Analytik in der festen Phase	28
Abbildung 15: Zulaufwassermengen GWK Nordkanal Juni/Juli 2008	29
Abbildung 16: Längsprofile CSB und AFS (alle Messtage)	30
Abbildung 17: Eliminationsraten CSB und AFS (alle Messtage)	31
Abbildung 18: Längsprofile N, P, lipophile Stoffe (alle Messtage)	32
Abbildung 19: Eliminationsraten N, P, lipophile Stoffe (alle Messtage)	33
Abbildung 20: Eliminationsraten der gesamten MAV; alle Parameter (alle Messtage).....	34
Abbildung 21: MAV-Eliminationsraten im Vergleich zum ATV-DVWK-Arbeitsblatt-A 131 (2000).....	34
Abbildung 22: Zulaufbelastung GWK Nordkanal – Vergleich mit Literaturdaten	35
Abbildung 23: Längsprofile CSB und AFS (Trockenwettertage).....	36

	Seite
Abbildung 24: Eliminationsraten CSB und AFS (Trockenwettertage).....	37
Abbildung 25: Längsprofile N, P, lipophile Stoffe (Trockenwettertage)	37
Abbildung 26: Eliminationsraten N, P, lipophile Stoffe (Trockenwettertage)	38
Abbildung 27: Eliminationsraten der gesamten MAV; alle Parameter (Trockenwettertage)	39
Abbildung 28: MAV-Eliminationsraten (bei TW) im Vergleich zum ATV-DVWK- Arbeitsblatt-A 131 (2000)	39
Abbildung 29: Längsprofile CSB und AFS (Regenwettertage)	40
Abbildung 30: Eliminationsraten CSB und AFS (Regenwettertage)	41
Abbildung 31: Längsprofile N, P, lipophile Stoffe (Regenwettertage).....	41
Abbildung 32: Eliminationsraten N, P, lipophile Stoffe (Regenwettertage).....	42
Abbildung 33: Eliminationsraten der gesamten MAV; alle Parameter (Regenwettertage)	43
Abbildung 34: Vergleich der Eliminationsraten der gesamten MAV; alle Parameter (Gesamt, Trockenwetter, Regenwettertage).....	44
Abbildung 35: Siebgutanfall am Wochenende beim Mischwasserzulauf.....	50
Abbildung 36: Versuche zur Mitbehandlung des Siebgutes durch Vermischung mit dem Überschussschlamm	51
Abbildung 37: Siebgutverflüssigung – Vergleich des Siebgutanfalls zu der verbrauchten Wassermenge	56
Abbildung 38: Betriebskostengegenüberstellung - Siebgutentsorgung	59
Abbildung 39: KA Rödingen - Analytik in der flüssigen Phase	61
Abbildung 40: KA Rödingen - Analytik in der festen Phase.....	61
Abbildung 41: Zulaufwassermengen KA Rödingen August 2008	62
Abbildung 42: Längsprofile CSB und AFS (Rödingen).....	63
Abbildung 43: Eliminationsraten CSB und AFS (Rödingen)	63
Abbildung 44: Längsprofile N, P, lipophile Stoffe (Rödingen).....	64
Abbildung 45: Eliminationsraten N, P, lipophile Stoffe (Rödingen).....	64
Abbildung 46: Eliminationsraten der gesamten MAV; alle Parameter (Rödingen)	65
Abbildung 47: Zulaufbelastung KA Rödingen – Vergleich mit Literaturdaten	66

Abbildung 48: GWK Nordkanal - Analytik in der flüssigen Phase (Intensivmessphase)....	67
Abbildung 49: Zulaufwassermengen GWK Nordkanal November 2008.....	68
Abbildung 50: Längsverlauf AFS _{GES} MAV	70
Abbildung 51: Längsverlauf AFS _{GES} Rechenstufe.....	70
Abbildung 52: Längsverlauf AFS _{GES} SFF	71
Abbildung 53: Längsverlauf AFS _{GES} Siebstufe	71
Abbildung 54: Längsverlauf AFS (> 190 µm) MAV	72
Abbildung 55: Längsverlauf AFS (> 190 µm) Rechenstufe.....	72
Abbildung 56: Längsverlauf AFS (> 190 µm) SFF	73
Abbildung 57: Längsverlauf AFS (> 190 µm) Siebstufe.....	73
Abbildung 58: Längsverlauf AFS (< 190 µm) MAV	74
Abbildung 59: Längsverlauf AFS (< 190 µm) Rechenstufe.....	74
Abbildung 60: Längsverlauf AFS (< 190 µm) SFF	75
Abbildung 61: Längsverlauf AFS (< 190 µm) Siebstufe.....	75
Abbildung 62: Längsverlauf CSB MAV.....	76
Abbildung 63: Längsverlauf CSB Rechenstufe	76
Abbildung 64: Längsverlauf CSB SFF.....	77
Abbildung 65: Längsverlauf CSB Siebstufe.....	77
Abbildung 66: Längsverlauf Gesamtfette MAV.....	78
Abbildung 67: Längsverlauf Gesamtfette Rechenstufe	78
Abbildung 68: Längsverlauf Gesamtfette SFF.....	79
Abbildung 69: Längsverlauf Gesamtfette Siebstufe	79
Abbildung 70: Längsverlauf Fette (nicht emulgiert) MAV	80
Abbildung 71: Längsverlauf Fette (nicht emulgiert)SFF	80
Abbildung 72: Längsverlauf Fette (nicht emulgiert) Siebstufe	81
Abbildung 73: Längsverlauf Fette (emulgiert) MAV	81
Abbildung 74: Längsverlauf Fette (emulgiert) SFF.....	82
Abbildung 75: Längsverlauf Fette (emulgiert) Siebstufe.....	82

	Seite
Abbildung 76: Bandsieb (Außenansicht)	83
Abbildung 77: Einlaufbereich und Maschenbespannung des Bandsiebes	84
Abbildung 78: Versuchsaufbau	85
Abbildung 79: AFS-Eliminationsleistungen: Startmessung Bandsieb (0,35 mm)	86
Abbildung 80: AFS-Eliminationsleistungen: Normalbetriebmessung Bandsieb (0,35 mm)	86
Abbildung 81: AFS-Eliminationsleistungen: Startmessung Bandsieb (0,84 mm)	88
Abbildung 82: Vergleich aller Messungen mit Bandsieben	89
Abbildung 83: Ergebniszusammenstellung von Siebuntersuchungen	90
Abbildung 84: MAV-Vergleich: Sieb - Vorklärung	91
Abbildung 85: Feststoffablagerungen im Belebungsbecken	92
Abbildung 86: Sieblinie der Glührückstände der abgelagerten Feststoffe	93
Abbildung 87: AFS (> 190 µm)-Zulaufkonzentrationen (aus Messphase 4)	94
Abbildung 88: Probenahmeorte vor der Siebung (links: PN 4a (NEU); rechts: PN 4)	95
Abbildung 89: Vergleich AFS _{GES}	96
Abbildung 90: Vergleich AFS (> 190 µm) und AFS (< 190 µm)	96
Abbildung 91: Konzentrationsdifferenzen	97
Abbildung 92: Längsprofile AFS (Messphase 5)	98
Abbildung 93: AFS-Fraktionierung (MP 6)	101
Abbildung 94: eliminierte AFS-Fraktionen (Mittelwert der 2-Std.-Mischproben) (MP 6) ..	102
Abbildung 95: AFS-Eliminationsleistungen (MP 6)	102
Abbildung 96: Fettfraktionierung und Fettelimination (MP 6)	104
Abbildung 97: AFS-Fraktionierung (MP 7)	106
Abbildung 98: eliminierte AFS-Fraktionen (Mittelwert der 2-Std.-Mischproben) (MP 7) ..	107
Abbildung 99: AFS-Eliminationsleistungen (MP 7)	107
Abbildung 100: Fettfraktionierung und Fettelimination (MP 7)	109
Abbildung 101: AFS-Fraktionierung (MP 8)	111
Abbildung 102: eliminierte AFS-Fraktionen (Mittelwert der 2-Std.-Mischproben) (MP 8)	112
Abbildung 103: AFS-Eliminationsleistungen (MP 8)	112

	Seite
Abbildung 104: Verzopfungsbild im November 2007.....	114
Abbildung 105: Verzopfungsbild im Mai 2010	115
Abbildung 106: Ausschnitt aus dem Verzopfungsbild im November 2007	116
Abbildung 107: Vergleich der im SFF entnommenen AFS-Frachten in den Messphasen 6 bis 8	117
Abbildung 108: Vergleich der prozentualen AFS-Leistungsfähigkeit des SFF in den Messphasen 6 bis 8	117
Abbildung 109: Darstellung der turbulenten kinetischen Energie in Abhängigkeit vom Lufteintrag bei unterschiedlichen Durchflüssen und Einblastiefen (Hirschbeck, 2010)	119
Abbildung 110: Fettfraktionierung und Fettelimination (MP 8).....	121
Abbildung 111: Vergleich der im SFF entnommenen Fett-Frachten in den Messphasen 6 bis 8.....	122
Abbildung 112: Vergleich der prozentualen Fett-Leistungsfähigkeit des SFF in den Messphasen 6 bis 8	122
Abbildung 113: Fällungsreaktion im Zulaufbereich (Foto aufgenommen am 02.06.2010)	124
Abbildung 114: links: Trübwasser (links) und Zulaufwasser (rechts) rechts: unmittelbar nach der Vermischung.....	125
Abbildung 115: Fällungsreaktion im Zulaufbereich (Foto aufgenommen am 28.05.2008)	126
Abbildung 116: Untersuchungsergebnisse des FG SWW zum AFS-Entnahme von Sieben	134
Abbildung 117: MAV-Vergleich der AFS-Entnahme: Sieb - Vorklärung	135
Abbildung 118: MAV-Vergleich Sieb – Vorklärung für CSB, TN _b und P _{GES}	136
Abbildung 119: Betriebliche und verfahrenstechnische Einflussfaktoren auf den SFF..	137

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1:	Liste der Parameter und Analysemethoden	11
Tabelle 2:	Bemessungsgrundlagen für belüftete Sandfänge.....	20
Tabelle 3:	Vergleich der auf dem GWK Nordkanal vorhandenen SFF-Geometrie mit den aktuellen DWA-Bemessungsempfehlungen	23
Tabelle 4:	Statistische Analysedaten zu den Presswässern des Rechengutes und des Siebgutes (GWK Nordkanal)	45
Tabelle 5:	Statistische Analysedaten zu den Feststoffproben (GWK Nordkanal).....	46
Tabelle 6:	Rechengut- und Siebgutanfall - GWK Nordkanal	53
Tabelle 7:	Rechen-, Siebgutmenge pro Jahr.....	54
Tabelle 8:	GWK Nordkanal - Klärschlammmenge pro Jahr.....	55
Tabelle 9:	Siebgutmenge vor und nach der Änderung der Abscheideleistung.....	56
Tabelle 10:	Betriebskostengegenüberstellung - Siebgutentsorgung	58
Tabelle 11:	Investitionskostengegenüberstellung - Siebgutentsorgung	58
Tabelle 12:	Statistische Analysedaten zu den Feststoffproben (KA Rödingen)	66
Tabelle 13:	Parametereinstellungen in den Messphasen 6 bis 8	116
Tabelle 14:	Stichproben zur Metallsulfidfällung im Zulaufbereich (GWK Nordkanal) ..	127
Tabelle 15:	Berechnung des Fällmittelbedarfs nach ATV-DVWK-A 131 (2000).....	128
Tabelle 16:	Statistische AFS-Daten der Sulfid-Labortests in [mg/l].....	130

1 VERANLASSUNG UND ZIELSETZUNG

Der Erftverband betreibt insgesamt 45 kommunale Kläranlagen.

Die Betriebserfahrungen zeigen, dass dabei diejenigen Kläranlagen mit einem sensiblen Reinigungsverfahren wie Festbettreaktor oder Sandfiltration als dritter Reinigungsstufe besonders empfindlich auf hohe Feststoff- und Fettgehalte reagieren. Vor diesem Hintergrund hat der Einsatz der Membrantechnik neue Maßstäbe gesetzt. Membranbelebungsanlagen erfordern eine hohe Leistungsfähigkeit und einen störungsfreien Betrieb der mechanischen Vorreinigungsstufe. Jeder unzureichende Prozessablauf wirkt sich ausnahmslos negativ auf die Membranen aus. Die Behebung der so entstandenen Schäden ist oft ohne großen betrieblichen Aufwand und entsprechende wirtschaftliche Konsequenzen nicht möglich.

Jedoch wird auch abseits der Membrantechnik die Bedeutung der mechanischen Abwasservorreinigung (im Weiteren kurz: **MAV**) auf konventionellen Kläranlagen häufig unterschätzt bzw. nicht in die Überlegungen eingeschlossen, wenn betriebliche Störungen oder Behinderungen auftreten oder auch die Frage nach einem möglichen Ertüchtigungspotenzial einer Kläranlage gestellt wird. Statt dessen wird eher sogar in Kauf genommen, Verfahrensstufen wie Belebungsbecken oder Faulbehälter gelegentlich außer Betrieb zu nehmen, um massiv auftretende Sandablagerungen zu entfernen, die der unzureichende Betrieb eines Sandfanges verursachen kann.

Für den sicheren Betrieb von Membranbelebungsanlagen ist eine über den Einsatz üblicher Rechen- und Sand-/Fettfanganlagen hinausgehende mechanische Vorreinigung des Abwassers erforderlich, sofern auf der Kläranlage keine Vorklärung betrieben wird. Insbesondere Haare und faserige Abwasserinhaltsstoffe führen zu Verzopfungen und infolgedessen zu Verschlammungen an den Membranmodulen. Die hydraulische Leistungsfähigkeit wird reduziert. Es entsteht zusätzlicher betrieblicher Aufwand bei der Reinigung. Beschädigungen an der Membran sind nicht auszuschließen.

Seit 10 Jahren wird in Deutschland das Membranbelebungsverfahren zur kommunalen Abwasserreinigung eingesetzt. Dem Erftverband kommt dabei eine Vorreiterrolle zu, da sich sowohl die im Jahr 1999 in Betrieb genommene erste kommunale Membranbelebungsanlage in Deutschland (Kläranlage Rödingen) als auch die zurzeit größte kommunale Membranbelebungsanlage in Deutschland (Gruppenklärwerk Nordkanal; IBN 2004) im Zuständigkeitsbereich des Erftverbandes befinden. Mit der Kläranlage Bergheim-Glessen wurde zwischenzeitlich die dritte derartige Anlage vom Erftverband in Betrieb genommen. Der Erftverband verfügt somit über 10 Jahre Betriebserfahrungen, die sowohl Erkenntnisse aus dem praktischen Betrieb der Anlagen als auch aus Untersuchungen, die im Rahmen von Begleitforschung von verschiedenen Forschungsinstituten durchgeführt wurden, beinhalten. Der Bereich der mechanischen Vorreinigung war in diesen Forschungsuntersuchungen bislang zu Unrecht nicht berücksichtigt worden. So zeigten die KA Rödingen

und das GW Nordkanal eklatante Mängel im Bereich der mechanischen Reinigungsstufen:

- ➔ Die auf der KA Rödingen nachgerüstete (Schlamm-) Siebung ist in der aktuellen Verfahrens- und Einbauweise nicht geeignet, Verzopfungen und Verschlammungen an den Filtrationseinheiten zu verhindern.
- ➔ Auf dem GW Nordkanal musste der Siebhersteller nach nur 2 Betriebsjahren die aktive Siebfläche wegen unzureichender Reinigungsleistung bereits austauschen (Wechsel von Spaltgeometrie auf Maschengometrie); die Einrichtungen zur Siebflächenreinigung mussten mehrfach optimiert werden; damit einher geht jedoch ein erheblicher Verbrauch an Energie und Hilfsstoffen. Trotz dieser Maßnahmen wurde die dauerhafte, störungsfreie Funktion der Aggregate unter wechselnden Zulaufbedingungen nicht erreicht; Defizite hinsichtlich der Leistungsfähigkeit der Siebung treten bereits bei Trockenwetterbedingungen und nicht nur bei erhöhter Zulaufwassermenge auf.
- ➔ Auf dem GW Nordkanal wird aufgrund der veränderten Siebgeometrie mittlerweile ein Rückhalt an Siebgut erzielt, der die Frage nach der geordneten Entsorgung des Siebgutes aufwirft.
- ➔ Zusätzlich wurde der Erftverband durch eine vom Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft der Universität Kassel durchgeführte Messreihe im Frühjahr 2006 darauf aufmerksam, dass offenkundig dem Thema „Fette im Abwasser - Gehalt, Stoffwechsel, Freisetzung, Entnahme“ eine besondere Bedeutung zukommt. Im Ergebnis dieser Messreihen war völlig ungeklärt, durch welche Verfahrensstufen der Gehalt an Fetten in welcher Weise beeinflusst wird und welche Bedeutung dem dafür bemessenen Fettfang zukommt.

Die Diskussionen um die mechanische Abwasserreinigung bei Einsatz des Membranbelevungsverfahrens in der kommunalen Abwassertechnik werden fälschlicherweise häufig auf den Verfahrensschritt der zusätzlich erforderlichen Siebung des Abwassers verengt. Tatsächlich ist hierzu eine ganzheitliche Betrachtung der mechanischen Vorbehandlung notwendig, um die Interaktionen zwischen Rechen, Sand- und Fettfang (SFF) und Sieb zu erfassen. Insbesondere dem Betrieb des Sand- und Fettfanges sowie dem Parameter „Fett“ (Gesamtfette und Fettfraktionen) kommen hierbei eine bislang offenbar unterschätzte Bedeutung zu. Bislang war lediglich allgemeiner Konsens, Siebaggregate mit möglichst wenig Fett zu beaufschlagen. Es ist dagegen unbestritten, dass Fette, egal welcher Herkunft, von den Filtrationseinheiten der Membranbelevungsanlagen und nach Möglichkeit auch von den Sieben fernzuhalten sind.

Erfvverband: Optimierung mechanischer Abwasservorreinigung (Abschlussbericht)

Daher kann der Focus auf den lipophilen Stoffen auch bei der Aufklärung der Ursachen für Schwimmschlamm- oder Blähschlamm-Bildung oder Entstehung von Blähschlamm auf konventionellen Belebungsanlagen behilflich sein.

Motivation dieses Forschungsvorhabens war es demnach,

- ➔ alle Verfahrensstufen der mechanischen Abwasservorreinigungsstufe eingehend (Eliminationsleistung, Gesamteliminationsleistung, Interaktionen) zu beleuchten; im Vordergrund stehen der stabile Betrieb von Siebanlagen sowie der bestimmungsgemäße Betrieb von Sand- und Fettfängen
- ➔ entsprechende Messdaten zur Beeinflussung der Feststoff- und Fettfraktionen im Durchlauf durch die mechanischen Abwasserreinigungsstufen zu gewinnen, die bislang in der Literatur auch nur äußerst spärlich publiziert sind; insbesondere der Parameter „Fette“ wird bislang kaum genannt
- ➔ aus den Untersuchungen Optimierungsmaßnahmen sowohl für konventionelle als auch für weitergehende mechanische Abwasservorreinigungsstufen (GKW Nordkanal, KA Röttingen) abzuleiten

Der Abschlussbericht wird hiermit vorgelegt.

2 MESSPHASEN

Im Antrag zu diesem Forschungsprojekt war ein Messphasenablaufplan enthalten, der insgesamt 5 Messphasen umfassen sollte. Im Einzelnen waren folgende Untersuchungen geplant:

1. Status Quo-Ermittlung der Leistungsfähigkeit (IST-Zustand) mechanischer Vorbehandlungsstufen auf Membranbelebungsanlagen (GKW Nordkanal, KA Rödingen); Längsprofilaufnahme über die Parameter CSB, AFS und die Nährstoffe Stickstoff und Phosphor in der flüssigen Phase (Hauptstrom + Presswässer aus Rechengut und Siebgut) und in den festen Rückständen (Rechengut, Sandfanggut, Fettgut, Siebgut)
2. Längsprofil (mechanische Vorbehandlungsstufe + MBR + Permeat) über Gesamtfette und Fettfraktionen in der flüssigen Phase; Hauptstrom + Presswässer aus Rechengut und Siebgut) und über Gesamtfette in den Rückständen (Rechengut, Fettgut, Siebgut, Sandfanggut, ggf. ÜS) bei unterschiedlichen Betriebsweisen (Variation der Belüftung des Sand- und Fettfanges)
3. Ermittlung der hydraulischen und stofflichen Leistungsfähigkeit von Sieben (GKW Nordkanal, KA Rödingen) bei Trockenwetter- und Regenwetterverhältnissen; Untersuchungsparameter: AFS, Fett
4. Untersuchungen zum verfahrens- und steuerungstechnischen Betrieb von Rechenanlagen, Vergleich von Leistungsfähigkeiten und Einfluss auf nachfolgende Behandlungsstufen (v.a. Siebe) hinsichtlich Entnahmeleistung und Betriebssicherheit
5. Konzeption und Voruntersuchungen zur Ertüchtigung der KA Rödingen

Die Messphasen 1 und 2 wurden in einer gemeinsamen Messphase zuerst auf dem GKW Nordkanal, anschließend auf der KA Rödingen durchgeführt. Die entsprechenden Ergebnisse markieren den Status Quo der Leistungsfähigkeit der einzelnen mechanischen Vorbehandlungsstufen und sollten als Ausgangspunkt für die weiteren Untersuchungen dienen. Speziell aus den Ergebnissen des Punktes 2 sollte geschlussfolgert werden können, wie sich Fett und seine Fraktionen im Durchlauf durch die mechanische Stufe verändern, wo Fett tatsächlich zurückgehalten wird und welchen Stoffwechseleinflüssen Fett unterliegt.

Die Messphasen 3 bis 5 wurden nicht in der o.g. Art und Abfolge durchgeführt. Dies hatte folgende Hintergründe:

- ➔ Zum Zeitpunkt der Status-Quo-Messphase auf der KA Rödingen hatte der Erftverband bereits beschlossen und auch ausschreibungsseitig umgesetzt, die mechanische Vorbehandlungsstufe auf dieser Kläranlage durch die zusätzliche Installation einer Siebanlage vor dem SFF zu ertüchtigen und die vorhandene, partielle

Schlamm-siebung still zu legen. Dies machte Teile der Messphase 3 sowie die geplante Messphase 5 überflüssig.

- ➔ Die Messphase 3 wurde aus dem o.g. Grund lediglich auf dem GWK Nordkanal durchgeführt. Hierbei wurde ein Bandsieb getestet. Zusätzlich wurde die Messphase in kleinere Messabschnitte unterteilt, um unterschiedliche Siebbänder untersuchen zu können.
- ➔ Die Ergebnisse der ersten Untersuchungen auf dem GWK Nordkanal zeigten, dass es erforderlich ist, die Wirkungsweise des SFF und die Einflüsse auf die Leistungsfähigkeit des SFF näher zu beleuchten. Dies war im Vorfeld des Projektes so nicht erwartet und geplant gewesen. Daher wurde in Abstimmung mit dem Erftverband auf die Untersuchungen zum verfahrens- und steuerungstechnischen Betrieb der Rechenanlage (Messphase 4) verzichtet.

Die Abfolge der in diesem Forschungsvorhaben durchgeführten Messphasen stellte sich letztlich wie folgt dar:

- ➔ **Messphase 1: Status Quo-Ermittlung der Leistungsfähigkeit der mechanischer Vorbehandlungsstufen auf dem GWK Nordkanal**
Dies beinhaltet die Längsprofilaufnahme (CSB, Fette, AFS, N, P) in der flüssigen Phase (Hauptstrom + Presswässer aus Rechengut und Siebgut) und in den festen Rückständen (Rechengut, Sandfanggut, Fettgut, Siebgut).
- ➔ **Messphase 2 (analog Messphase 1): Status Quo-Ermittlung der Leistungsfähigkeit der mechanischer Vorbehandlungsstufen auf der KA Rödigen**
- ➔ **Messphase 3: Intensivmessphase in 2-Std.-Intervallen über 3 Tage im Bereich der mechanischen Abwasserreinigungsstufe auf dem GWK Nordkanal**
Diese Messphase resultierte aus den Ergebnissen der Messphase 1. Untersucht wurden in der flüssigen Phase (Hauptstrom) die Parameter AFS, CSB, Fette.
- ➔ **Messphase 4: Ermittlung der stofflichen Leistungsfähigkeit von Sieben auf dem GWK Nordkanal**
In dieser Messphase wurde ein Bandsieb der Firma Salsnes-Filter/NOR getestet. Dieses Siebaggregat wurde mit zwei Siebbändern (Öffnungsweiten der Masche 0,35 mm und 0,84 mm) betrieben. Diese Untersuchung galt dem potentiellen Einsatz von Sieben auf kleinen Kläranlagen, weswegen diese Messphase auch ursprünglich auf der Kläranlage Rödigen durchgeführt werden sollte. Außerdem sollte die Verfahrensvariante betrachtet werden, ein Sieb als erste mechanische Entnahmestufe, alternativ zu einem Rechenbauwerk, zu betreiben. Da in Rödigen jedoch die verfahrenstechnische Ertüchtigung der MAV konzeptionell zwischenzeitlich abgeschlossen worden war und auch eine Installation des Salsnes-Siebes im Bereich der mechanischen Abwasservorreinigung nur mit erheblichem Aufwand

möglich gewesen wäre, wurde diese Messphase nach Nordkanal verlagert. Zu Beginn des Jahres 2010 wurden auf dem GWK Nordkanal die Siebflächen der Hauptstromsiebe abermals ausgetauscht, dieses Mal auf eine Maschenweite von 1,5 mm. In der späteren Messphase 8 wurde daher die Leistungsfähigkeit dieses neuen Siebes zusätzlich untersucht und kann mit den Leistungsdaten aus Messphase 4 verglichen werden.

- ➔ **Messphase 5: Vergleich von Probenahmestellen und Probenahmemethoden**
Ein Vergleich unterschiedlicher Probenahmestellen zwischen Ablaufbereich SFF und Zulaufbereich Sieb sollte zeigen, ob sich zwischen diesen beiden Verfahrensstufen Feststoffe akkumulieren. Zusätzlich wurde in dieser Messphase die AFS-Standardprobenahme des FG SWW mit einer Probenahmemethode verglichen, die an der Universität der Bundeswehr in München praktiziert wird.
- ➔ **Messphase 6: Einfluss der SFF-Belüftung**
Vergleichende Untersuchung der unterschiedlich belüfteten SFF-Kammern (1 Kammer unbelüftet, 1 Kammer normal belüftet); Analyseparameter: AFS inkl. GV, Fette, NH₄-N; Probenahmemethode: Standardprobenahme des FG SWW inkl. Berücksichtigung der SFF-Durchflusszeit
- ➔ **Messphase 7: Einfluss einer reduzierten SFF-Belüftung**
Die Belüftung wurde in einer SFF-Kammer weiter reduziert; Analyseparameter und Probenahmemethode analog zu Messphase 6
- ➔ **Messphase 8: Einfluss einer nochmals reduzierten SFF-Belüftung und zusätzlicher Verkürzung der SFF-Durchflusszeit**
Die Belüftung wurde in einer SFF-Kammer nochmals halbiert, die andere SFF-Kammer wurde für den Zeitraum der Untersuchungen still gelegt; Analyseparameter und Probenahmemethode analog zu Messphase 6
- ➔ **Zusätzliche Messphase: Messungen und Labortests zur Metallsulfidfällung**
Aufgrund von beobachteten Fällungsreaktionen im Zulaufbereich des GWK Nordkanal wurden zusätzlich parallel zu den SFF-Untersuchungen der Messphase 8 Stichprobenmessungen vom zulaufenden Abwasser und vom täglich diskontinuierlich zugeführten Trübwasser vorgenommen, um speziell Sulfid- und Eisenkonzentrationen vor dem Hintergrund einer vermuteten Metallsulfidfällung zu prüfen. Darüber hinaus wurden orientierende Laborversuche durchgeführt, die Aufschlüsse über den zeitlichen Ablauf der Fällungsreaktion bringen sollten.

3 PROBENAHE UND ANALYTISCHE BESTIMMUNGSMETHODEN

3.1 Probenahme

3.1.1 Probenahme zur Bestimmung der abfiltrierbaren Stoffe (AFS)

Zur Bestimmung des Parameters AFS werden Filtersäcke eingesetzt, um größere Probekolumina (300 L/8h bis 350 L/8h) untersuchen und damit eine höhere Repräsentativität gewährleisten zu können (Abbildung 1).

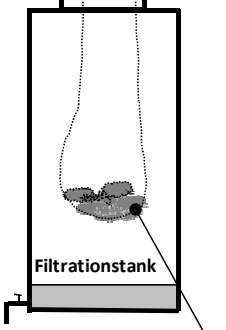
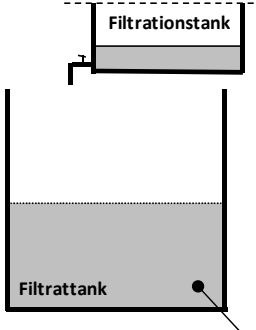
Parameter	AFS		C_{CSB} , C_N , C_P lipo. St.
durchflussproportionale Probenahme	 <p>AFS (> 190 µm)</p>	 <p>AFS (0,45 µm bis 190 µm)</p>	separate Probe
Probekolumen	300 bis 350 [L/8h]		6,4 [L/8h]

Abbildung 1: Probenahmekonzept

Damit einher geht eine Fraktionierung des Parameters AFS in Feststoffanteile größer und kleiner als ca. 0,2 mm (entspricht 200 µm), da die verwendeten Filtrationsäcke eine nominelle Öffnungsweite von 190 µm aufweisen. Diese Größenunterscheidung ermöglicht es im Späteren auch, die Leistungsfähigkeit des SFF zu bewerten. Gefordert ist nämlich gemäß DIN 19569-2 (2002) ist eine 95%ige Elimination genau dieser Korngrößen > 0,2 mm. Dies bezieht sich jedoch nur auf mineralische Stoffe. Definitionsgemäß (DIN EN ISO 14688-1 (2002)) spricht man bei mineralischen Körnungen zwischen 0,06 mm und 2 mm von Sand (die Dichte von Quarzsand beträgt 2,65 g/m³). Die Körnungen von 0,002 mm bis 0,06 mm bezeichnet man als Schluff, noch feinere Körner als Ton. Im Bereich über 2 mm bis 63 mm handelt es sich um Kies, ab 63 mm um Steine und ab 200 mm um Blöcke. Da neben den AFS-Proben keine Bestimmungen der Körnungslinie durchgeführt wurden und somit der Sandkornanteil zwischen 0,06 mm und 2 mm unbekannt bleibt, wird der Begriff Sand im Rahmen dieses Berichtes auch nicht verwendet. Stattdessen ist von mineralischen Feststoffen die Rede.

Erftverband: Optimierung mechanischer Abwasservorreinigung (Abschlussbericht)

Neben der Größenunterscheidung ($>$ und $<$ 0,2 mm), die grundsätzlich vorgenommen wurde, wurde die Aufteilung in organische und mineralische Stoffe erst ab der Messphase 6 durchgeführt. Das Einhalten der DIN-Anforderungen an einen SFF-Betrieb kann somit auch erst ab Messphase 6 beurteilt werden.

Die AFS-Analytik wurde vom Personal des FG SWW vor Ort auf dem GWK Nordkanal und auf der Kläranlage Rödingen durchgeführt. Abbildung 2 zeigt das benötigte, umfangreiche Laborequipment in einem Lagerraum unterhalb des Gerinnes SFF - Siebstufe auf dem GWK Nordkanal.



Abbildung 2: Laborstand auf dem GWK Nordkanal

3.1.2 Probenahme zur Bestimmung der Parameter C_{CSB} , lipophile Stoffe, C_N , und C_P

Parallel zur zuvor beschriebenen AFS-Bestimmung werden manuell separate 2-Std.-Mischproben gezogen (Abbildung 1), um die Parameter C_{CSB} , lipophile Stoffe, C_N , und C_P zu bestimmen. Das Probenahmenvolumen dieser separaten 2-Std.-Mischproben ergibt sich bei 200 ml alle 15 Minuten zu 1,6 L/2h bzw. 6,4 L/8h.

3.1.3 Feststoffprobenahme

Die zu untersuchenden Feststoffe wurden aus folgenden Probenahmestellen entnommen: Rechengut, Sandfanggut, Fettfanggut und Siebgut. Für das Rechengut, Sandfanggut und Siebgut konnte die Probenahme aus den zugehörigen Containern erfolgen. Im Falle des Fettgutes musste jeweils der Moment abgewartet werden, bis der Fettgutabstreifer das zusammengesobene Fett über die Überfallkante am Ende des Fettfangs streifte. Abbildung 3 zeigt diesen hinteren Teil des Fettfangs. Das Erscheinungsbild des Fettes an der Fettfangoberfläche umspannt die Palette vom „filmartigen“ bis zum „schollig-zähen“ Fett.



Abbildung 3: Fettfang (GKW Nordkanal)

Für eine qualifizierte Stichprobe wurden an jeder Probenahmestelle alle 2 Stunden ca. 100 g Feststoffe über einen Zeitraum von 8 Stunden entnommen. Anschließend wurden diese vier Feststoffproben einer Probenahmestelle in einem multifunktionalen Küchengerät zu erst zerkleinert und dann homogenisiert worden.

Am Ende jeden Messtages lagen somit von jeder Probenahmestelle eine 8-Std.-Mischprobe vor. Die homogenisierten Proben wurden für die Analysen der Parameter TR und Fette verwendet. In der nachfolgenden Abbildung 4 sind die Proben der jeweiligen Probenahmestellen und die Bearbeitungen der homogenisierten 8-Std.-Mischprobe zu erkennen.



Abbildung 4: Feststoffprobenahme

3.2 Analytische Bestimmungsmethoden - Überblick

Die Analyse der Proben erfolgte i.d.R. nach den Deutschen Einheitsverfahren für Wasser-, Abwasser und Schlammproben [DEV]. Darüber hinaus wurden die abfiltrierbaren Feststoffe durch eine sequentielle Filtration in zwei Größenklassen eingeteilt (siehe Kap. 3.1.1), und die schwerflüchtigen lipophilen Stoffe konnten durch eine Modifikation im Analyseverfahren in emulgierte und nicht emulgierte Fette unterschieden werden (s.u.). Tabelle 1 zeigt die Liste der Parameter und Analysemethoden.

Tabelle 1: Liste der Parameter und Analysemethoden

Parameter	Abkürzung	Methode
Abfiltrierbare Stoffe	AFS	DIN 38409 H2
Ammonium-Stickstoff	NH ₄ -N	Küvettest Hach Lange
Biochemischer Sauerstoffbedarf	BSB	DIN EN 1899-1/-2
Chemischer Sauerstoffbedarf	CSB	DIN 38409 H41-1
Chemischer Sauerstoffbedarf	CSB	DIN 38414 S9
Gesamt/Gelöstes Eisen	Fe-ges / Fe-gelöst	DIN 38406 E1
Gelöster Phosphor	Ortho-P	DIN EN ISO 6878 (D11)
Gesamt-Phosphor	Ges-P	DIN EN ISO 6878 (D11)
Gesamt-Phosphor (in Schlamm/Sedimenten)	P	DIN 38414 S12
Gesamt-Stickstoff gebunden (in Abwasser)	TN _b	DIN EN 12260 (H34)
Kjeldahl-Stickstoff (in Schlamm/Sedimenten)	TN	DIN EN 25663 (H11)
Organische Trockensubstanz	oTS	DIN 38409 H2
Organischer Trockenrückstand	oTR	DIN EN 12879 (S3A)
pH-Wert	pH	DIN 38404 C5
Redoxspannung	U _H	DIN 38404 C6
Sauerstoff gelöst	O ₂	DIN EN 25814 (G22)
schwerflüchtige lipophile Stoffe (in Abwasser)	lipophile Stoffe	DIN 38409 H56
schwerflüchtige lipophile Stoffe (in Schlamm/Sedimenten)	lipophile Stoffe	Soxhlet-Extraktion mit Petrolether
Sulfid	S ²⁻	DIN 38405 D27
Trockenrückstand	TR	DIN EN 12880 (S2A)
Trockensubstanz	TS	DIN 38414 S10

3.3 Bestimmung der schwerflüchtigen lipophilen Stoffe

3.3.1 Erweiterung des Verfahrens DIN 38409 H56

Gemäß DIN 38409 H56 werden die schwerflüchtigen lipophilen Stoffe in Abwasser gravimetrisch nach Lösemittelextraktion bestimmt. Erfasst werden alle schwerflüchtigen lipophilen Stoffe, die im Wasser suspendiert, emulgiert oder gelöst sein können. Hauptsächlich

handelt es sich um tierische und pflanzliche Öle und Fette sowie Mineralöle mit einem Siedepunkt $>250\text{ °C}$. Die Verwendung des Sammelbegriffes „Fette“ für diesen Summenparameter ist im Bereich kommunaler Abwasserreinigung üblich.

3.3.2 Feststoffhaltige Abwasserproben

Problematisch ist die Bestimmung der Fette für stark feststoffhaltige Abwasserproben, wie sie im Zulaufbereich von Kläranlagen anzutreffen sind, da diese Feststoffe die Zweiphasentrennung behindern. Sie finden sich agglomeriert in der Lösemittelphase, schließen aber auch nach intensivem Schütteln immer noch kleinste Wassertropfen ein, was zu einer Verfälschung des Ergebnisses führt. Ein definiertes Analyseverfahren gibt es hierfür nicht.

Gelöst wurde dieses Problem im Labor Siedlungswasserwirtschaft durch eine Druckfiltration der feststoffhaltigen Lösemittelphase über eine Glassäule. In der Glassäule ist auf einer Keramikfritte wasserfreies Natriumsulfat geschichtet. Nach dem üblichen Absetzen im Schütteltrichter wird die organische Phase in die Säule überführt und das Lösungsmittel mit den darin gelösten lipophilen Stoffen von oben durch die Säule gedrückt, die Feststoffe und das Restwasser verbleiben in der Natriumsulfat-Schicht. Überdruck kann mithilfe eines Blasebalgs erzeugt werden. Alle anderen Analyseschritte entsprechen dem Einheitsverfahren. Durch Doppelmessungen und Standards konnte die Reproduzierbarkeit des Verfahrens nachgewiesen werden.

3.3.3 Differenzierung in emulgierte und nicht emulgierte schwerflüchtige lipophile Stoffe

Das Analyseergebnis, das bei vollständiger Einhaltung des Einheitsverfahrens gewonnen wird, umfasst den Gesamtgehalt an schwerflüchtigen lipophilen Stoffen. Diese liegen z.T. in Emulsion, also feinst verteilt in der wässrigen Phase, aber auch nicht emulgiert vor. Durch Ansäuern der Originalprobe mit einer starken Mineralsäure auf einen pH-Wert <2 wird eine Deemulgation der vorher emulgierten lipophilen Stoffe erreicht. Die nachfolgende Extraktion im organischen Lösemittel erfasst dann die gesamten lipophilen Stoffe. Wird die Probe nicht angesäuert, werden die emulgierten Fette nicht extrahiert und das Analyseergebnis gibt den Gehalt an nicht emulgierten Fetten in der Originalprobe an. Die Differenz zwischen beiden Ergebnissen entspricht dann dem Anteil der emulgierten lipophilen Stoffe. Kritisch ist, dass die Originalprobe geteilt werden muss: die eine Teilprobe wird nach Ansäuern extrahiert, die andere Teilprobe ohne Ansäuern. Die Probenahme und -teilung müssen äußerst sorgsam erfolgen, da die Verteilung der lipophilen Stoffe in einer Wasserprobe wenig homogen ist. Die Reproduzierbarkeit des Verfahrens wurde mittels Kontrollmessungen nachgewiesen.

Abbildung 5 schematisiert und Abbildung 6 bebildert den Analyseablauf.

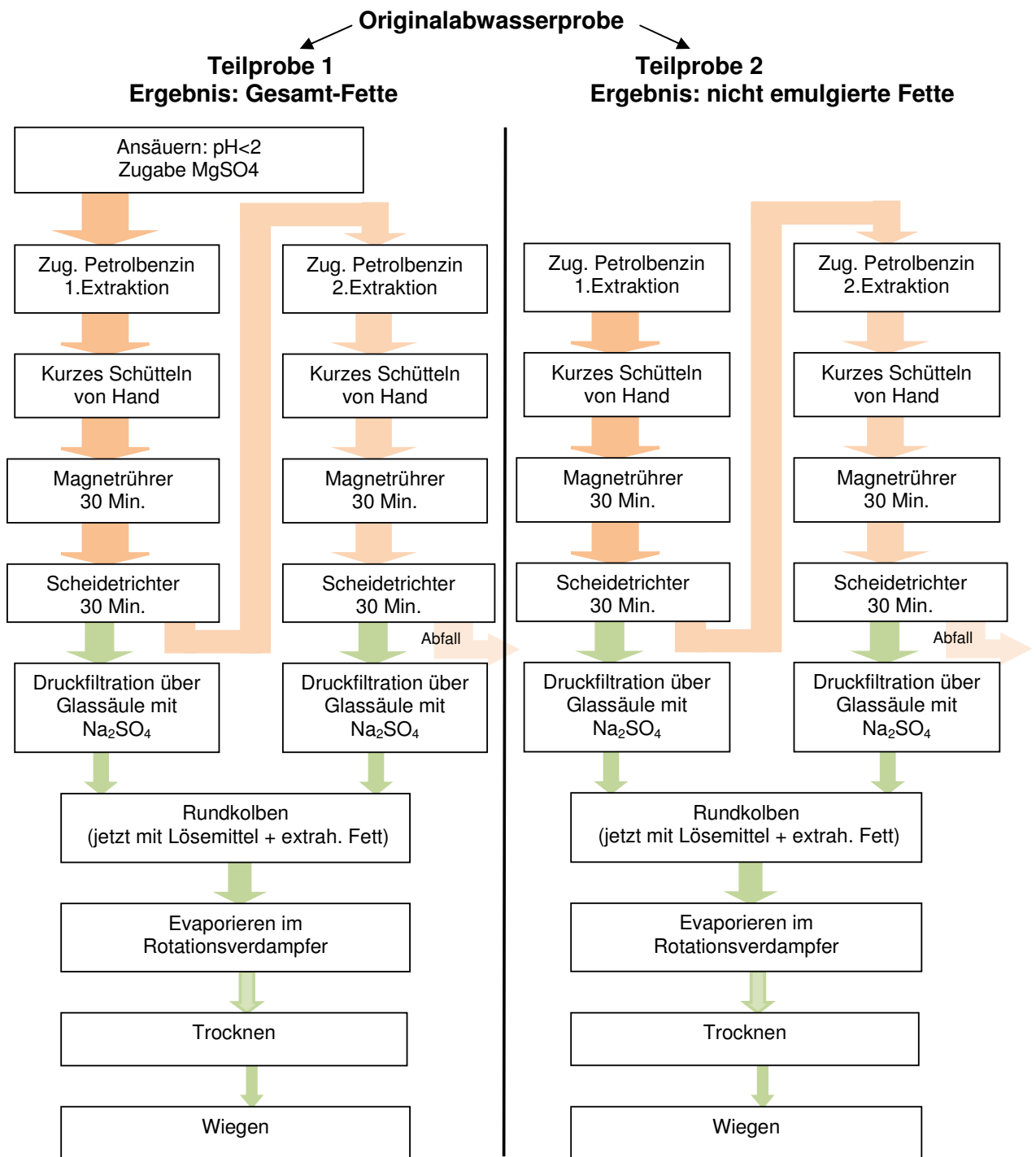


Abbildung 5: Schema für die Analytik der Abwasserproben auf schwerflüchtige lipophile Stoffe;
 1. Teilprobe (mit Ansäuern): Gesamt-Fette
 2. Teilprobe (ohne Ansäuern): nicht emulgierte Fette



Abbildung 6: Abläufe der Fettanalytik

Bild oben links: Die Proben werden mit Petroleumbenzin ausgeschüttelt (nicht emulgierte Fette, ohne Säure und Mg-Salz), oben setzt sich die Petroleumbenzin-Phase ab, darunter eine Phase mit Feststoffen (noch in der Benzinphase), und als unterstes eine Wasserphase (die ist auf dem Foto bereits aus dem Schütteltrichter abgelassen). Die Feststoffe enthalten sowohl Fett als auch noch Rest-Wasser, also darf diese Phase nicht mit dem Wasser abgelassen werden, sondern das darin enthaltene Fett muss noch aus der Benzinphase abgetrennt werden.

Erfvverband: Optimierung mechanischer Abwasservorreinigung (Abschlussbericht)

Bild oben rechts: Dies geschieht über die mit Na_2SO_4 -gefüllten Säulen. Die Feststoffe verbleiben in der Säule, das Petroleumbenzin fließt (bzw. wird von oben gedrückt) durch das Salz, Rest-Wasser wird vom Salz aufgesogen, heraus kommt wasserfreies, salzfreies, feststofffreies Eluat mit Fett.

Bild unten links: Der Rundkolben mit Petroleumbenzin (hier nicht auf dem Bild) wird an den Schliff über dem Wasserbad gesteckt, erhitzt, das Benzin verdunstet und wird hinter dem Kühler in einem zweiten Kolben aufgefangen. Fett siedet nicht und verbleibt im Rundkolben

Bild unten rechts: Das Gelbliche ist das getrocknete Fett, das im Rundkolben (nach Extraktion und Trocknung) als Resultat gewonnen wird.

3.3.4 Feststoffproben

Für die Bestimmung der schwerflüchtigen lipophilen Stoffe in Schlämmen aus der Abwasserreinigung liegt bisher kein Einheitsverfahren vor, die Bestimmung des Fettgehalts ist allerdings im Bereich der Lebensmitteltechnologie ein etabliertes Verfahren. In der Regel wird eine Soxhlet-Extraktion angewandt, die auf Schlammproben übertragen werden kann. Dazu wurden im Labor Siedlungswasserwirtschaft Voruntersuchungen mit den Proben von der Kläranlage Kaarst durchgeführt, so dass ein definiertes und reproduzierbares Analyseverfahren etabliert werden konnte. Die Proben wurden getrocknet, zerkleinert oder gemahlen und dann in Extraktionskolben eingewogen. Danach erfolgte eine zweistündige Extraktion mit 120 ml Petroleumbenzin. Besonderes Augenmerk muss auf die Probenvorbereitung gelegt werden, da die Schlämme aus dem Bereich der Vorklärung äußerst inhomogen sind. Alle Analysen wurden deshalb zweifach durchgeführt.

4 BELÜFTETER SAND- UND FETTFANG

4.1 Bemessung belüfteter Sandfang

Da sich im Zuge dieses Projektes der SFF immer mehr als zentrales Untersuchungsobjekt herauskristallisierte, wird nachfolgend der aktuelle Stand der Bemessung dieser Verfahrensstufe dargestellt.

Zu diesem Thema hat ist aktuell im Jahre 2010 eine Dissertation an der Universität der Bundeswehr in München in der Fakultät Bauingenieur- und Vermessungswesen von Frau Dr. Christina Hirschbeck vorgelegt worden. Diese Dissertation enthält die aktuellste Recherche zum aktuellen Stand der Befassung mit belüfteten Sand- und Fettfängen. Für das vorliegende Projekt wird es als sinnvoll erachtet, diese aktuellen Informationen direkt im Projekt-Abschlussbericht zugänglich zu haben. Deswegen wird im folgenden über den einfachen Literaturhinweis hinaus in längeren Passagen aus dieser Dissertationsschrift zitiert werden.

Zitat:

Vorteil der belüfteten Sandfänge ist, dass durch den Lufteintrag eine von Durchflussschwankungen unabhängige Sekundärströmung induziert wird, die organische Partikel in Schwebelage hält und zusätzlich eine Fettabscheidung in der Fettfangkammer ermöglicht (ATV, 1997). Zusätzlich wird der Querschnitt so groß gewählt, dass die horizontale Fließgeschwindigkeit unter 0,2 m/s bleibt (ATV, 1997).

Der Lufteintrag ist eine wesentliche Bemessungsgröße für belüftete Sandfänge, da dadurch eine Walzenströmung als Sekundärströmung induziert wird und damit eine Unabhängigkeit von Durchflussschwankungen erreicht wird (ATV, 1997). Durch die Turbulenz dieser Sekundärströmung werden organische Partikel in Schwebelage gehalten, während größere Teilchen auf einer Absetzbahn direkt in die Sandfanggutrinne getragen werden. Nach Kalbskopf (1966) beträgt der optimale Luftbedarf für belüftete Sandfänge das 1,5 fache der Querschnittsfläche. Der auf diese Weise ermittelte Luftbedarf hat die Einheit $\text{Nm}^3/(\text{m} \cdot \text{h})$.

Boes (1990) hat 30 belüftete Sandfänge hinsichtlich des Lufteintrags ausgewertet und festgestellt, dass aufgrund von Sicherheitszuschlägen die tatsächlichen Lufteinträge deutlich höher als die Empfehlungen sind. Dies könne dann zu schlechten Abscheidegraden führen. Die besten Betriebserfahrungen ergäben sich durch einen Lufteintrag von 8 Watt pro m^3 Sandfangvolumen nach Gleichung (1).

Das ATV Handbuch (1997) unterscheidet beim Lufteintrag nach der Querschnittsfläche des Sandfanges. Für Querschnitte bis 3 m^2 wird ein Lufteintrag von $0,8 \text{ Nm}^3/(\text{m}^3 \cdot \text{h})$ empfohlen, für größere Querschnitte sollte der Lufteintrag von $1,3 \text{ Nm}^3/(\text{m}^3 \cdot \text{h})$ nicht überschrit-

ten werden. In Abbildung 7 sind Empfehlungen verschiedener Autoren für den Lufteintrag gegenübergestellt.

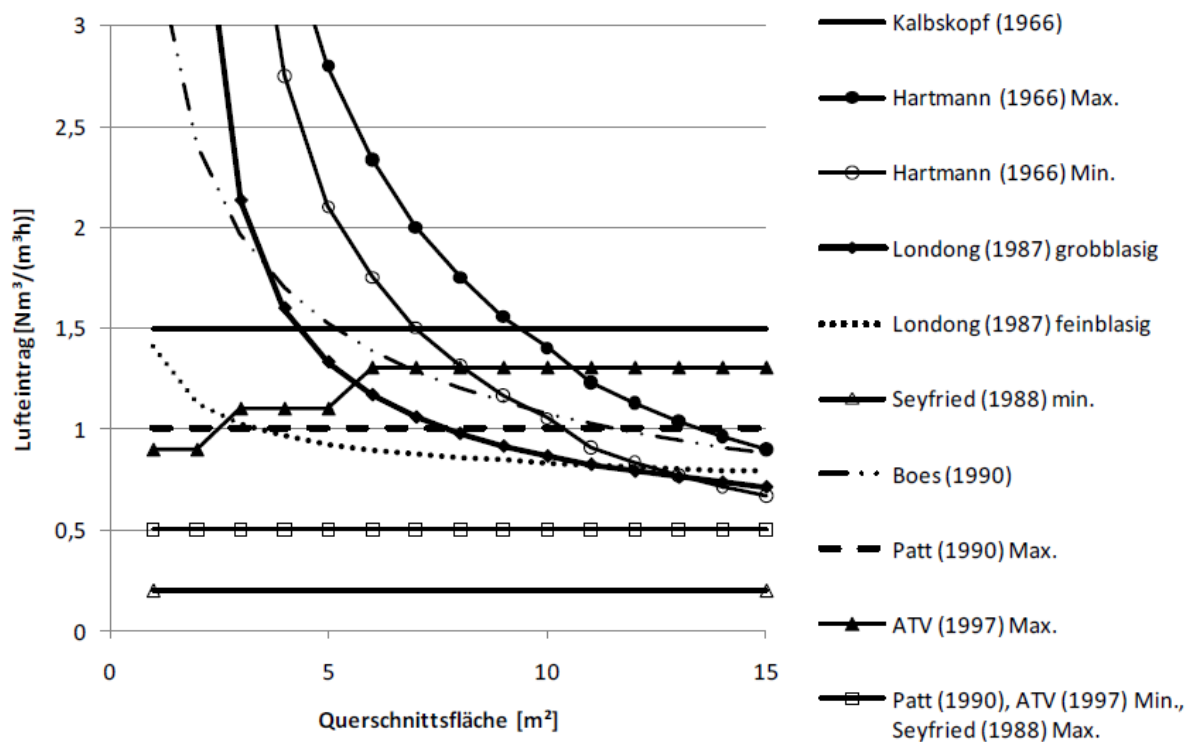


Abbildung 7: Empfehlungen verschiedener Autoren für den Lufteintrag $[Nm^3/(m^3 \cdot h)]$ in Abh. von der Querschnittsfläche des Sandfanges (nach Boes, 1990)

Auffällig sind die große Bandbreite der Empfehlungen und die hohen Werte insbesondere für kleinere Querschnitte. Seyfried (1988) hat festgestellt, dass die in der Literatur angegebenen Luftmengen zu hoch seien und empfiehlt einen Lufteintrag von $0,2 Nm^3/(m^3 \cdot h)$ bis $0,5 Nm^3/(m^3 \cdot h)$. In einer späteren Veröffentlichung (Seyfried, 1994) schlägt er sogar eine Begrenzung der Luftzufuhr auf $0,1 Nm^3/(m^3 \cdot h)$ bis $0,2 Nm^3/(m^3 \cdot h)$ vor, um den frühzeitigen Abbau von für die Denitrifikation und biologische Phosphorelimination nötige organische Substanz zu minimieren. Grundsätzlich sei eine regelbare Belüftung zu empfehlen (Seyfried, 1988).

Obenaus et al. (1998) haben Untersuchungen zum Einfluss des Lufteintrages im Sandfang auf die biologische Reinigungsstufe durchgeführt. Sie haben festgestellt, dass übermäßige Sandfangbelüftung zu einem teilweisen Abbau leicht abbaubarer Kohlenstoffverbindungen führen kann und deshalb die Auswirkungen des fehlenden Kohlenstoffs auf die biologische Reinigungsstufe untersucht. Dies wurde mit Hilfe des Activated Sludge Model No. 2 (Henze et al., 1994) modelliert, in dem bei der Fraktionierung des Zulaufs der Anteil des löslichen chemischen Sauerstoffbedarfs (CSB) zur biologischen Reinigung verringert wurde. Im Ablauf der Kläranlage ergab sich bei diesen Berechnungen eine deutliche Zunahme

des Orthophosphats bei hohen Lufteinträgen. Daraus leiteten Obenaus et al., (1998) die Empfehlung ab, für kleine und mittlere Sandfänge, mit einer Querschnittsfläche bis 8 m^2 , einen Lufteintrag von $0,3 \text{ Nm}^3/(\text{m}^3 \cdot \text{h})$ bis $0,5 \text{ Nm}^3/(\text{m}^3 \cdot \text{h})$ und für größere Sandfänge, ab einer Querschnittsfläche von 8 m^2 , einen Lufteintrag von $0,2 \text{ Nm}^3/(\text{m}^3 \cdot \text{h})$ bis $0,3 \text{ Nm}^3/(\text{m}^3 \cdot \text{h})$ anzusetzen. Die von der DWA (2008) empfohlenen Werte sind deutlich höher.

Seyfried (1988) empfiehlt zusätzlich, dass die letzten 2 m bis 3 m im Sandfang unbelüftet bleiben sollen. Weitere Vorschläge zur Anordnung der Belüfter finden sich bei Boes (1990). Bei über die Sandfanglänge gleichmäßigem Lufteintrag werde der meiste Sand schon im ersten Drittel abgeschieden, der weitere Fließweg bringe keine Verbesserung der Abscheideleistung. Daraus schloss Boes (1990), dass eine über die Länge abnehmende Belüftung zu einer Verbesserung der Abscheideleistung führen müsse. Die besten Ergebnisse erhielt er bei einem Verhältnis der Luftzufuhr vorne zu hinten von 2:1. Bei einer neuen Entwicklung im Kompaktanlagenbereich wird diese Empfehlung ansatzweise umgesetzt (Branner, 2005), indem der vordere Teil belüftet wird und der hintere Teil nicht. Untersuchungen an großtechnischen Sandfängen (Stein, 1992) konnten die positiven Effekte einer abnehmenden Belüftung längs des Sandfanges nur teilweise bestätigen. Dort trat eine Verbesserung der Abscheideleistung nur bei Sandfängen, die bei gleichmäßiger Belüftung z. B. wegen zu hohem Lufteintrag unzureichende Sandabscheidung aufwiesen, auf.

In der internationalen Literatur (Albrecht, 1967; Metcalf & Eddy, 2003) sind die empfohlenen Sandfangquerschnitte meist rechteckig mit einer Rinne in der Mitte und beidseitigen Schrägen mit gleichem Winkel.

In Abbildung 8 ist ein empfohlener Querschnitt der DWA (2008) für belüftete Sandfänge dargestellt. Beispiele für die Wahl der Sandfangabmessungen finden sich in DIN 19551-2 (2002). Die Sandfanggutrinne ist ausmittig auf der Seite des Lufteintrages angeordnet und auf der Seite der Tauchwand zum Fettfang schließt die Sohle mit Neigungswinkel von 35° bis 45° an die Sandfanggutrinne an. Die Eintauchtiefe der Mittelwand ohne Einbauten soll nach DWA (2008) ca. $0,2 \cdot h_{SF}$ betragen.

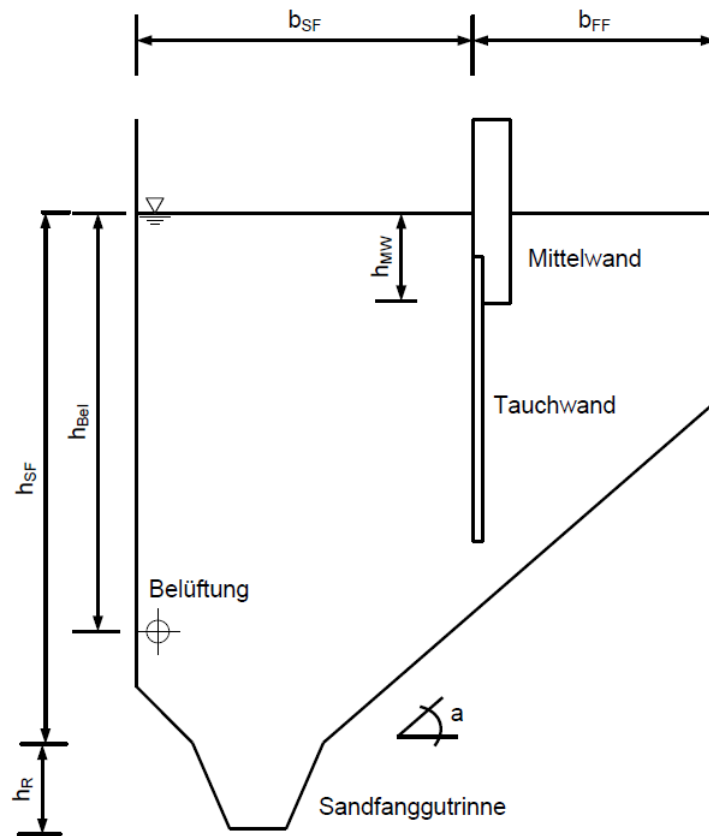


Abbildung 8: Empfohlener Querschnitt für belüftete Sandfänge (DWA, 2008)

In Tabelle 2 sind Bemessungsgrundlagen für belüftete Sandfänge aus verschiedenen Quellen gegenübergestellt.

Tabelle 2: Bemessungsgrundlagen für belüftete Sandfänge

Parameter	DWA, (2008)	ATV (1998)	ATV (1997)	Londong (1987)	Hart- mann (1966)	Metcalf and Eddy (2003)
Horizontale Fließ- geschwindigkeit u , m/s	$\leq 0,20$	< 20	$\leq 0,20$	0,2	$\leq 0,2$ bis 0,25	-
Randgeschwindigkeit der Wasserwalze, m/s	-	-	$\leq 0,20$	0,20 bis 0,22	0,3 bis 0,4	-
Breite/Tiefe-Verhältnis b_{SF}/h_{SF}	0,8 bis 1,0	0,8 bis 1,0	$> 0,8$	0,8 bis 0,9	0,5 bis 0,7	1:1 bis 5:1
Abgeschiedene Korngröße, mm	$< 0,2$	$< 0,2$	$< 0,2$	$> 0,25$	-	$> 0,21$
Querschnittsfläche A_{SF} (ohne Fettfang), m^2	1 bis 15	1 bis 15	1 bis 15	1 bis 7	-	-
Durchflusszeit t_R RW, min	> 5	5 bis 20	10	> 10	3 bis 4	2 bis 5
Durchflusszeit t_R TW, min	-	-	-	> 20	10 bis 15	-
Beckenlänge L_{SF} , m	$> 10b_{SF}$ < 50	$> 10b_{SF}$ < 50		15 bis 60	-	7,5 bis 20
Einblastiefe h_{Bel} , m	$h_{SF}-0,3$	$h_{SF}-0,3$	$h_{SF}-0,3$	$0,7 \cdot h_{SF}$	-	$h_{SF}+h_{Rinne}$ 0,45...0,6
spez. Lufteintrag bezogen auf das Beckenvolumen (ohne Fettfangkammer) q_{LV} , $Nm^3/(m^3 \cdot h)$	0,5 bis 1,3	0,5 bis 1,3	0,5 bis 1,3	Grobblasig: $(0,63+0,52 \cdot \ln h_{Bel})^{-0,62}$ Feinblasig: $(0,07+0,56 \cdot \ln h_{Bel})^{-1,33}$ 1 bis 1,5	-	-
spez. Lufteintrag pro Meter Länge, $Nm^3/(m \cdot h)$	-	-	-	-	10 bis 15	0,2 bis 0,5
Sohlquerneigung Fettfangkammer α , °	35 bis 45	35 bis 45	35 bis 45	40 bis 45	45	-
Breite der Fettfangkammer b_{FF} , m	0,5 bis 1,0 b_{SF}	0,2 bis 0,5 b_{SF}	-	-	-	-
Flächenbeschickung Fettfangkammer $q_{A,FF} = Q_t/A_{FF}$ bei TW, m/h	≤ 25	≤ 25	-	-	≤ 25	-

Die empfohlenen Werte für die Fließgeschwindigkeiten in Sandfanglängsrichtung variieren stark. So findet sich bei Albrecht (1967) die Empfehlung, dass die Fließgeschwindigkeit in Sandfanglängsrichtung von 0,15 m/s nicht überschritten werden soll. Seyfried (1988)

Erfvtverband: Optimierung mechanischer Abwasservorreinigung (Abschlussbericht)

nennt diesbezüglich den Wert 0,2 m/s, der sich auch in ATV (1997), ATV (1998) und DWA (2008) wiederfindet. In DIN EN 12255-3 (2001) und bei Imhoff & Imhoff (2007) wird eine horizontale Fließgeschwindigkeit von maximal 0,3 m/s empfohlen. Die Randgeschwindigkeit der Wasserwalze sollte nach ATV (1997) und Kalbskopf (1966) $\leq 0,2$ m/s betragen. Patt (1990) schlägt 0,25 m/s vor. Hartmann & Pöpel (1958) und Seyfried (1988) empfehlen eine Randgeschwindigkeit der Wasserwalze von 0,25 m/s bis 0,30 m/s.

Schrimpf und Steinle (1984) haben die Gleichung (2) für die Sandfanglänge in Abhängigkeit von der Anzahl der Umdrehungen der Wasserwalze n entwickelt.

Ihre Untersuchungen haben ergeben, dass bei Regenwetter 3 bis 6 Umdrehungen der Wasserwalze zu empfehlen sind. Für überschlägige Berechnungen wurden eine horizontale Fließgeschwindigkeit von 0,15 m/s und eine Randgeschwindigkeit der Wasserwalze von 0,3 m/s zugrundegelegt (Schrimpf & Steinle, 1984).

Der einzige Richtwert für den Turbulenzgrad im belüfteten Sandfang findet sich bei Londong (1987). Er empfiehlt einen Turbulenzgrad der Randgeschwindigkeit der Wasserwalze von 0,1 bis 0,2. Bezugspunkt ist der Geschwindigkeitsvektor parallel zur Sohle in der Mitte des Sandfanges in einer Höhe von 0,1 m über der Sohle.

Um eine gleichmäßige Durchströmung eines Beckens zu erreichen, sollte das Breite/Tiefe-Verhältnis ungefähr 0,8 betragen und die Länge mindestens der achtfachen Breite entsprechen (Gieseke & Mosonyi, 1997). Diese Empfehlungen finden sich auch in DWA (2008) wieder, wobei dort eine Länge von mindestens der zehnfachen Breite empfohlen wird. Bezüglich der Zulauf- und Ablaufgestaltung geht aus der Arbeit von Patt (1990) hervor, dass der Zulaufkanal am besten nahe der Wasseroberfläche, im oberen Drittel der Sandfanghöhe angeordnet sein sollte, während im Ablaufbereich das Abwasser am besten aus der Mitte der Wasserwalze abgeleitet werden sollte (Schrimpf, 1987). Eine seitliche Einleitung des Abwassers zur Unterstützung der Walzenbildung wird von Boes (1990) auch als günstig bewertet. Gieseke & Mosonyi (1997) raten von einer seitlichen Einleitung ab, da dadurch die Turbulenz im Zulaufbereich stark erhöht wird.

Zitat Ende

4.2 Bemessung Fettfang

Botsch (2010) erläutert die Historie der Fettfangbemessung: Üblicherweise gibt es in der kommunalen Abwasserreinigung keine getrennten Fettfänge, sondern Fettfänge werden an Sandfänge angeschlossen. Hartmann (1966) beschrieb erstmals eine seitliche Anordnung, die ohne spezifische Bemessung ausgestaltet wurde. Volumen und Oberfläche der Fettfangkammer sind damit abhängig von der Länge und Tiefe des Sandfanges. Als einzige Bemessungsgröße nennt er eine einzuhaltende Oberflächenbeschickung von 25 m/h.

Eine andere Bemessungsgröße findet sich auch in internationalen Kommentaren und Empfehlungen zur Fettfangbemessung nicht. Gelegentlich wird die Fettfanglänge gegenüber der Sandfanglänge beschränkt. Auch dies erfolgt ohne konkrete Bemessungswerte.

4.3 Belüfteter Sand- und Fettfang GWK Nordkanal

4.3.1 Geometrie

Der auf dem GWK Nordkanal befindliche belüftete Sand- und Fettfang ist zweistraßig ausgeführt. In Abbildung 9 und Abbildung 10 sind Querschnitt und Längsschnitt dargestellt. Die Querschnittsfläche des Sandfangs beträgt $6,70 \text{ m}^2$ (ohne Fettrinne). Bei einer Länge von $24,60 \text{ m}$ errechnet sich ein Sandfangvolumen von rund 165 m^3 pro Straße und dementsprechend ein Gesamtvolumen von 330 m^3 . Die seitlich befindliche Fettfangrinne ist $1,00 \text{ m}$ breit und weist eine Länge von $21,85 \text{ m}$ auf. Es ergibt sich eine Oberfläche der Fettfangrinne von $21,85 \text{ m}^2$ für eine Straße und dementsprechend eine Gesamtoberfläche von rund 44 m^2 .

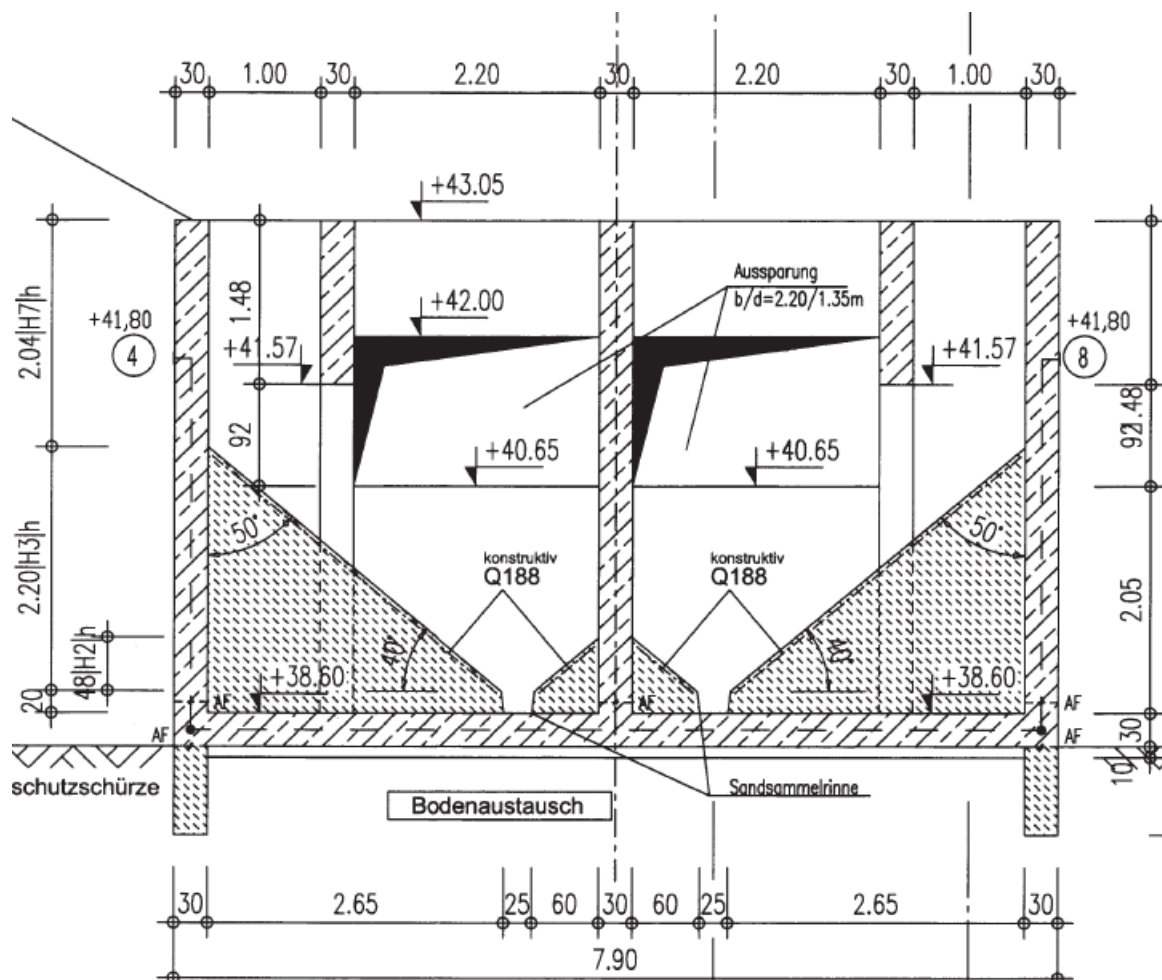


Abbildung 9: Querschnitt des SFF GWK Nordkanal

Erftverband: Optimierung mechanischer Abwasservorreinigung (Abschlussbericht)

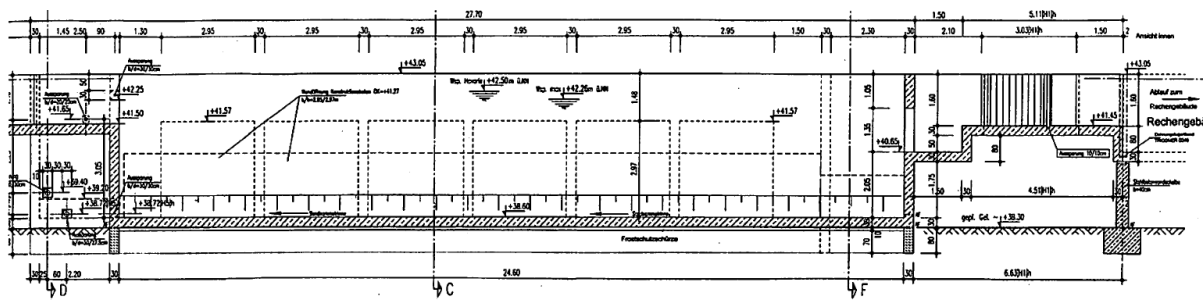


Abbildung 10: Längsschnitt des SFF GWK Nordkanal

Die folgende Tabelle 3 stellt verschiedene Kennwerte zur Geometrie des SFF auf dem GWK Nordkanal zusammen und ermöglicht den Vergleich mit den aktuellen Bemessungswerten der DWA. Der Vergleich bezieht sich auf eine Sandfangstraße. Hierbei fällt auf, dass der vorliegende SFF das empfohlene Breite/Tiefe-Verhältnis unterschreitet. Weiterhin erscheint die Fettfangrinne mit einer Breite von 1,00 m leicht unterdimensioniert bzw. befindet sich am unteren Ende der empfohlenen Bemessungswerte. Zudem fällt auf, dass die Sandfanggut-Rinne am Boden des SFF mit einer Tiefe von 0,2 m deutlich zu flach und mit einer Breite von 0,25 m zu schmal gestaltet ist.

Tabelle 3: Vergleich der auf dem GWK Nordkanal vorhandenen SFF-Geometrie mit den aktuellen DWA-Bemessungsempfehlungen

Parameter	Einheit	GWK Nordkanal	DWA (2008)
Höhe Sandfang bis WSP	m	3,66	-
Breite Sandfang ohne Fettfangrinne	m	2,20	-
Breite/Tiefe-Verhältnis		0,6	0,8 – 1,0
Breite Fettfangrinne	m	1,0	1,1 – 2,2 ¹⁾
Länge Fettfangrinne	m	21,85	-
Eintauchtiefe Mittelwand	m	0,7	0,7 – 0,8
Sohlneigung	°	40	35 – 45
Tiefe Sandfanggut-Rinne	m	0,20	0,5 – 0,6 ²⁾
Breite Sandfanggut-Rinne oben	m	0,25	0,33 – 0,55 ³⁾
Länge Sandfang	m	24,6	10 – 50
Oberfläche Fettrinne	m ²	21,85	-
Volumen Sandfang (ohne Fettfangrinne)	m ³	165	-
Querschnittfläche (ohne Fettfangrinne)	m ²	6,7	1 – 15

Grün = entspricht den DWA-Empfehlungen; Rot = weicht von den DWA-Empfehlungen ab

¹⁾ 0,50 bis 1,00 x Sandfangbreite; ²⁾ ca. 0,15 x Höhe Sandfang; ³⁾ 0,15 bis 0,25 x Breite Sandfang

4.3.2 Durchflusszeiten und Oberflächenbeschickung der Fettfangkammer bei Bemessungszuflüssen

Mit Hilfe der ermittelten SFF-Geometrie lassen sich die Durchflusszeiten und Fließgeschwindigkeiten für die Bemessungszuflüsse unter Annahme stationärer Bedingungen berechnen. Dabei ergibt sich für den Trockenwetterzufluss von 1.024 m³/h eine theoretische Durchflusszeit von 19 min und für den maximalen Zufluss bei Regenwetter von 1.881 m³/h eine Durchflusszeit von etwa 10 min. Somit liegen die Durchflusszeiten innerhalb der allgemein anerkannten Bemessungsregeln, die für den Regenwetterfall eine Durchflusszeit von 10 min. und für Trockenwetter von 20 min. vorsehen. Die horizontalen Fließgeschwindigkeiten liegen dabei sowohl für den Trockenwetter- als auch für den maximalen Regenwetterzufluss deutlich unter der aktuellen Bemessungsempfehlung der DWA von $\leq 0,20$ m/s.

Genauere Betrachtungen zu den Durchflusszeiten unter bestimmten Betriebszuständen und bei verschiedenen Zulaufbedingungen finden sich in den Kapiteln zu den einzelnen Messphasen.

Die Oberflächenbeschickung einer Fettfangrinne des SFF beträgt bei Trockenwetterzufluss etwa 23 m/h und bei Regenwetterzufluss 43 m/h. Damit liegt die Oberflächenbeschickung der Fettfangrinne für den Trockenwetterzufluss knapp unter dem von der DWA in ihren aktuellen Bemessungsempfehlungen genannten maximalen Wert von 25 m/h. Für den Regenwetterzufluss existiert keine Empfehlung einer maximalen Oberflächenbeschickung seitens der DWA.

4.3.3 Luft eintrag

Der spezifische Luft eintrag in den SFF im Normalbetrieb wurde durch Messungen des FG SWW zu 1,3 m³/(m³·h) bis 1,5 m³/(m³·h) bestimmt. Damit liegen die Werte am oberen Ende der aktuellen Bemessungsempfehlungen der DWA zum spezifischen Luft eintrag (0,5 m³/(m³·h) bis 1,3 m³/(m³·h)) bzw. überschreiten diese sogar. Variationen des Luft eintrages wurden in den Messphasen 6 bis 8 des Forschungsprojektes untersucht und werden in den entsprechenden Kapitel diskutiert.

Wie von Seyfried (1988) empfohlen (s.o.), werden die letzten 3 m bis 4m des SFF in Nordkanal nicht belüftet. Das ist aus energetischer Sicht zwar sinnvoll, da die induzierte Wasserwalze im hinteren SFF-Bereich keinen weiteren „Antrieb“ benötigt. Bei einer SFF-Revision auf dem GWK Nordkanal wurden jedoch v.a.in diesem hinteren Bereich massive Feststoffablagerungen (Abbildung 11) festgestellt, die möglicherweise doch eine Belüftung auf ganzer Länge nahelegen.



Abbildung 11: Feststoffablagerungen im SFF

Hinzu kommt der konstruktionsbedingte Nachteil, dass die Entnahmepumpe, die das abgesetzte Sandfanggut aus der Sandfanggut-Rinne abpumpt, diese letzten ca. 2 m nicht abdeckt und infolge dessen Ablagerungen in diesem hinteren SFF-Bereich nicht mit Hilfe der Entnahmepumpe aus dem SFF entfernt werden können (Abbildung 12).



Abbildung 12: konstruktive Ausbildung des SFF-Bauwerkes im Ablaufbereich

Im Vordergrund sind das an der Räumerrücke befestigte Gestänge zu erkennen, an welchem die Sandfanggutpumpe installiert ist. Dahinter verbleibt noch ein kurzes Stück, wel-

ches die Entnahmepumpe nicht abdeckt und wo es infolgedessen zu Ablagerungen kommen kann.

4.3.4 Entsorgung

Das aus dem SFF entnommene Sandfanggut wird in einen Sandwaschklassierer gepumpt. Das Waschwasser wird in den Abwasserreinigungsstrom zurückgeführt, der gewaschene Sand wird deponiert. Insofern ist nach aktuellen Maßstäben ein organischer Feststoffgehalt von < 5% oTR einzuhalten.

5 MESSPHASE 1: STATUS QUO GWK NORDKANAL

5.1 Mechanische Abwasservorreinigungsstufe

Die mechanische Abwasservorreinigungsstufe auf dem GWK Nordkanal besteht aus drei Stufen, im einzelnen sind dies:

- ➔ 2 Filterstufenrechen mit der Öffnungsweite 5 mm Spalt
- ➔ einem zweistraßigen belüfteten Sand- und Fettfang (SFF)
- ➔ 2 Trommelsieben mit der Öffnungsweite 1 mm Masche im Hauptstrom und einem Trommelsieb mit der Öffnungsweite 1 mm Spalt im Notumlaufgerinne

5.2 Untersuchungskonzept Messphase 1

Die Untersuchungen auf dem GWK Nordkanal sollten ein umfassendes Bild über den Status quo der Leistungsfähigkeit des eingesetzten Vorbehandlungssystems hinsichtlich seiner Entnahmeleistungen, der Entnahmeleistungen der einzelnen Aggregate Rechen, SFF und Sieb sowie Erkenntnisse über mögliche Optionen einer Betriebsoptimierung geben.

Das zugehörige Probenahmekonzept war an diesem Ziel orientiert. Alle Haupt- und Rückführ- und Entsorgungsströme wurden einbezogen. Dies bedingte die Parameteranalyse in der flüssigen und in der festen Phase.

Das Abwasser wurde an folgenden Stellen der Vorreinigungsstufe beprobt: Zulauf Rechen, Ablauf Rechen, Ablauf SFF, Ablauf Sieb. Zur Quantifizierung wurden folgende entnommene Rückstände untersucht: Rechengut, Sandfanggut, Fettgut, Siebgut.

Nachfolgend sind Probenahmestellen und Analyseparameter dargestellt.

Abbildung 13 zeigt die Probenahmestellen hinsichtlich der Beprobung der flüssigen Phase für das GWK Nordkanal. An den Probenahmestellen PN7 und PN8 werden nur die schwerflüchtigen, lipophilen Stoffe gemessen, PN7 meint dabei einen Bereich unmittelbar neben den Hohlfasern der Membranmodule in der biologischen Stufe. Hinweis zur Analytik der schwerflüchtigen lipophilen Stoffe in der flüssigen Phase: Gemessen werden die Gesamtfette und die Fraktion der emulgierten Fette.

Erfvverband: Optimierung mechanischer Abwasservorreinigung (Abschlussbericht)

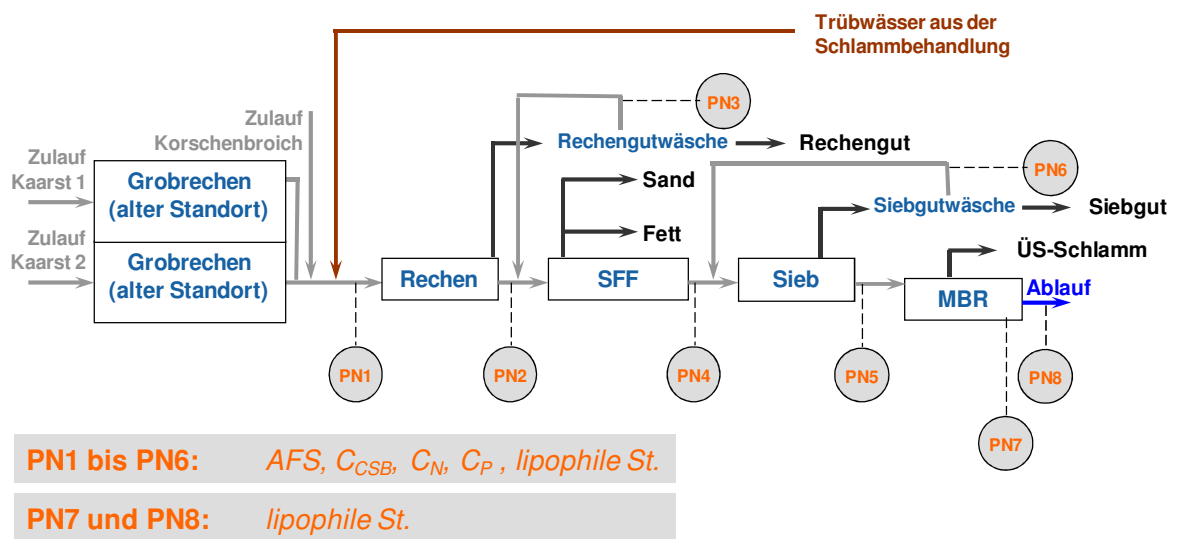


Abbildung 13: GWK Nordkanal - Analytik in der flüssigen Phase

Die Probenahme erstreckt sich über 8 Stunden während der Tagesschicht. Um die unterschiedlichen Tagesspitzen zu erfassen, wird der 8 Std.-Probenahmezeitraum in drei Probenahmeintervalle (8 Uhr bis 10 Uhr; 10 Uhr bis 14 Uhr; 14 Uhr bis 16 Uhr) aufgeteilt. Dem Zeitkorridor von 10 Uhr bis 14 Uhr galt besondere Aufmerksamkeit, da v.a. zu diesen Zeiten massive Belastungen im Bereich vor der Siebstufe, die zum „Anspringen“ des Not-siebes führten, beobachtet worden waren.

Abbildung 14 zeigt die Probenahmestellen hinsichtlich der Beprobung der festen Phase. An der Probenahmestelle PN E werden nur die schwerflüchtigen, lipophilen Stoffe gemessen.

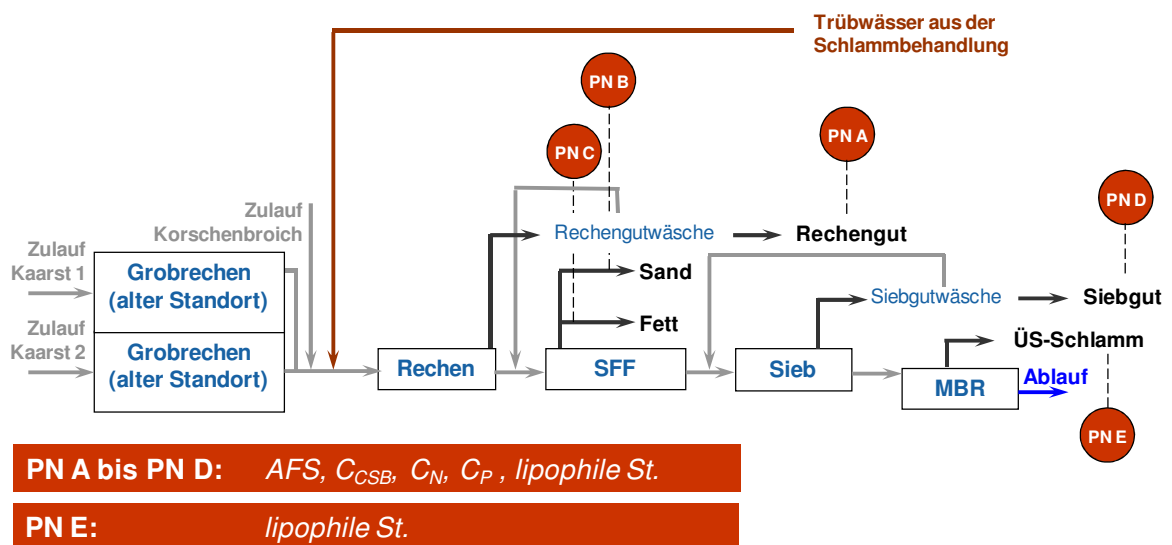


Abbildung 14: GWK Nordkanal - Analytik in der festen Phase

Die Messphase zur Status quo - Ermittlung wurde im Zeitraum vom 27. Juni 2008 bis Freitag, den 17. Juli 2008 durchgeführt.

5.3 Ergebnisse

5.3.1 Zulaufwassermenge

In Abbildung 15 sind die Tageszulaufwassermengen für das GWK Nordkanal im zeitlichen Umfeld der Messphase dargestellt. Von den hervorgehobenen 10 Messtagen herrschten an 6 Tagen Trockenwetterbedingungen, während es sich bei den verbleibenden 4 Tagen um Misch- und Regenwetterbedingungen handelte.

Entsprechend sind im Weiteren Auswertungen vorgenommen worden für

- ➔ alle Messtage
- ➔ Trockenwettertage
- ➔ Regenwettertage

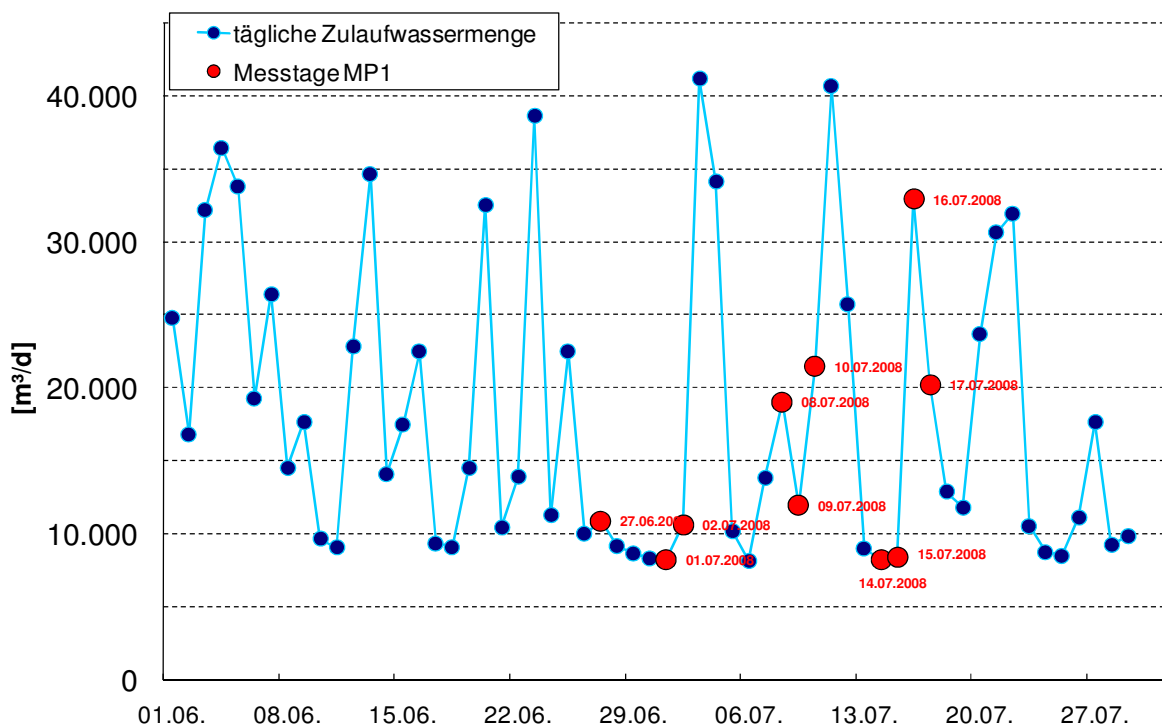


Abbildung 15: Zulaufwassermengen GWK Nordkanal Juni/Juli 2008

5.3.2 Längsprofile der stofflichen Leistungsfähigkeit (alle Messtage)

In der Abbildung 16 und der Abbildung 18 sind für die Parameter CSB, AFS (gesamt und größenfraktioniert), TN_b, P_{GES}, lipophile Stoffe (gesamt, emulgiert, nicht emulgiert) die gemessenen 8-Std.-Frachten dargestellt. Es handelt sich dabei um den Mittelwert aller Messtage.

In der Abbildung 17 und der Abbildung 19 folgen die zugehörigen Eliminationsraten der einzelnen MAV-Stufen Rechen, SFF und Sieb. Die Eliminationsraten basieren auf den Frachtmittelwerten aller Messtage (Abbildung 16 und Abbildung 18).

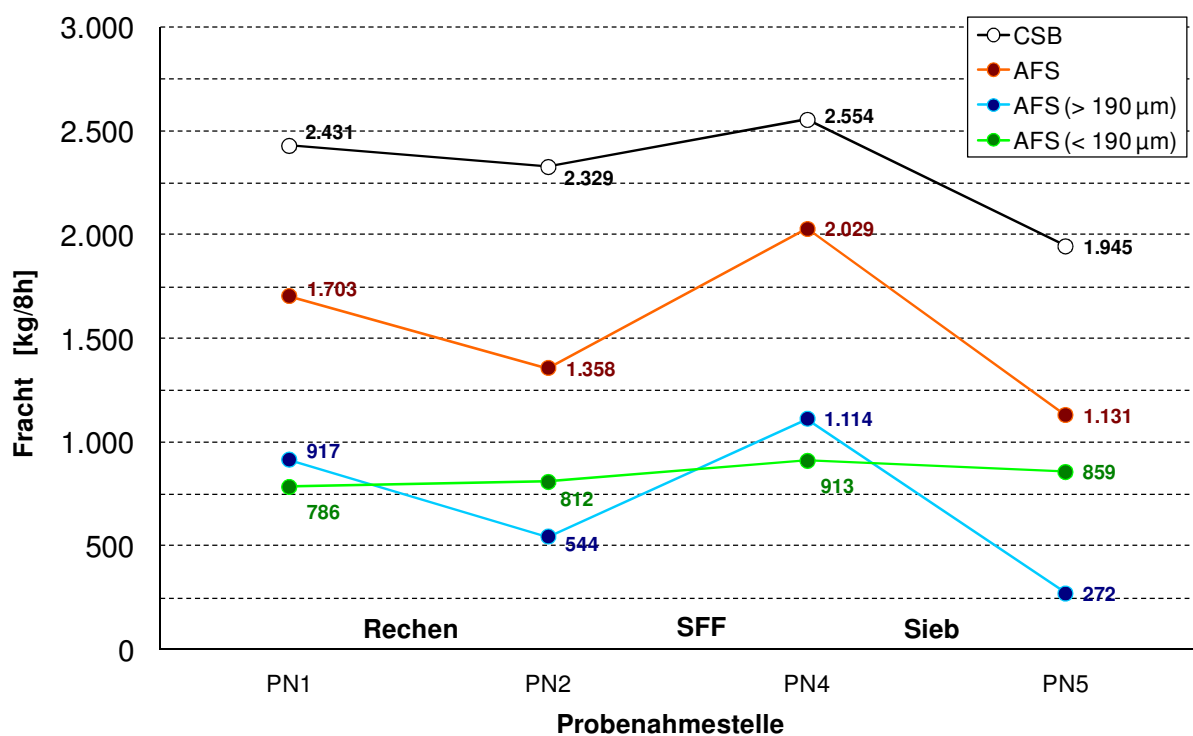


Abbildung 16: Längsprofile CSB und AFS (alle Messtage)

Bereits der Blick auf Abbildung 16 offenbart einen, wenn auch unerwarteten, Kernaspekt, dessen Untersuchung dieses Projekt durchzieht. Hinter dem SFF werden höhere Konzentrationen und dementsprechend höhere Frachten gemessen als vor dem SFF. Das bezieht sich in erster Linie auf die Parameter AFS und CSB.

Der stärkste Anstieg ist für die AFS-Fraktion (> 190 µm) zu verzeichnen, hier kommt es beinahe zu einer Verdopplung. Zu erwarten gewesen wäre statt dessen eine geringfügige Verminderung dieser AFS-Fraktion, der ja die Fraktion der mineralischen Feststoffe (> 0,2 mm), auf deren Entnahme durch einen belüfteten SFF abgezielt wird, zuzurechnen ist. In den späteren Messphasen 6 bis 8 wurde neben der Größendifferenzierung auch eine Differenzierung nach organischen und mineralischen Feststoffanteilen durchgeführt.

Daraus ergibt sich, dass die genannte Zielfraktion auf dem GWK Nordkanal einen sehr geringen Anteil von lediglich 5% bis 6% bezogen auf die dem SFF zulaufenden Gesamtfeststoffe aufweist.

Der Zuwachs der AFS-Fraktion (< 190 µm) ist mit 12,5% deutlich geringer. Theoretisch wäre zu erwarten gewesen, dass diese Fraktion durch den SFF nicht verändert wird, evtl. geringfügig reduziert wird.

Dass infolge der AFS-Zunahme gleichzeitig auch der CSB ansteigt, ist verständlich.

Gegenüber den Messdaten um den SFF zeigen die Ergebnisse für die Rechen und die Siebe sehr hohe Entnahmeleistungen. Insbesondere die Siebstufe erzielt mit 44,3% Entnahmeleistung bezogen auf die Gesamtfeststoffe eine im Vergleich zu andernorts durchgeführten Untersuchungen mit Sieben vergleichbarer Charakteristik eine enorm hohe Effektivität. Dies muss jedoch auch vor dem Hintergrund der oben bereits geschilderten SFF-Problematik betrachtet werden. Zusätzliche Aspekte der Probenahme tangieren zudem dieses Ergebnis. Daher wurde zu diesem Bereich eine separate Messphase (Messphase 5) durchgeführt, auf die an dieser Stelle verwiesen wird (Kap. 10).

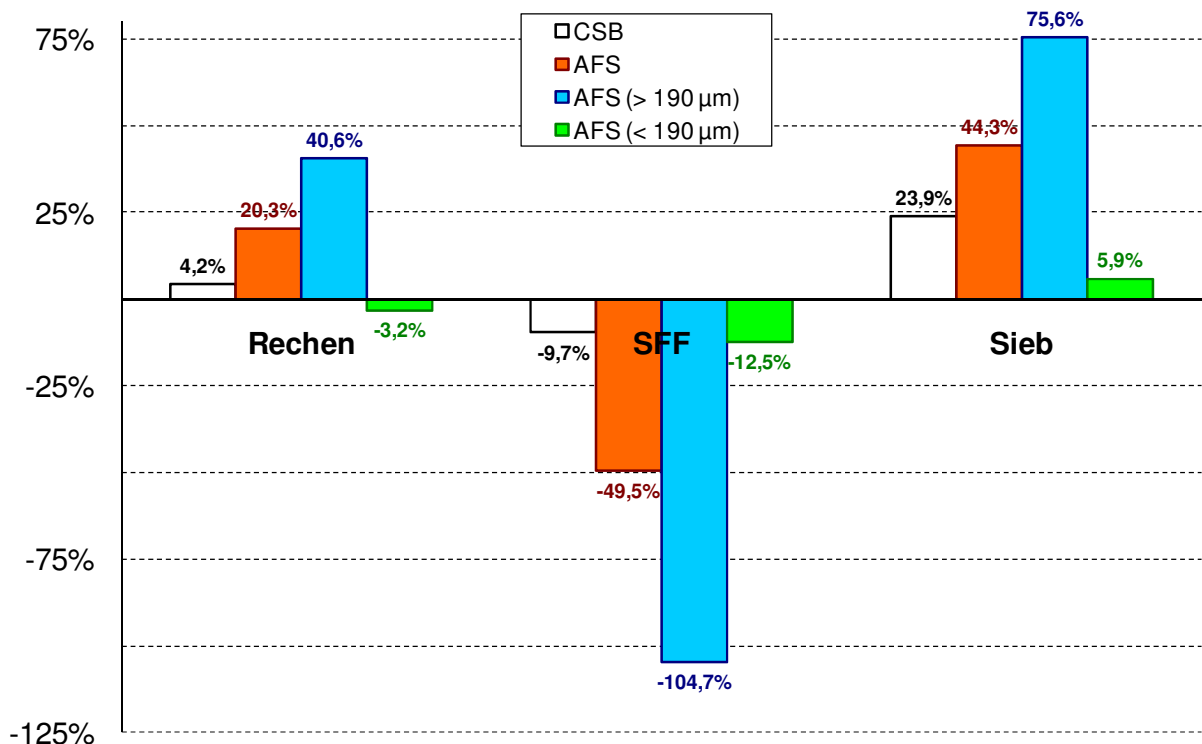


Abbildung 17: Eliminationsraten CSB und AFS (alle Messtage)

Erftrverband: Optimierung mechanischer Abwasservorreinigung (Abschlussbericht)

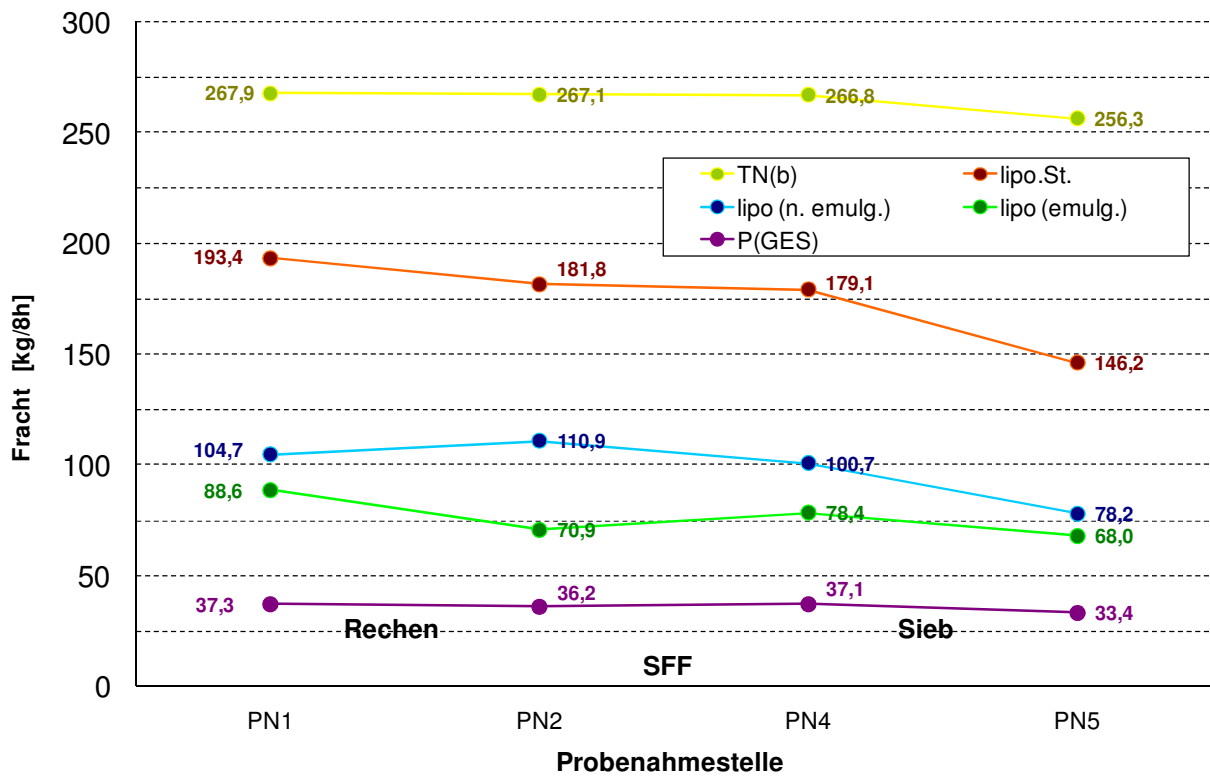


Abbildung 18: Längsprofile N, P, lipophile Stoffe (alle Messtage)

Gesamtfette bleiben im Bereich des SFF weitgehend unverändert, die Fraktionsanteile der emulgierten und der nicht emulgierten Fette verschieben sich. Die höchste Entnahmeleistung bezüglich der Fette zeigt die Siebstufe.

TN_b und P_{GES} bleiben unverändert. Für TN_b ist das zu erwarten, da TN_b im Zulaufbereich einer Kläranlage fast ausschließlich aus gelösten Anteilen besteht. Für P_{GES} ist dieses Messergebnis insofern erstaunlich, da Phosphatanteile sowohl in partikulären Verbindungen als auch als ortho-Phosphat in gelösten Verbindungen vorliegen können.

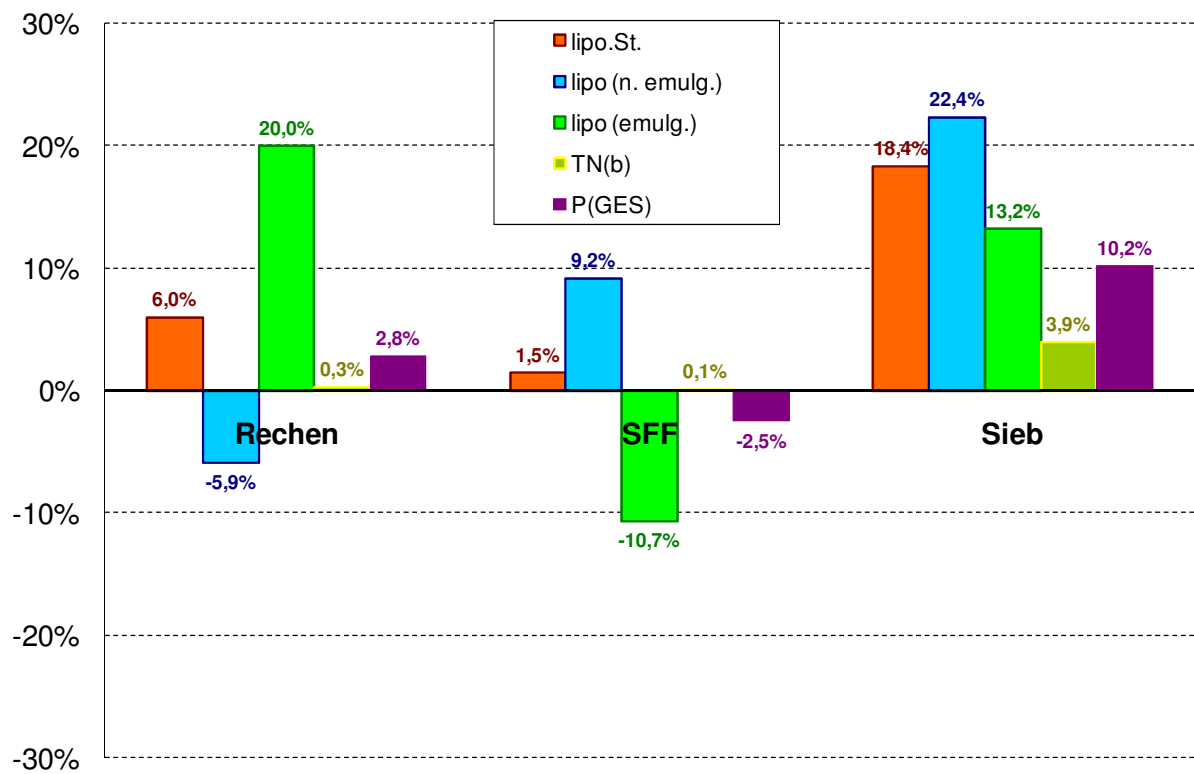


Abbildung 19: Eliminationsraten N, P, lipophile Stoffe (alle Messtage)

Abbildung 20 zeigt die Eliminationsraten der gesamten, dreistufigen MAV für alle untersuchten Parameter. Abbildung 21 zeigt den Vergleich der in dieser Status-Quo-Messphase erreichten Eliminationsraten zu den Literaturempfehlungen des DWA-Arbeitsblattes-A 131 für den Betrieb einer MAV ohne Siebstufe, dafür aber mit einer Vorklärstufe und unterschiedlichen Aufenthaltszeiten in der Vorklärung.

Die Eliminationsraten liegen alle unterhalb der Vergleichswerte nach ATV-DVWK-A 131 (2000). Am deutlichsten ist dies beim Parameter AFS der Fall, etwas weniger groß ist der Unterschied beim CSB. Beeinflusst werden diese Daten sicherlich durch die noch ungeklärten betrieblichen Randbedingungen um den SFF herum. Sehr plastisch wird dieser Sachverhalt, wenn man bedenkt, dass die AFS-Entnahmeleistung der gesamten MAV mit 34% ermittelt wird, aber bereits vorher konstatiert wurde, dass die Siebstufe eine enorm hohe Entnahmeleistung von über 44% aufwies.

Erfvtverband: Optimierung mechanischer Abwasservorreinigung (Abschlussbericht)

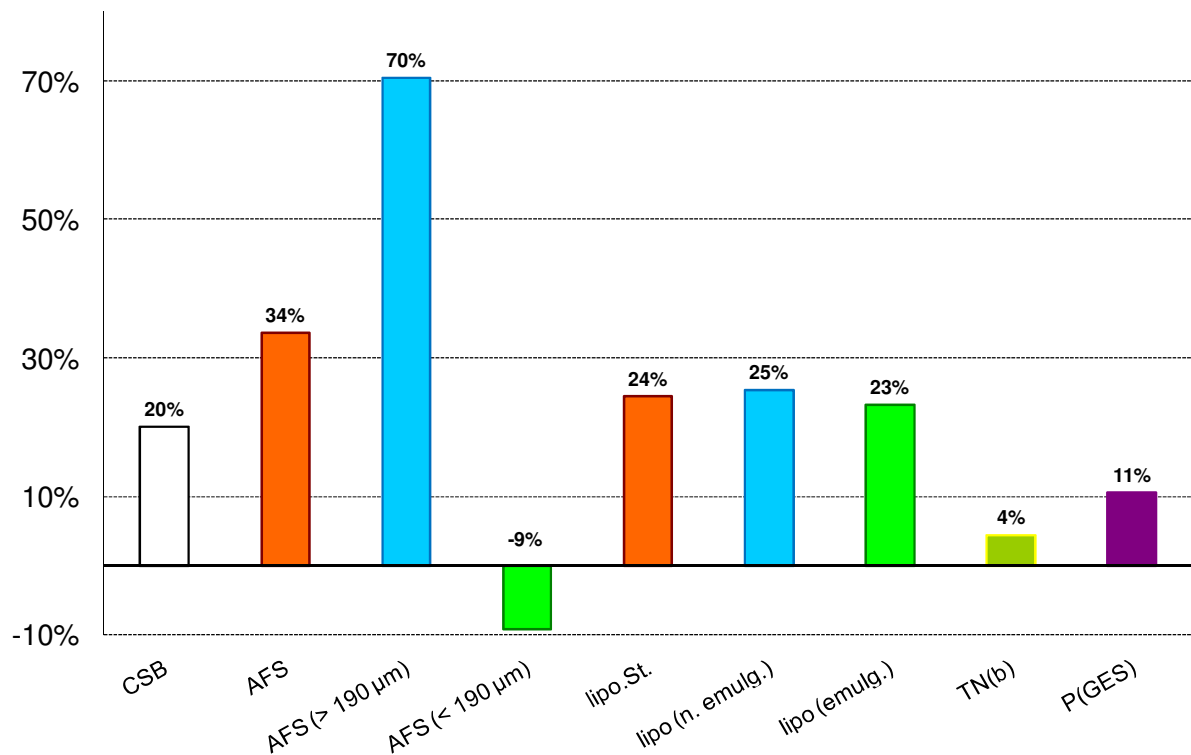


Abbildung 20: Eliminationsraten der gesamten MAV; alle Parameter (alle Messtage)

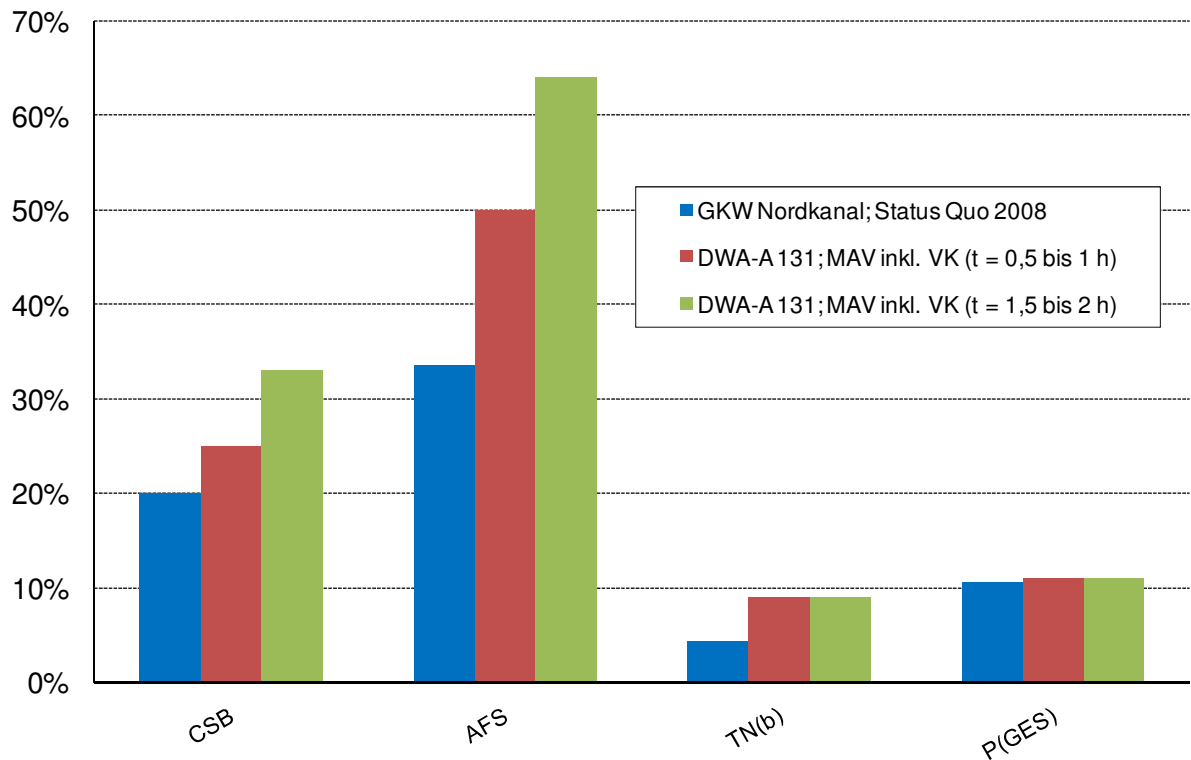


Abbildung 21: MAV-Eliminationsraten im Vergleich zum ATV-DVWK-Arbeitsblatt-A 131 (2000)

5.3.3 Zulaufbelastung – Literaturvergleich (alle Messtage)

Zur Einordnung und Beurteilung der einwohnerspezifischen Zulaufbelastung des GWK Nordkanals wurden die Daten aller Messtage verwendet. Es wurden die 85%-Fraktile ermittelt, analog zu den herangezogenen Vergleichsdaten der DWA-Arbeitsblätter A 131 und A 198. Die Verwendung der ermittelten 85%-Fraktile würde jedoch die aktuellen Frachten insoweit überschätzen, als der untersuchte Zeitraum von 8 Uhr morgens bis 16 Uhr nachmittags erfahrungsgemäß einen relevant größeren Anteil an den täglichen Schmutzfrachten aufweist als lediglich 33,3%. Aus dem Datenmaterial der Messphase 3 (Intensivmessphase über 70 Stunden) wurde daher derjenige Faktor ermittelt, der den erhöhten Anteil der Tagesteilfracht zwischen 8 Uhr und 16 Uhr gegenüber der Tagesgesamtfracht beschreibt. Dieser Faktor wurde mit 1,25 ermittelt. Danach ergibt sich der in Abbildung 22 dargestellte Vergleich.

Fazit: Für die untersuchten Parameter liegen die einwohnerspezifischen Belastungen teilweise deutlich unterhalb der Literaturdaten (CSB, lipophile Stoffe, P_{GES}), teilweise auf einem vergleichbaren Niveau (AFS, TN_b).

Die in Kap. 1 beschriebenen Betriebsprobleme im Bereich der Siebung sind keinesfalls auf eine stoffliche oder hydraulische Überlastung der Kläranlage zurückzuführen.

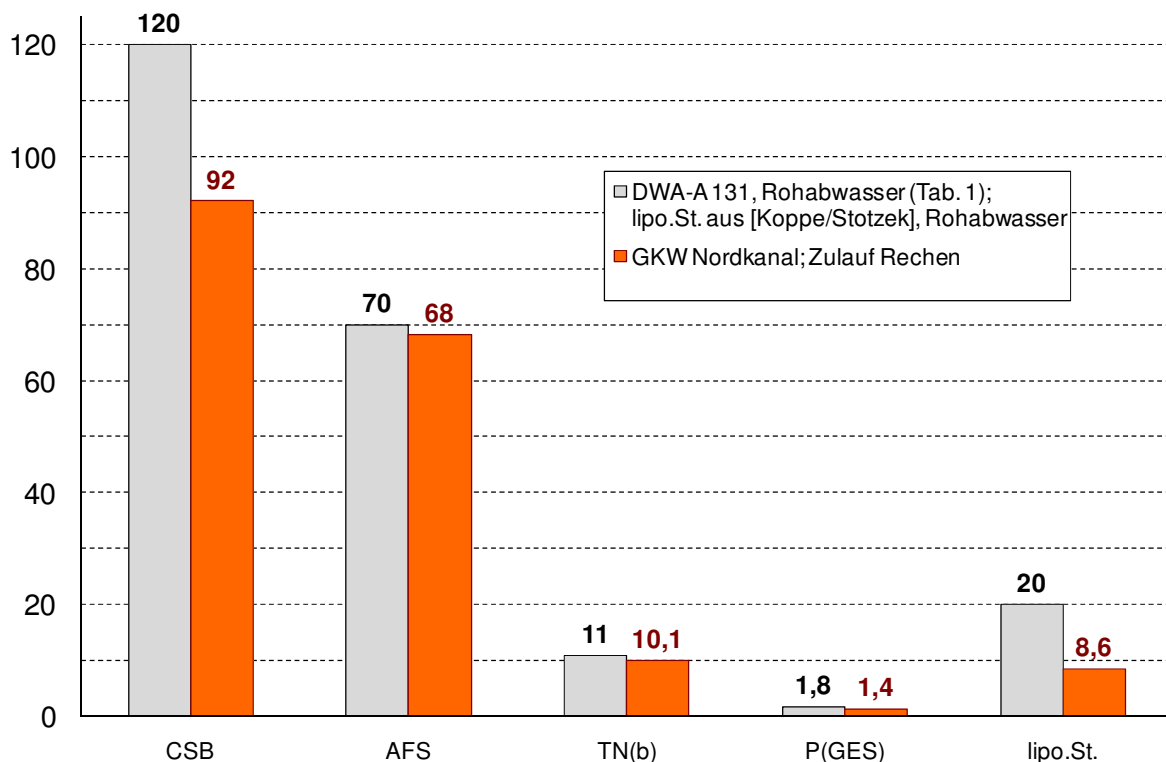


Abbildung 22: Zulaufbelastung GWK Nordkanal – Vergleich mit Literaturdaten

5.3.4 Längsprofile der stofflichen Leistungsfähigkeit (Trockenwettertage)

In der Abbildung 23 und der Abbildung 25 sind für die bereits genannten Parameter die gemessenen 8-Std.-Frachten dargestellt. Es handelt sich dabei um den Mittelwert der Trockenwettertage.

In der Abbildung 24 und der Abbildung 26 folgen die zugehörigen Eliminationsraten der einzelnen MAV-Stufen Rechen, SFF und Sieb. Die Eliminationsraten basieren auf den Frachtmittelwerten der Trockenwettertage (Abbildung 23 und Abbildung 25).

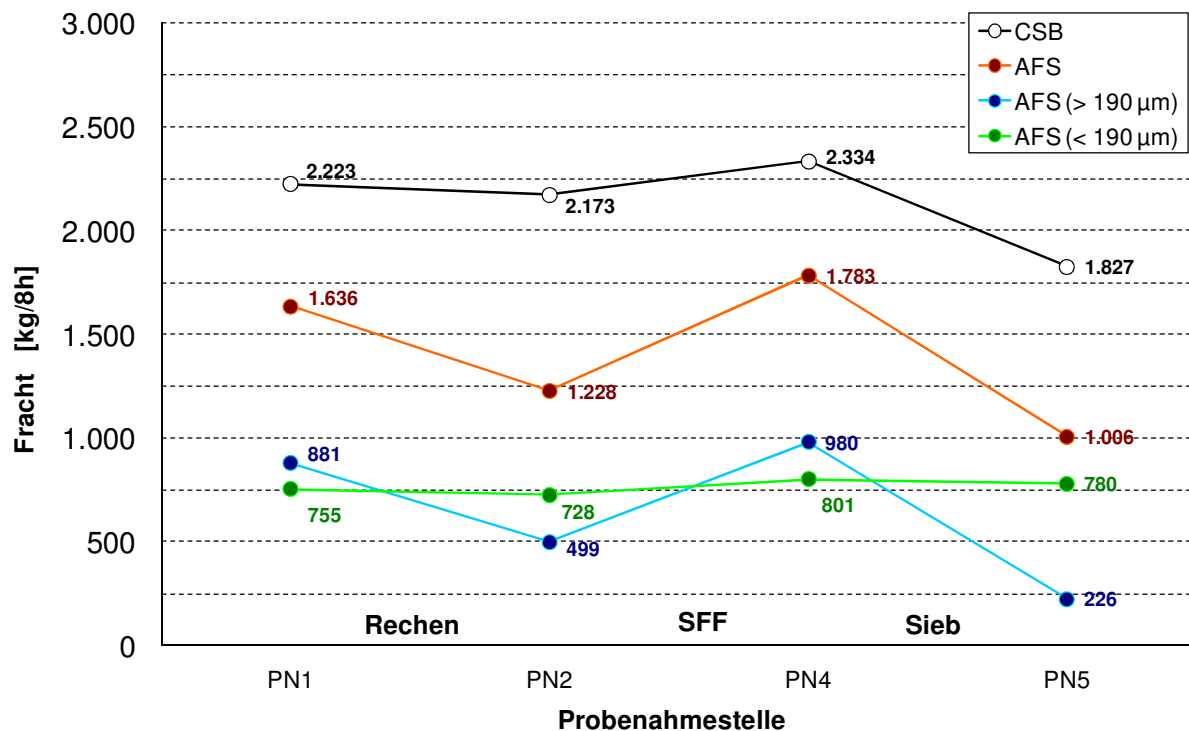


Abbildung 23: Längsprofile CSB und AFS (Trockenwettertage)

Das bereits gezeichnete Bild ändert sich erwartungsgemäß nicht. Hinter dem SFF werden höhere Konzentrationen und dementsprechend höhere AFS- und CSB-Frachten gemessen als vor dem SFF.

Der stärkste Anstieg ist für die AFS-Fraktion (> 190 µm) zu verzeichnen, hier kommt es zu einer Verdopplung. Der Zuwachs der AFS-Fraktion (< 190 µm) ist mit 10% deutlich geringer. Infolge der AFS-Zunahme steigt gleichzeitig auch der CSB an. Rechen (25%) und Siebe (44%) weisen sehr hohe Entnahmeleistungen auf. Diesbezüglich wird auf Kap. 10 verwiesen.

Erfvtverband: Optimierung mechanischer Abwasservorreinigung (Abschlussbericht)

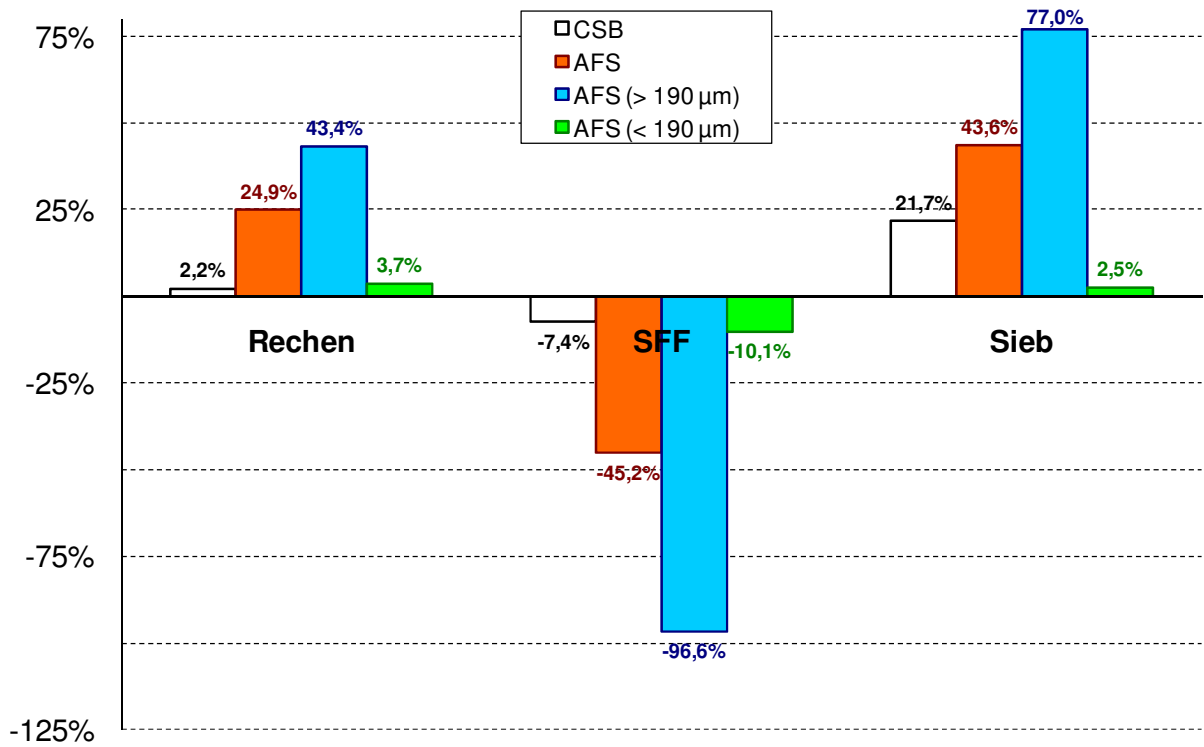


Abbildung 24: Eliminationsraten CSB und AFS (Trockenwettertage)

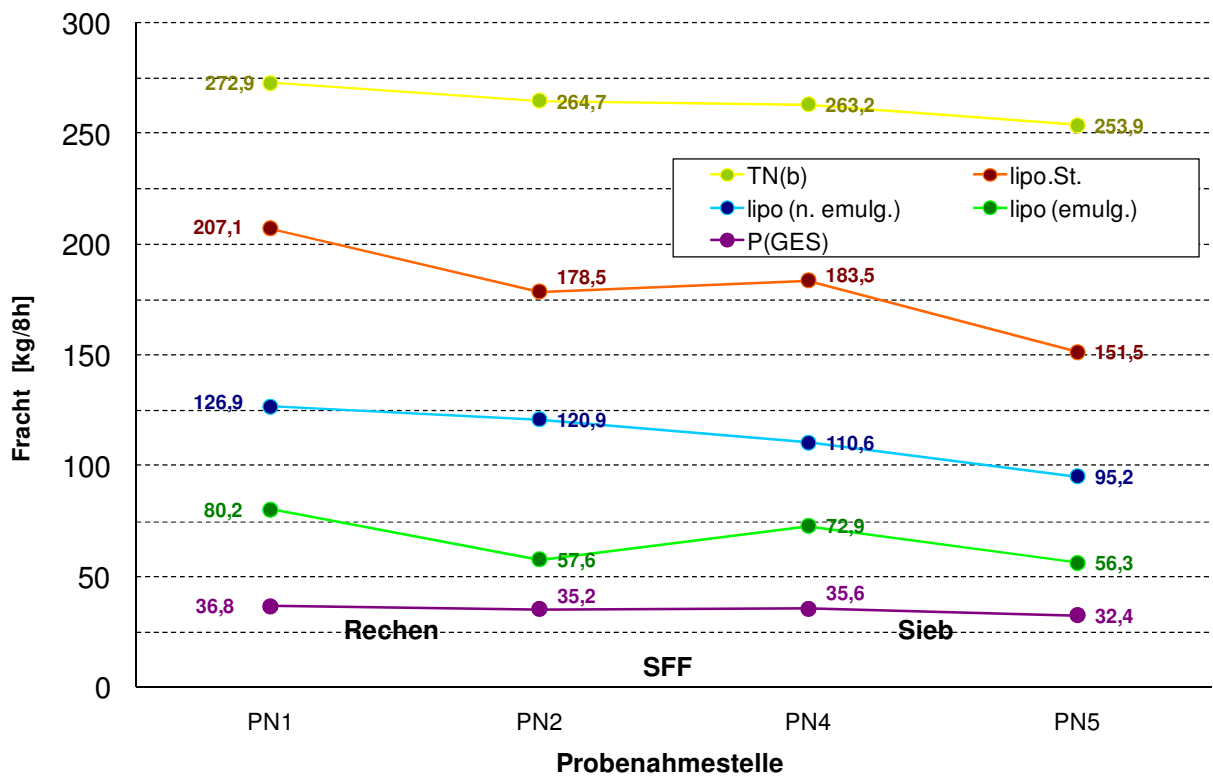


Abbildung 25: Längsprofile N, P, lipophile Stoffe (Trockenwettertage)

Bei den Gesamtfetten ist im Bereich des SFF sogar ein milder Anstieg von 3% zu verzeichnen. die Fraktionsanteile der emulgierten und der nicht emulgierten Fette verschieben sich. Auffällig das hohe Maß (27%), in dem der Anteil emulgierter Fette im SFF zunimmt. Die Rechenstufe und die Siebstufe weisen gleiche Eliminationsleistungen bezüglich der Fette auf.

TN_b und P_{GES} bleiben unverändert. Hier gelten die in Kap. 5.3.2 getroffenen Aussagen.

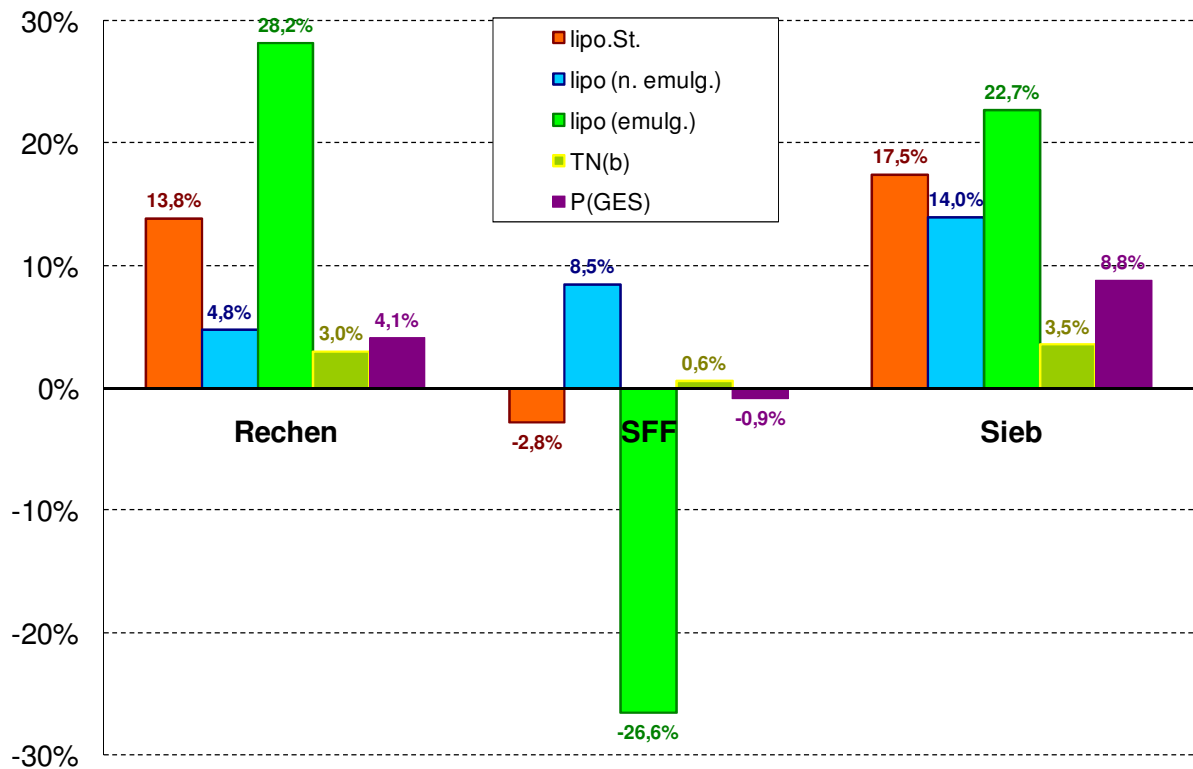


Abbildung 26: Eliminationsraten N, P, lipophile Stoffe (Trockenwettertage)

Abbildung 27 zeigt die Eliminationsraten der gesamten, dreistufigen MAV für alle untersuchten Parameter unter Trockenwetterbedingungen. Abbildung 28 zeigt den Vergleich der in dieser Status-Quo-Messphase unter Trockenwetterbedingungen erreichten Eliminationsraten zu den Literaturempfehlungen des DWA-Arbeitsblattes-A 131 für den Betrieb einer MAV ohne Siebstufe, dafür aber mit einer Vorklärstufe und unterschiedlichen Aufenthaltszeiten in der Vorklärung.

Die Eliminationsraten liegen, außer für P_{GES}, alle unterhalb der Vergleichswerte nach ATV-DVWK-A 131 (2000). Am deutlichsten ist dies beim Parameter AFS der Fall, etwas weniger groß ist der Unterschied beim CSB. Auch hier gelten die in Kap. 5.3.2 getroffenen Aussagen.

Erfvverband: Optimierung mechanischer Abwasservorreinigung (Abschlussbericht)

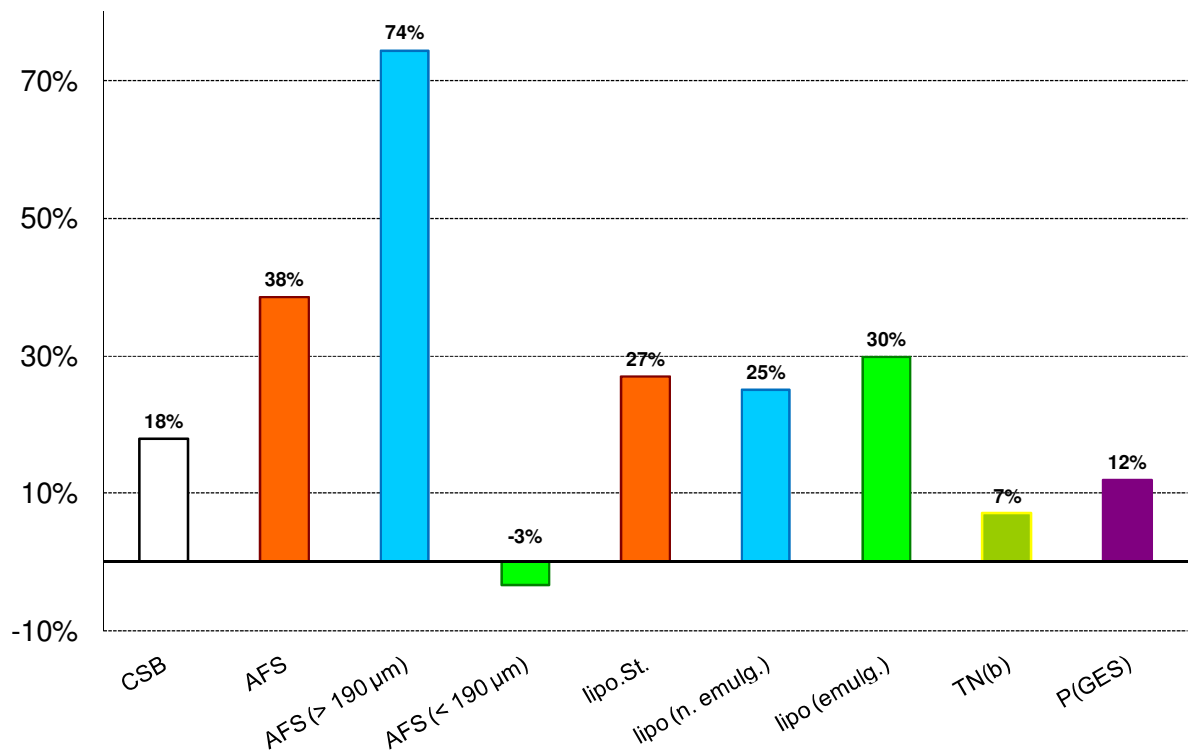


Abbildung 27: Eliminationsraten der gesamten MAV; alle Parameter (Trockenwettertage)

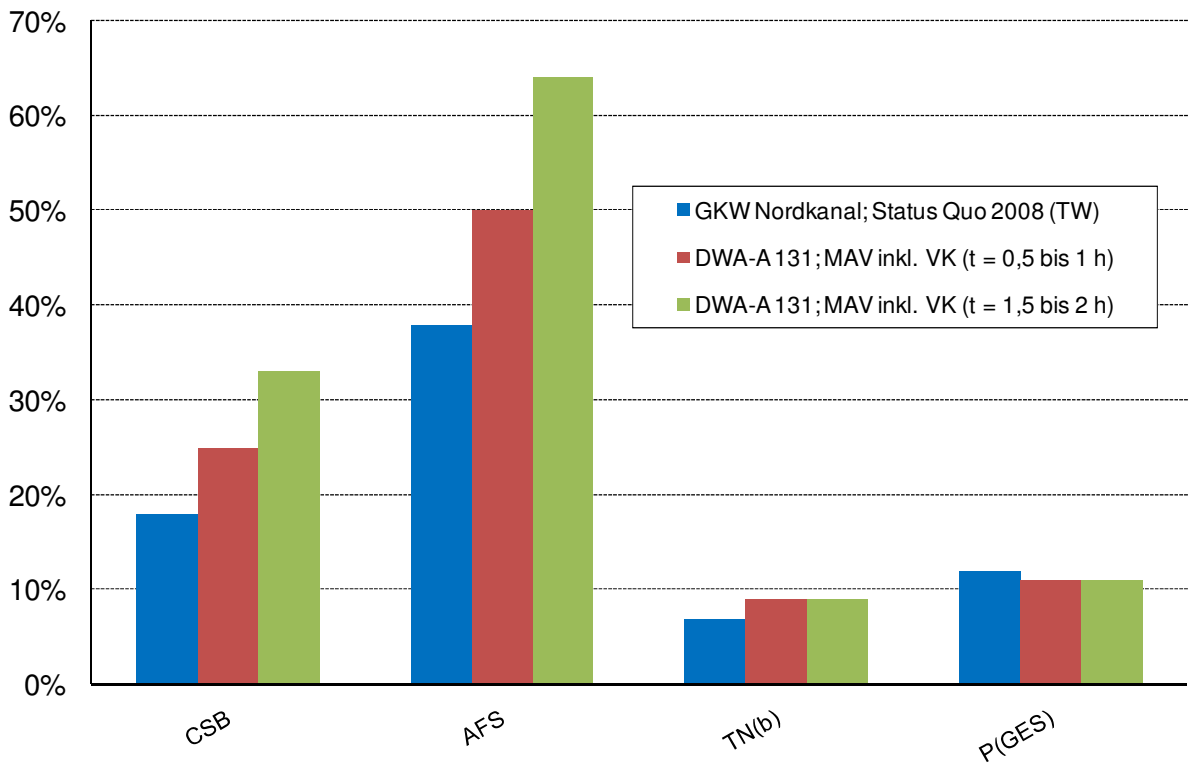


Abbildung 28: MAV-Eliminationsraten (bei TW) im Vergleich zum ATV-DVWK-Arbeitsblatt-A 131 (2000)

5.3.5 Längsprofile der stofflichen Leistungsfähigkeit (Regenwettertage)

In der Abbildung 29 und der Abbildung 31 sind für die bereits genannten Parameter die gemessenen 8-Std.-Frachten dargestellt. Es handelt sich dabei um den Mittelwert der Regenwettertage.

In der Abbildung 30 und der Abbildung 32 folgen die zugehörigen Eliminationsraten der einzelnen MAV-Stufen Rechen, SFF und Sieb. Die Eliminationsraten basieren auf den Frachtmittelwerten der Regenwettertage (Abbildung 29 und Abbildung 31).

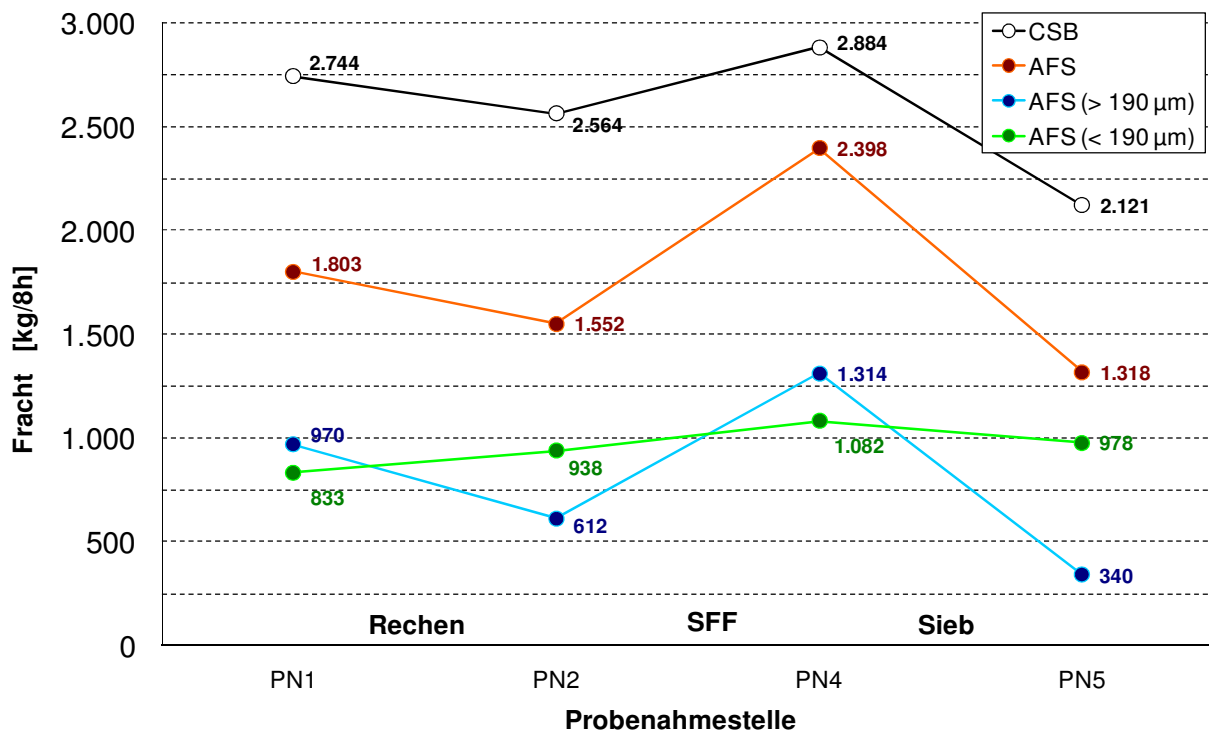


Abbildung 29: Längsprofile CSB und AFS (Regenwettertage)

Unter Regenwetterbedingungen stellen sich die Verhältnisse um zunehmende AFS-Frachten hinter dem SFF noch extremer dar. Für die AFS-Fraktion (> 190 µm) ist ein Zuwachs oberhalb einer Verdopplung zu verzeichnen. Der Zuwachs der AFS-Fraktion (< 190 µm) ist mit 15% deutlich geringer. Infolge der AFS-Zunahme steigt gleichzeitig auch der CSB an. Die Entnahmeleistung des Rechens wurde mit 14% geringer gemessen als unter Trockenwetterbedingungen ermittelt, die Entnahmeleistung der Siebe verbleibt auch unter Regenwetterbedingungen auf einem sehr hohen Niveau von 45%. Diesbezüglich wird jedoch auf Kap. 10 verwiesen.

Erfvverband: Optimierung mechanischer Abwasservorreinigung (Abschlussbericht)

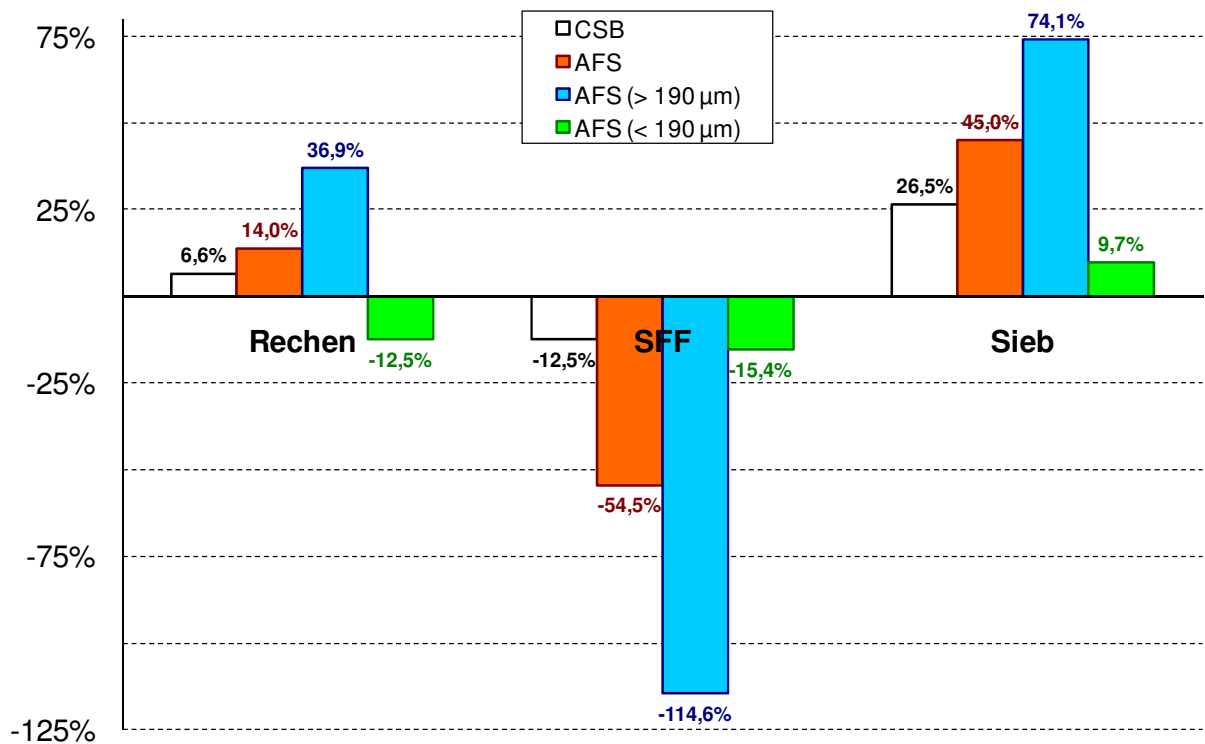


Abbildung 30: Eliminationsraten CSB und AFS (Regenwettertage)

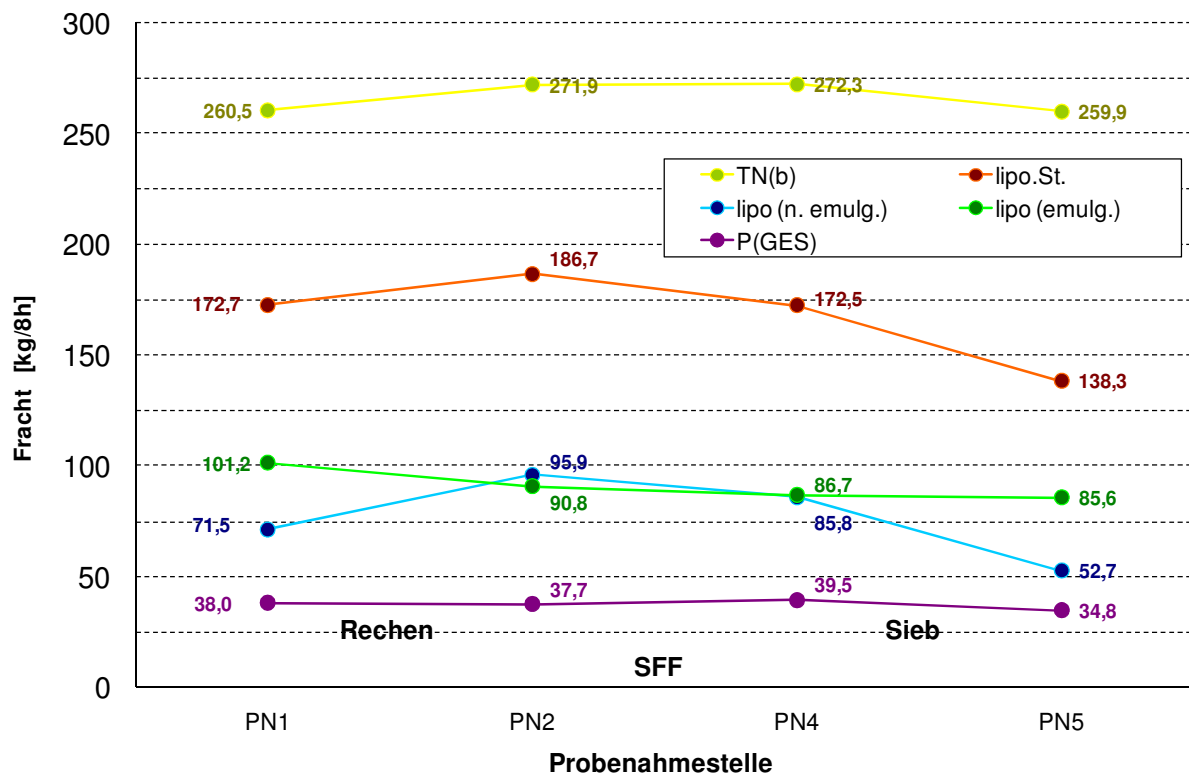


Abbildung 31: Längsprofile N, P, lipophile Stoffe (Regenwettertage)

Unter Regenwetterbedingungen ist im Bereich des Rechens ein Zuwachs an Fetten von 8% zu verzeichnen. Es ist davon auszugehen, dass unter den turbulenten hydraulischen Bedingungen emulgierte Fettanteile deemulgieren und somit einen Zuwachs an nicht emulgierten Fettanteilen bewirken, die durch den Rechen aber nicht entnommen werden. Mit dieser Vermutung korrespondiert auch die Reduzierung der emulgierten Fette.

Im SFF werden Gesamtfette in der Größenordnung von 8% entnommen, daran sind beide Fettfraktionen beteiligt. Den größten Fettrückhalt (20%) bewirken anschließend die Siebe. Nicht emulgierte Fette werden zu 40% reduziert, emulgierte Fette passieren die Siebstufe. Im Vergleich zu den vorherigen Kap. 5.3.2 und 5.3.4 werden unter Regenwetterbedingungen die besten Fettentnahmeleistungen erzielt. Erklärung dafür kann die wegen der erhöhten Wassermengen erhöhte Fließgeschwindigkeit im SFF sein. Diese beeinflusst erhöhend die durch den Lufteintrag induzierte Walzenströmung. Gemäß Botsch (2010) wird ein solcher Effekt als positiv für den Abscheidegrad des Fettes angenommen.

TN_b bleibt unverändert, während P_{GES} um ca. 10% abnimmt.

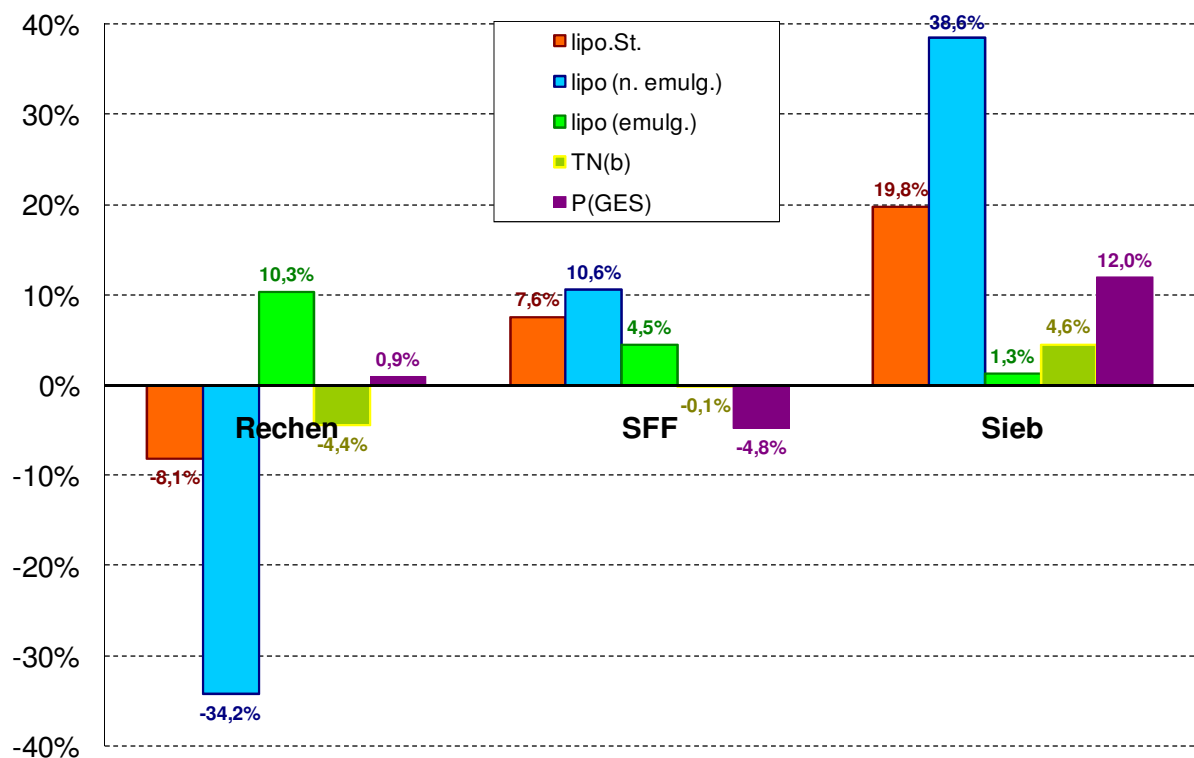


Abbildung 32: Eliminationsraten N, P, lipophile Stoffe (Regenwettertage)

Abbildung 33 zeigt die Eliminationsraten der gesamten, dreistufigen MAV für alle untersuchten Parameter unter Regenwetterbedingungen.

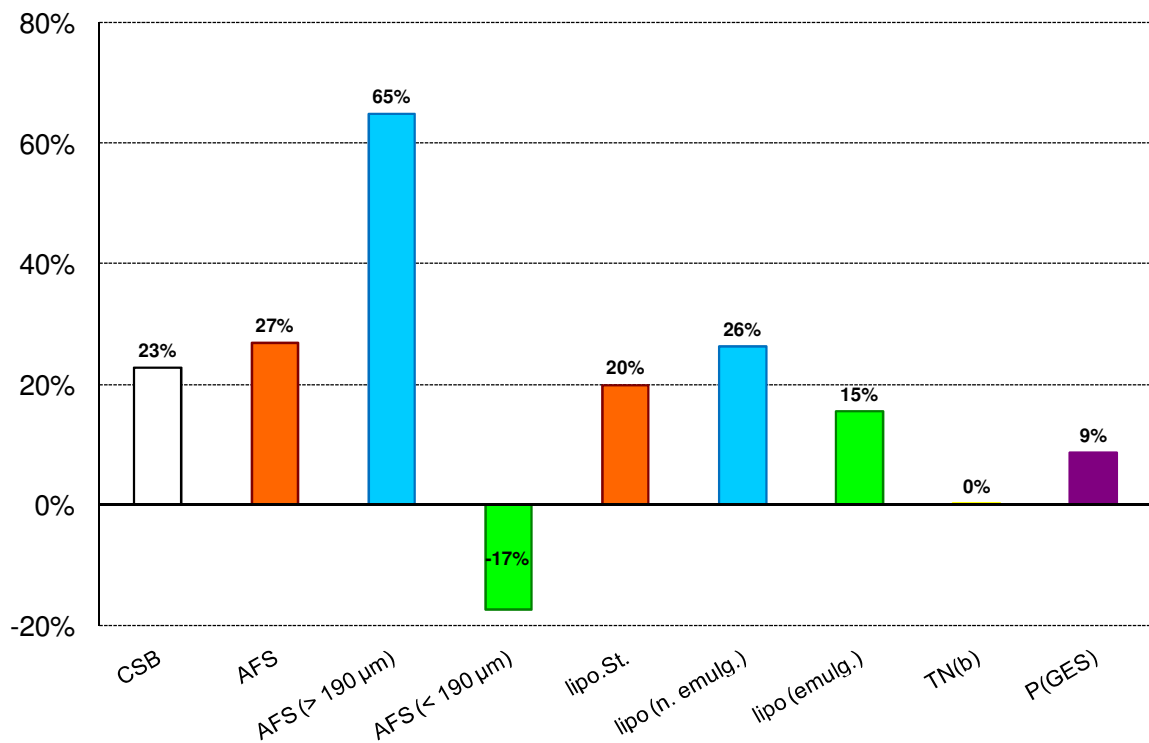


Abbildung 33: Eliminationsraten der gesamten MAV; alle Parameter (Regenwettertage)

Die Eliminationsraten sind bei Regenwetter geringer als bei Trockenwetter. Auffällig ist der Zuwachs an feinkörnigen Feststoffen. Dies betrifft in erster Linie den Rechen und die SFF-Stufe (Abbildung 30). Vermutet werden kann, dass durch die mit Regenwetterzufluß einhergehenden hydraulischen Turbulenzen gröbere Feststoffe zerkleinert werden und damit den Anteil dieser Feststofffraktion entsprechend vergrößern.

In Abbildung 34 sind abschließend die ermittelten prozentualen Eliminationsraten, die sich aus den durchgeführten Auswertungen getrennt nach Trockenwetter (Kap. 5.3.4), Regenwetter (Kap. 5.3.5) und allen Tagen (Kap. 5.3.2) ergeben haben, zusammen gestellt.

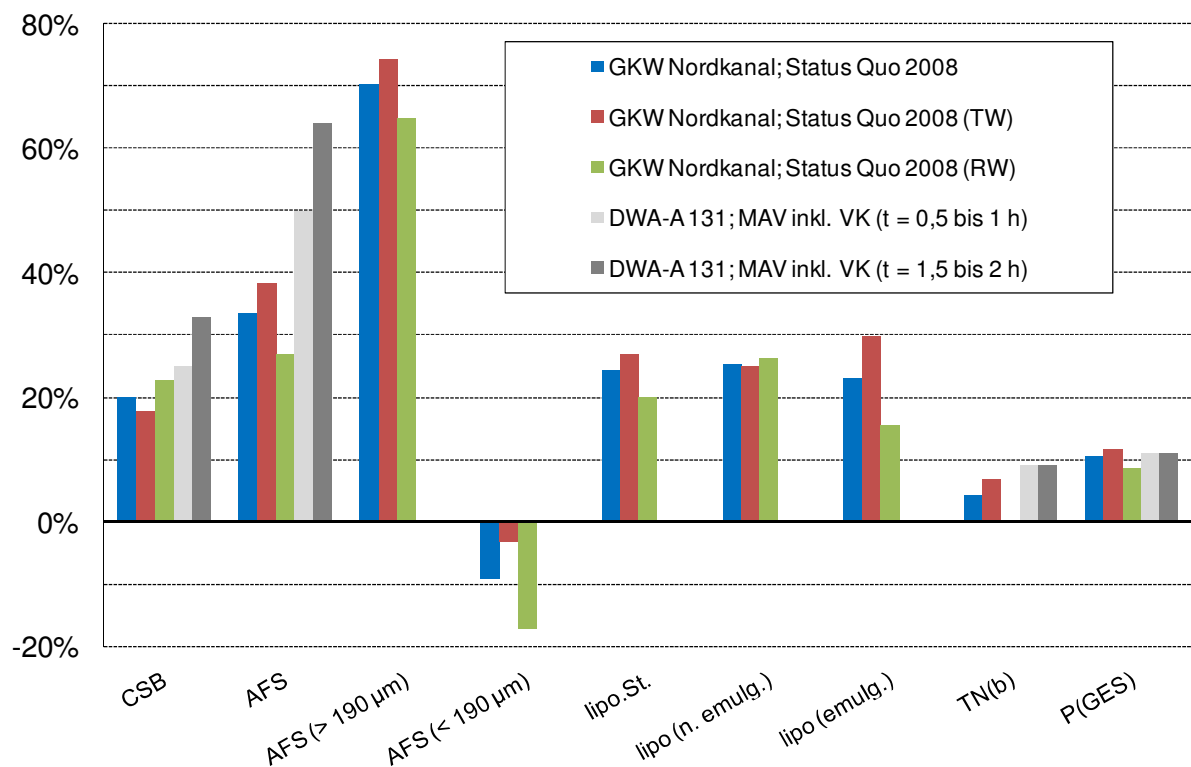


Abbildung 34: Vergleich der Eliminationsraten der gesamten MAV; alle Parameter (Gesamt, Trockenwetter, Regenwettertage)

Bezüglich der Werte des ATV-DVWK-A 131 (2000) liegen die in der Messphase 1 ermittelten Eliminationsraten bezüglich CSB, AFS und TN_b alle unterhalb des Vergleichsniveaus. Für den Parameter P_{GES} liegen sie auf dem gleichen Niveau.

Interessant ist ein Blick auf die Fettfraktionen. Fette wurden entnommen in der Größenordnung von 20% bis 25% je nach klimatischen Verhältnissen. Unter Trockenwetterverhältnissen ist dies nur auf die Entnahmeeleistungen des Rechens und der Siebstufe zurückzuführen. Der Fettfang hatte daran keinen Anteil. Nur unter Regenwetterbedingungen konnte am SFF eine Fettentnahme gemessen werden. Den größeren Anteil der Fettentnahme leistete jedoch die Siebstufe.

Insofern haben auch diese Ergebnisse der Messphase 1 auf dem GKW Nordkanal unbefriedigende Entnahmeeleistungen bezüglich der Gesamtfette offenbart, insbesondere an der speziell dafür in Betrieb befindlichen Verfahrensstufe, dem Sand- und Fettfang. Dies deckt sich jedoch mit den wenigen Publikationen, die es zu diesem Thema gibt, bspw. Botsch (2010).

5.3.6 Analysedaten der Presswässer

Tabelle 4 zeigt die Messergebnisse der zurückgeführten Presswässer der Rechenstufe und der Siebstufe. Das Presswasser des Rechengutes wird vor dem SFF eingeleitet, das Presswasser der Siebstufe wird vor den Sieben eingeleitet.

Tabelle 4: Statistische Analysedaten zu den Presswässern des Rechengutes und des Siebgutes (GKW Nordkanal)

Stat. Parameter	Einheit	Presswasser Rechen				
		AFS	CSB	lipophile St.	TN(b)	P _{GES}
Anzahl		28	28	28	28	28
Min	mg/l	4.737	4.359	370	96	20,2
Mittelwert	mg/l	14.102	6.583	994	163	45,0
Stdabw	---	50%	18%	92%	27%	36%
Max	mg/l	28.202	8.000	3.537	255	82,4
		Presswasser Sieb				
Anzahl		28	28	28	28	28
Min	mg/l	163	193	8,6	9,3	1,3
Mittelwert	mg/l	502	489	27,0	14,5	3,0
Stdabw	---	49%	59%	49%	38%	47%
Max	mg/l	892	1.096	54,9	27,6	5,8

5.3.7 Analysedaten der Feststoffproben

Tabelle 5 zeigt die Messergebnisse der Feststoffbeprobungen der zu entsorgenden Stoffe. Das Siebgut wird gegenwärtig nicht entsorgt, sondern in den Überschussschlammeindicker gepumpt und somit auf den Schlammbehandlungspfad bestehend aus Eindickung und Entwässerung (Zentrifuge) gegeben (Kap. 5.3.9).

Tabelle 5: Statistische Analysedaten zu den Feststoffproben (GKW Nordkanal)

Stat. Parameter	Rechengut					
	TR g/l	oTR	CSB mg/gTR	lipophile St. mg/gTR	TN(b) mg/gTR	P _{GES} mg/gTR
Anzahl	10		10	10	10	10
Min	416		1.122	26,1	1,2	7,5
Mittelwert	486		1.250	71,4	2,3	11,5
Stdabw	13%		11%	104%	65%	28%
Max	635		1.597	268,0	6,5	18,6
	Sandfanggut					
Anzahl	10	4	10	10	10	10
Min	464	39,1%	432	24,6	7,0	3,5
Mittelwert	506	43,6%	613	43,3	10,0	4,4
Stdabw	6%	10%	16%	24%	18%	18%
Max	555	50,4%	809	61,6	12,1	5,5
	Fettgut					
Anzahl	10	10	10	10	10	10
Min	83	79,4%	1.183	99	7,5	1,5
Mittelwert	144	85,6%	1.640	261	13,6	4,1
Stdabw	49%	6%	19%	41%	36%	63%
Max	315	93,4%	2.261	451	21,1	9,9
	Siebgut					
Anzahl	10		10	10	10	10
Min	125		1.087	20,9	10,0	2,0
Mittelwert	158		1.172	48,1	11,9	2,9
Stdabw	9%		5%	25%	8%	25%
Max	176		1.266	68,1	12,9	4,6
	Überschussschlamm					
Anzahl			9	9	9	9
Min			670	11,5	33,9	22,7
Mittelwert			710	15,6	36,5	24,0
Stdabw			4%	17%	3%	4%
Max			748	19,6	37,6	25,4

Einige Anmerkungen zu den Feststoffanalysen:

- ➔ Die Fragestellung, inwieweit durch eine entsprechende Leistungsfähigkeit die vielfach ausgeführten seitlichen Fettfangsysteme grundsätzlich ihren Einsatz rechtfertigen, wurde bereits diskutiert. Die erhobenen Daten belegen eine eher mäßige Entnahmeleistung des Fettfangs. Es fällt auf, dass der Fettgehalt im Mittel nur 26% an dem gewonnenen „Fettgut“ enthält. Mehrheitlich handelt es sich demnach um andere organische Materialien.
- ➔ Die oTR-Messungen im Sandfanggut ergaben Werte, die eine Deponierung nicht erlauben. Gemäß DepV ist ein organischer Feststoffanteil von max. 5% verlangt. Dieser Wert wird deutlich verfehlt. Die zu Grunde liegenden Proben wurden aus dem Abwurfcontainer hinter dem Sandwaschklassierer entnommen.

5.3.8 Behandlung des Sandfanggutes

Speziell die Tatsache, dass hinter dem Sandwaschklassierer derart hohe, ungenügende oTR-Werte ermittelt wurden, gibt Anlass für einen Blick in die Literatur.

Zum Thema „Sandklassierer“ gibt das ATV-DVWK-Merkblatt M 369 (2003) wie folgt Auskunft, Zitat: *„Das Sandfanggut besteht immer aus einem Gemisch anorganischer und organischer Feststoffe wie z. B. Glas, Speisereste, die in der vorgeschalteten Rechenanlage nicht zurückgehalten werden. Das zur Verwendung/Beseitigung anstehende Sandfanggut ist ein heterogenes Stoffgemisch mit ca. 40% TR, wobei der organische Anteil am TR zwischen 10% bis 50% betragen kann. Nach SCHÜBLER (unveröffentlichte Untersuchungen) beträgt je nach Sandfangsystem und Art der vorgeschalteten Rechenanlage der Fettgehalt im Sandfanggut zwischen 0,2% und 2,5% des TR.“* Zitat Ende.

Beschrieben wird damit eine Sandfanggut-Charakteristik, die das Sandfanggut auf dem GWK Nordkanal in den Untersuchungen der Messphase 1 nach der Behandlung durch den Sandwaschklassierer hatte.

Der ATV-Arbeitsbericht „Sandabscheideanlagen“ (1998) schreibt zur Funktion, Leistungsfähigkeit und zur Bemessung von Sandklassierern, Zitat: *„Sandklassierer stellen Multifunktionsaggregate dar, deren Hauptaufgaben in der Separierung der mineralischen und der organischen Bestandteile der im Sandfang abgeschiedenen Feststoffe sowie der Entwässerung und dem Transport des Sandgutes bestehen. Der Trennung der genannten Stoffgruppen liegen sowohl klassierende (Trennkriterium: Partikelgröße) als auch sortierende (Trennkriterium: Partikeldichte) Effekte zugrunde. Eine vollständige Trennung der mineralischen und der organischen Sandfanggutbestandteile ist aufgrund der Korngrößenverteilung und der Dichteverhältnisse jedoch weder theoretisch noch praktisch möglich. Dies bedeutet, dass nach einem Klassiervorgang die "Sandfraktion" nach wie vor organische Stoffe beinhaltet bzw. die "organische Fraktion" einen entsprechenden Anteil an Sand*

aufweist. Da die "organische Fraktion" mit dem Überlaufwasser in den Klärprozess zurückgeführt wird, gelangt auch ein mehr oder minder großer Teil der zuvor im Sandfang abgeschiedenen mineralischen Substanzen in die Kläranlage zurück. Somit wird durch den Einsatz eines Sandklassierers die Entsandungsleistung stets verschlechtert. Insgesamt bleibt festzuhalten, dass die Trennschärfe von Sandklassierern in der Regel nicht ausreicht, um die im Sandfanggut vorhandenen mineralischen und organischen Bestandteile so weit zu trennen, dass eine Deponierung (GV < 5 %) oder eine baustoffliche Verwertung des mineralischen Anteils möglich ist... Zur Bemessung von Sandklassierern existieren keine allgemein gültigen Regeln... Der Dimensionierung werden häufig eine Trennleistung von > 95% bei einem Korndurchmesser von 0,2 mm und eine Korndichte von 2,65 g/l (Quarzsand) zugrunde gelegt. Hieraus ergibt sich eine maximale Flächenbeschickung von ca. $27 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$. Das Oberflächen-/Volumen-Verhältnis variiert je nach Klassierertyp und Hersteller von 1 bis 2,5, so dass minimale Durchflusszeiten von etwa 60 bis 120 Sekunden zu verzeichnen sind.“ Zitat Ende.

Folgerichtig ist auf dem GWK Nordkanal ein Aggregat in Betrieb, welches Klassierung und Waschung kombiniert, ein Sandwaschklassierer.

Speziell zu Sandwaschanlagen wird in demselben Arbeitsbericht folgendes ausgeführt: Zitat: „Eine wesentlich bessere Reinigung der mineralischen Fraktion ist jedoch mit speziellen Sandwaschanlagen erzielbar... Sandwäscher zeichnen sich durch eine einfache Konstruktion und, im Vergleich zu mehrstufigen Sandwaschanlagen, durch relativ geringe Investitions- und Betriebskosten aus. Sie bestehen in der Regel aus einem Waschbehälter, einer Austragsvorrichtung für den gewaschenen Sand und einem Überlauf für das mit den organischen Feststoffen beladene Waschwasser. Zur Einstellung weitgehend definierter Strömungsverhältnisse werden sowohl Leiteinrichtungen als auch Rührwerke eingesetzt. Durch Zugabe von Waschwasser und/oder Luft werden überwiegend organische Bestandteile aufgeschwemmt und über den Überlauf ausgetragen, während die mineralischen Partikel sedimentieren und am Boden abgezogen werden. Aus Erfahrung (KLINGER/BARTH, 1994; SCHÜßLER, 1995) und den Angaben von Herstellern (BISCHOF, 1994; NOGGERATH, 1994; HUBER, 1995) ist bekannt, dass sich auf diese Weise der Glühverlust im gewaschenen Sand zumeist auf Werte unter 5 % absenken lässt, so dass eine künftige Ablagerung des Materials auf Deponien ermöglicht wird. Es muss jedoch beachtet werden, dass, je mehr organisches Material abgetrennt werden soll, auch umso mehr feiner Sand mit ausgewaschen wird. Eine weitergehende Mineralisierung kann, falls erforderlich, mittels einfacher biologischer Nachbehandlung durch Langzeitlagerung (ca. ein Jahr) erreicht werden... Die Bemessung von ein- bzw. mehrstufigen Sandwäschern erfolgt anhand derselben Ausgangsdaten, welche für die Bemessung von Klassiereinrichtungen herangezogen werden. Über die Feststoffabscheidung hinaus ist es jedoch das Ziel solcher Anlagen, die organischen und mineralischen Bestandteile des Sandfanggutes soweit zu trennen, dass der Glühverlust der mineralischen Fraktion unterhalb von 3% bis 5% liegt.“ Zitat Ende.

Es gibt demnach keine konsistenten Bemessungsansätze weder für Sandklassierer noch für Sandwaschanlagen noch für die verfahrenstechnische Kombination dessen. Die wenigen Literaturkommentare enthalten Hinweise auf physikalische Größen. Es ist jedoch nicht zu erkennen, dass bspw. eine organische Belastung, die im Sandfanggut sicher in weiten Bereichen variieren kann, in Bemessungsansätze einmündet. Wenn gleichwohl Sandwaschanlagen zugestanden wird, das Ziel einer oTR-Reduzierung auf < 5% TR zu erreichen, sagen die Stichprobenergebnisse der Messphase 1 aus, dass dieses Ziel auf dem GWK Nordkanal nicht erreicht wird.

Was hingegen erreicht wird, ist ein hoher Entwässerungsgrad auf einen Mittelwert von 50% TR. Spätere Stichprobenmessungen (Messphase 6) ergaben, dass der AFS-Gehalt des abgepumpten Sandfanggutes im Zulauf zum Sandwaschklassierer unterhalb von 2 g/l liegt.

5.3.9 Fazit

Im Ergebnis der Messungen zur Ermittlung des Status Quo der MAV auf dem GWK Nordkanal blieb die Frage offen, worin die Frachtzunahme hinter dem SFF bezogen auf AFS und CSB begründet ist. Eine Vermutung bestand darin, dass ein Einflussfaktor in der begrenzten täglichen Probenahmezeit von 8 Uhr bis 16 Uhr zusehen ist und dass sich bei Betrachtung kompletter Tage über 24 Stunden das Bild anders darstellen würde. Damit einher geht die Annahme, dass bei zuflussschwachen Zeiten des Nachts Feststoffe im SFF akkumulieren können und in den frühen bis vormittäglichen Tagesstunden durch die ansteigende hydraulische Belastung freigesetzt werden und somit die Messergebnisse hinter dem SFF beeinträchtigen.

Aus diesem Grund wurde von allen Projektbeteiligten beschlossen, eine sog. Intensivmessphase durchzuführen. Erläuterungen dazu enthält Kap. 8.

6 UNTERSUCHUNGEN DES ERFTVERBANDES ZUM SIEBGUT

6.1 Optimierte Verfahrensweise zur gemeinsamen Behandlung von Siebgut und Überschussschlamm

Wegen der unzureichenden Abscheideleistung der Siebanlage auf dem GWK Nordkanal wurde nach zweijährigem Betrieb (2006) der Austausch des Siebgewebes vorgenommen. Die Siebanlage mit einer Spaltweite von 0,5 mm und Spaltlänge von 50 mm wurden durch 1 mm Maschensiebe ersetzt. Zusätzlich wurde die Installation der Siebe nachgebessert und sämtliche Notüberläufe im Hauptstrom verschlossen. Die 2006 durchgeführte Maßnahme hat die Abscheideleistung der Siebanlage signifikant verbessert. Der Siebgutanfall ist seitdem extrem erhöht. Bei Mischwasserzulauf stieg die Menge des Siebgutes bis zum 6-fachen (Abbildung 35).



Abbildung 35: Siebgutanfall am Wochenende beim Mischwasserzulauf

Der erhöhte Anfall an Siebgut überschreitet deutlich die vorgesehenen Stapelkapazitäten. Bei der Projektierung der Kläranlage ist davon ausgegangen worden, dass im Vergleich zu dem Rechengut deutlich weniger Siebgut anfällt. Aus diesem Grund wurde für die Aufnahme des Siebgutes nur ein Containerplatz vorgesehen. Das Rechengut (5 mm Stababstand) kann auf zwei Containerplätze verteilt werden.

Insbesondere bei Niederschlagsereignissen nach längeren Trockenwetterphasen und an Feiertagen, die zur Verlängerung der Wochenenden führten, wurden die Containerkapazitäten schnell ausgeschöpft. Die Bereitstellung eines leeren Containers durch den Entsorgungsunternehmer an den Samstagen war mit erheblichen logistischen und organisatorischen Problemen verbunden (Tabelle 6).

Vom 1. Januar 2005 bis 31. Dezember 2005 betrug der Siebgutanfall während des Betriebes der Siebe mit 0,5 mm Siebspaltweite etwa 300 m³/a. Das entspricht etwa 0,8 m³ Siebgutanfall pro Tag. Seit der Umrüstung der Siebgeometrie auf 1 mm Masche stieg der Siebgutanfall derartig, dass der zur Verfügung stehende Container im zweitägigen Zyklus entleert werden musste. Bei Mischwasserzufluss war ständig mit einer Überfüllung des Containers zu rechnen. Der Siebgutanfall im Betrachtungszeitraum vom 1. Juni 2006 bis 30. Juli 2006 betrug 190 m³. Dies entspricht einem Siebgutanfall von etwa 3 m³ Siebgut pro Tag.



Abbildung 36: Versuche zur Mitbehandlung des Siebgutes durch Vermischung mit dem Überschussschlamm

Auf konventionellen Kläranlagen werden die Feststoffe nicht separat sondern mit dem Überschussschlamm aus dem System entfernt. Durch Siebung des Rohabwassers, als zweite mechanische Reinigungsstufe, entsteht eine zusätzliche Reststofffraktion, die bisher wie Rechengut entsorgt wurde.

Erfvtverband: Optimierung mechanischer Abwasservorreinigung (Abschlussbericht)

Die erweiterte Feststoffentnahme dient dem Schutz der Membranen. Durch die separate Entsorgung fehlen die Stoffe jedoch dem Überschussschlamm als strukturverbesserte Inhaltsstoffe bei der Schlammentwässerung.

Diese Grundgedanken führten zu der Überlegung, das Siebgut dem Überschuss-schlamm beizumischen.

Schon im August 2006 startete der Versuchsbetrieb, das Siebgut mit dem Überschussschlamm zu vermischen und gemeinsam zu entwässern.

Um das Siebgut transportfähig zu machen, wurde die gepresste Masse des Siebgutes mit Permeat verdünnt.

Das Siebgut wirkte sich sehr positiv auf die Entwässerbarkeit des Schlammes aus und führte zu deutlichen Steigerungen der TR-Gehalte auf Werte bei rund 30%. (Bei der Entwässerung des Klärschlammes ohne die Zugabe von Siebgut wurden Werte im Bereich bis höchstens 25% erzielt).

Erftverband: Optimierung mechanischer Abwasservorreinigung (Abschlussbericht)

Tabelle 6: Rechengut- und Siebgutanfall - GWK Nordkanal

Zeitraum	Ausrüstung	Kalender-Tage	TW -Tage	RW - Tage	Abwassermenge		Grobrechen - 20 mm (alte KA)t		Feinrechen – 5 mm		Siebung	
					Gesamt	Tagesmenge	Gesamt-anfall	Anfall pro 10.000 m³	Gesamt-anfall	Anfall pro 10.000 m³	Gesamt-anfall	Anfall pro 10.000 m³
Einheiten		[d]	[d]	[d]	[m³]	[m³/d]	[m³]	[m³]	[m³]	[m³]	[m³]	[m³]
Jan. 2005- Juni 2005	2 x Spaltsiebe 0,5 mm x 50 mm, 1 x Notsieb Spaltweite 1 mm	181	77	104	3.022.681	16.700	119	0,394	140	0,463	134	0,443
Jul. 2005- Dez. 2005		184	76	108	2.779.729	15.107	91	0,327	98	0,353	160	0,576
01.01.06- 17.01.06		17	13	4	192.711	11.336	14	0,726	14	0,726	20	1,038
18.01.06 - 08.03.06	1 x Spaltsieb - 0,5 mm, 1 x Notsieb – 1 mm Sieb Nr.2 ausgebaut	50	22	28	740.878	14.818	35	0,472	35	0,472	90	1,215
09.03.06 - 11.04.06	1 x Maschensieb Maschenweite – 1 mm, 1 x Spaltsieb 0,5 mm, 1 x Notsieb – 1mm	34	15	19	445.347	13.098	21	0,472	28	0,629	90	2,021
12.04.06 - 29.05.06	1 x Maschensieb 1 mm 1 x Notsieb – 1 mm Sieb Nr. 1 ausgebaut	48	14	34	786.635	16.388	42	0,534	49	0,623	140	1,780
30.05.06 30.07.06	2 x Maschensieb – 1 mm, 1 x Notsieb – 1 mm	61	43	18	643.202	10.397	28	0,441	35	0,552	190	2,996

6.2 Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen zur Siebgutentsorgung

6.2.1 Allgemeines

Im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit der Siebgutentsorgung wurden folgende zwei Varianten analysiert:

- ➔ Variante I: Siebgutverflüssigung und Mitbehandlung des Siebgutes mit dem Überschussschlamm ohne separate Siebgutentsorgung
- ➔ Variante II: Erweiterung der Stapelkapazitäten und separate Entsorgung des entwässerten Siebgutes.

6.2.2 Kostenermittlung

6.2.2.1 Betriebskosten

Variante I

Bei der Variante I entstehen durch die Mitbehandlung des Siebgutes mit dem Überschussschlamm keine Entsorgungskosten des Siebgutes. Damit entfallen auch die bis zu dem Zeitpunkt anfallenden Entsorgungs- und Transportkosten des Siebgutes.

Bis zum Austausch des Siebgewebes wurde die zu erwartende Siebgutmenge auf jährlich 150 t/a geschätzt (siehe Tabelle 7). Bei spezifischen Entsorgungskosten für Rechen und Siebgut von hier rund 140 €/t ergibt sich damit eine Einsparung von **21.000 €/a** für den Wegfall von Transport und Entsorgungskosten der Siebgutmasse.

Tabelle 7: Rechen-, Siebgutmenge pro Jahr

2005	2006	2007	2008	2009
5.802.440 m ³	5.062.141 m ³	5.519.586 m ³	5.689.160 m ³	5.430.086 m ³
275,83 t	387,97 t	152,60 t	120,49 t	179,09 t

Bei der Variante I wird das verdünnte Siebgut mit dem Überschussschlamm vermischt. Die Zugabe des Siebgutes zum Überschussschlamm hat zu einer weiteren Kosteneinsparung geführt. Die dadurch verbesserte Entwässerbarkeit des Schlammes bewirkte die Reduzierung der Klärschlammmenge inkl. Siebgut (siehe Tabelle 8).

Bei dem spezifischen Entsorgungskosten für Klärschlamm von 65,60 €/t ergab sich eine Kostenreduzierung von **ca. 16.000 €/a** bei einer zugrunde gelegten reduzierten Klärschlammmenge von 250 t/a.

 Erftverband: Optimierung mechanischer Abwasservorreinigung (Abschlussbericht)

 Tabelle 8: GKW Nordkanal - Klärschlammmenge pro Jahr

Monat	2005	2006	2007	2008	2009
Januar	618,68 t	505,98 t	404,90 t	443,60 t	447,20 t
Februar	500,58 t	406,26 t	377,96 t	478,90 t	366,64 t
März	389,80 t	503,08 t	547,92 t	522,20 t	460,90 t
April	421,80 t	436,26 t	386,86 t	438,18 t	571,54 t
Mai	515,88 t	586,52 t	394,70 t	379,46 t	341,90 t
Juni	340,72 t	342,04 t	353,38 t	442,94 t	386,06 t
Juli	391,92 t	302,50 t	460,82 t	445,34 t	416,96 t
August	443,48 t	540,92 t	413,66 t	380,86 t	416,82 t
September	311,96 t	351,86 t	407,32 t	373,04 t	416,96 t
Oktober	489,94 t	388,72 t	359,48 t	470,94 t	372,74 t
November	404,68 t	484,82 t	401,56 t	333,86 t	400,22 t
Dezember	507,36 t	497,58 t	502,52 t	505,14 t	447,46 t
Summe	5336,80 t	5346,54 t	5011,08 t	5214,46 t	5045,40 t

Bei der Entsorgungsvariante über den Schlammweg ist die Verdünnung der Siebgutmenge (Pumpfähigkeit) mit erhöhten Betriebswasserverbrauch (Permeat) verbunden. Der Wasserverbrauch der Siebe und Verdünnungsstation ist nicht immer optimal an den Siebgutanfall angepasst (siehe Abbildung 37).

Die weitere Optimierung der Steuerungssysteme ist geplant. Zurzeit beträgt der **Wasserverbrauch im Jahr 17.705 m³/a** (v. 14.10.2009 bis 14.10.2010). Bei den spezifischen Betriebskosten von 0,28 €/m³ (ohne Investition-, und sonstigen Kosten) ergeben sich die Wasserversorgungskosten (Permeat) der gesamte Siebanlage in Höhe von **ca. 5.000 €/a**.

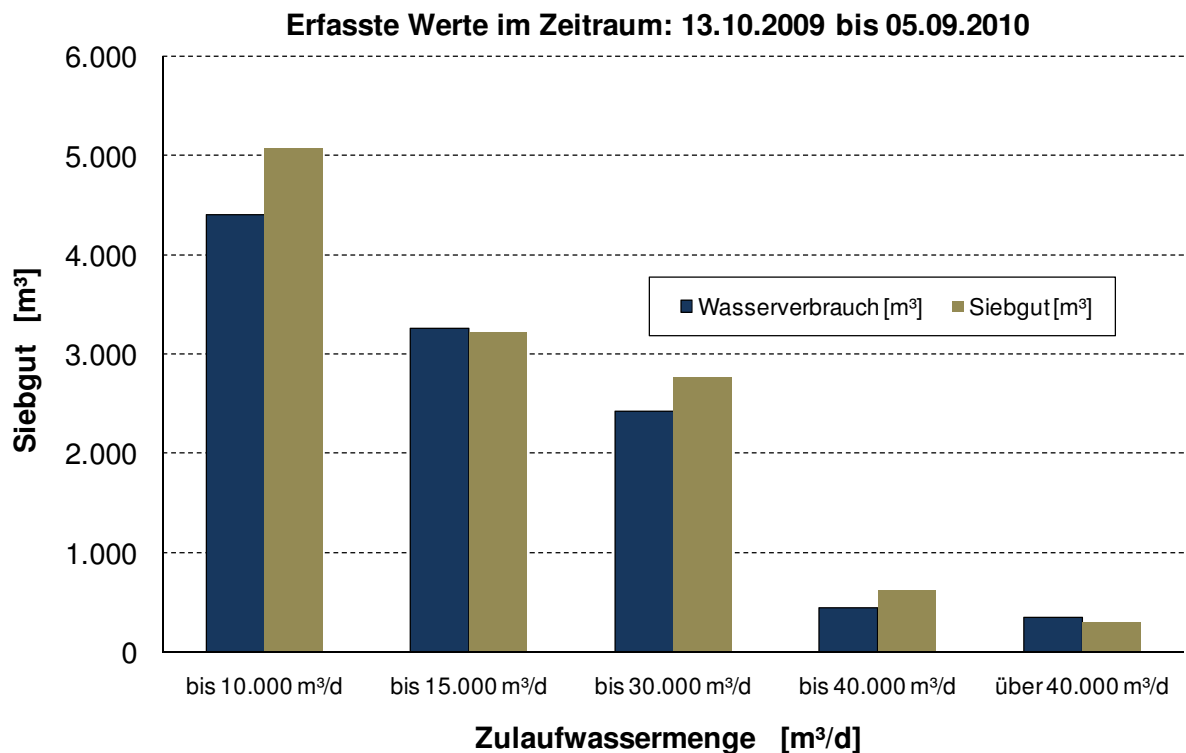


Abbildung 37: Siebgutverflüssigung – Vergleich des Siebgutanfalls zu der verbrauchten Wassermenge

Variante II

Bei der Variante II wurden die Entsorgungskosten ermittelt, die sich aus der Steigerung des Siebgutanfalls ergeben.

In dem 2-monatigen Betrieb der Maschensiebe (Juni, Juli 2006) ist die Siebgutmenge in Vergleich zu den Mengen im Jahr 2005 durchschnittlich um den Faktor 4 gestiegen.

Tabelle 9: Siebgutmenge vor und nach der Änderung der Abscheideleistung

Siebgutanfall	Siebgut		
	Volumen	Gewicht	Entsorgungskosten
vor dem Austausch der Siebgewebe	300 m³/a	150 t/a	21.000 €/a
nach dem Austausch der Siebgewebe	190 m³ in 2 Mon.	570 t/a	80.000 €/a

Bei spezifischen Entsorgungskosten für Rechen- und Siebgut von hier rund 140 €/t ergab sich eine kalkulierbare Kostensteigerung von **ca. 59.000 €/a** (420 t/a = 570 t/a - 150 t/a).

Die tatsächliche Siebgutmenge von 19.019 m³/a (mit reduzierter Siebgutentwässerung) im Zeitraum vom 14.10.2009 bis zum 14.10.2010 bestätigt die angenommenen Zahlen.

6.2.2.2 Investitionskosten

Variante I

Die Investitionskosten für die Zugabe des Siebgutes zum Überschussschlamm (Vorlagebehälter, Pumpen und Änderungen im Steuerungssystem der Kläranlage) wurden auf 30.000 € geschätzt. Die für die Siebgutbehandlung erforderlicher baulicher und maschinentechnischer Einrichtung waren zum Teil vorhanden oder wurden durch den Erftverband erstellt. Die Kosten für die inzwischen umgesetzte Maßnahme haben die geschätzten Kosten nicht überschritten.

Variante II

Angesichts der sehr hohen Entsorgungskosten wurden die Investitionskosten für die Erweiterung der Stapelkapazitäten nicht mehr ermittelt.

6.2.3 Kostengegenüberstellung

Beim Vergleich der Varianten wurden nur die Entsorgungskosten (siehe Tabelle 10) berücksichtigt. Die Investitionskosten (siehe Tabelle 11) wurden wegen extrem hohem Entsorgungskosten nicht ermittelt bzw. sie sind im Vergleich zu jährlichen Entsorgungskosten zu vernachlässigen.

Tabelle 10: Betriebskostengegenüberstellung - Siebgutentsorgung

Kostengruppe	Betriebskosten in [€/a]	
	Variante I	Variante II
Siebgutentsorgungskosten bis zum Siebgewebe-Austausch	Kostenwegfall: - 21.000 €/a	keine Kostenänderung
Anstieg der Siebgutentsorgungskosten nach dem Siebgewebe-Austausch	-	59.000 €/a
Klärschlammmentsorgungskosten	Kostenreduzierung: - 16.000 €/a	keine Kostenänderung
Kosten der Siebgutverflüssigung	5.000 €/a	-
Summe der laufenden Kosten	- 32.000 €/a	59.000 €/a
Kostengegenüberstellung	<u>Unter den getroffenen Annahmen:</u> Einsparung aus der Variante I und Mehrausgaben aus der Variante II ergeben eine Differenz von 91.000 €/a	

Tabelle 11: Investitionskostengegenüberstellung - Siebgutentsorgung

Kostengruppe	Investitionskosten in [€/a]	
	Variante I	Variante II
Siebgutverflüssigungsstation, Rohrleitungen und Steuerung	30.000 €/a	-
Erweiterung der Stapelkapazitäten für das vermehrt anfallende Siebgut	-	Kosten wurden nicht ermittelt

Der Vergleich der Variante I und II in Bezug auf die Betriebskosten zeigt unter dem getroffenen Annahmen, dass die Siebgutverflüssigung und Mitbehandlung des Siebgutes mit dem Überschussschlamm ohne separate Siebgutentsorgung **um jährlich 91.000 €/a kostengünstiger** (siehe Abbildung 38) ist als die Erweiterung der Stapelkapazitäten und separate Entsorgung des entwässerten Siebgutes.

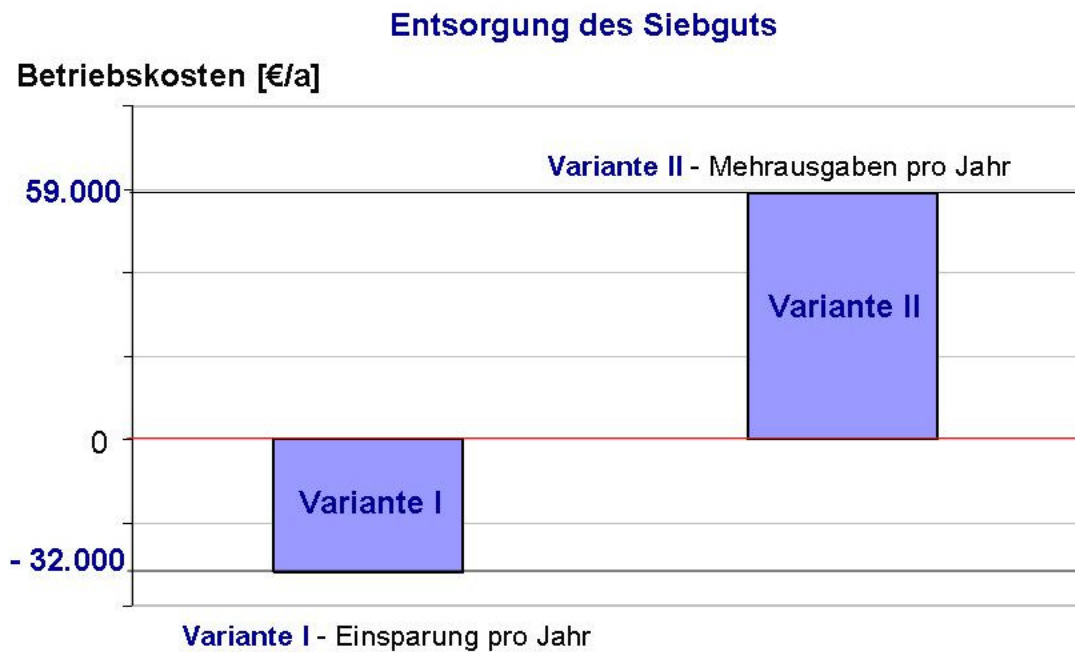


Abbildung 38: Betriebskostengegenüberstellung - Siebgutentsorgung

Die Mitbehandlung des Siebgutes mit dem Überschussschlamm hat sich nicht nur aus ökonomischen sondern auch aus ökologischen Gründen als günstiger erwiesen.

Die reduzierten Entsorgungsmengen von Siebgut und Klärschlamm haben gleichzeitig den Transport der zur entsorgenden Masse verringert, was auch ökologisch positiv zu bewerten ist.

7 MESSPHASE 2: STATUS QUO KA RÖDINGEN

7.1 Mechanische Abwasservorreinigungsstufe

Die mechanische Abwasservorreinigungsstufe auf der Kläranlage Rödingen besteht aus zwei Stufen, im einzelnen sind dies:

- ➔ 1 Stufenfilterrechen mit der Öffnungsweite 5 mm Spalt
- ➔ einem belüfteten Sand- und Fettfang (SFF)

Die Anlage wurde im Jahre 1999 ohne Siebstufe in Betrieb genommen. Aufgrund auftretender Verzopfungen und Verschlammungen im Bereich der Membranmodule wurde eine Siebstufe nachgerüstet, die jedoch aus Platzgründen nicht in die MAV integriert werden konnte. Über diese Siebstufe (Trommelsieb; Öffnungsweite 0,5 mm Spalt) wird ein Teilstrom (ca. 25%) des den Membranbecken zufließenden Abwasser-Belebtschlamm-Gemisches gesiebt.

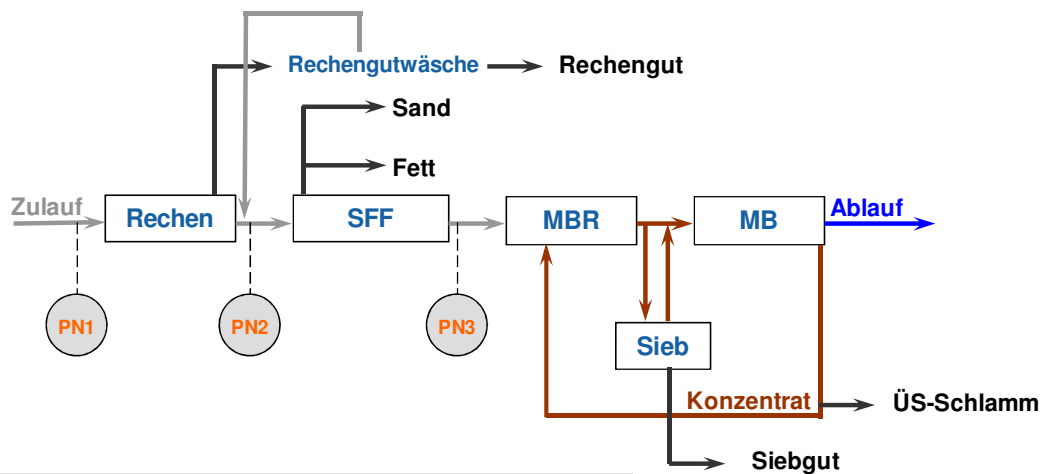
Zum Zeitpunkt der Status-Quo-Messphase hatte der Erftverband bereits beschlossen und auch ausschreibungsseitig umgesetzt, die mechanische Vorreinigungsstufe durch die zusätzliche Installation einer Siebanlage vor dem SFF zu ertüchtigen und die vorhandene, partielle Schlammsiebung still zu legen. Weitere Untersuchungen zur Siebung wurden jedoch im Rahmen dieses Projektes nicht mehr durchgeführt. Insofern wird auf eine detaillierte Diskussion der nachfolgenden Status-Quo-Ergebnisse verzichtet.

7.2 Untersuchungskonzept Messphase 2

Die Untersuchungen auf der KA Rödingen sollten ein umfassendes Bild über den Status quo der Leistungsfähigkeit des eingesetzten Vorbehandlungssystems hinsichtlich seiner Entnahmeleistungen und der Entnahmeleistungen der einzelnen Aggregate Rechen und SFF geben. Das zugehörige Probenahmekonzept war an diesem Ziel orientiert. Alle Haupt- und Rückführ- und Entsorgungsströme wurden einbezogen. Dies bedingte die Parameteranalyse in der flüssigen und in der festen Phase.

Das Abwasser wurde an folgenden Stellen der Vorreinigungsstufe beprobt: Zulauf Rechen, Ablauf Rechen, Ablauf SFF. Zur Quantifizierung wurden folgende entnommene Rückstände untersucht: Sandfanggut, Fettgut.

Nachfolgend sind Probenahmestellen und Analyseparameter skizziert. Abbildung 39 zeigt die Probenahmestellen hinsichtlich der Beprobung der flüssigen Phase für die KA Rödingen. Hinweis zur Analytik der schwerflüchtigen lipophilen Stoffe in der flüssigen Phase: Gemessen werden die Gesamtfette und die Fraktion der emulgierten Fette.

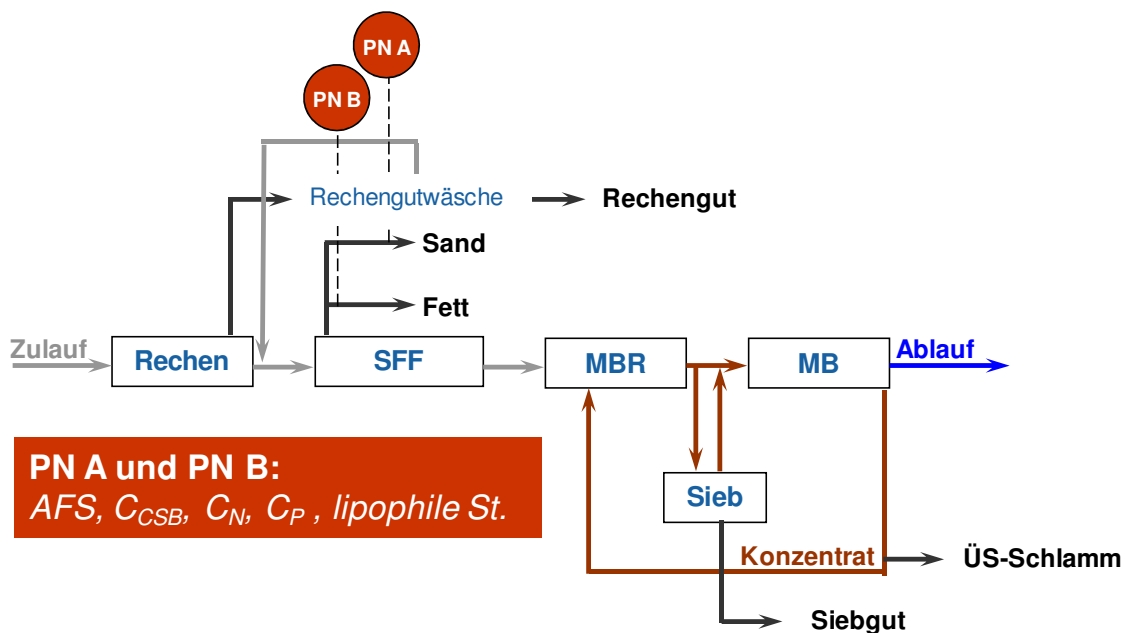


PN1 bis PN3: AFS, C_{CSB} , C_N , C_P , lipophile St.

Abbildung 39: KA Rödingen - Analytik in der flüssigen Phase

Die Probenahme erstreckt sich über 8 Stunden während der Tagesschicht(8 Uhr bis 16 Uhr) ohne Aufteilung in kürzere Probenahmeintervalle.

Abbildung 40 zeigt die Probenahmestellen hinsichtlich der Beprobung der festen Phase.



PN A und PN B: AFS, C_{CSB} , C_N , C_P , lipophile St.

Abbildung 40: KA Rödingen - Analytik in der festen Phase

7.3 Ergebnisse

7.3.1 Zulaufwassermenge

In Abbildung 41 sind die Tageszulaufwassermengen für die Kläranlage Rödingen im zeitlichen Umfeld der Messphase dargestellt. An den hervorgehobenen 9 Messtagen herrschten an allen Tagen Trockenwetterbedingungen, so dass an dieser Stelle eine Differenzierung nach Trocken- und Regenwetter entfällt.

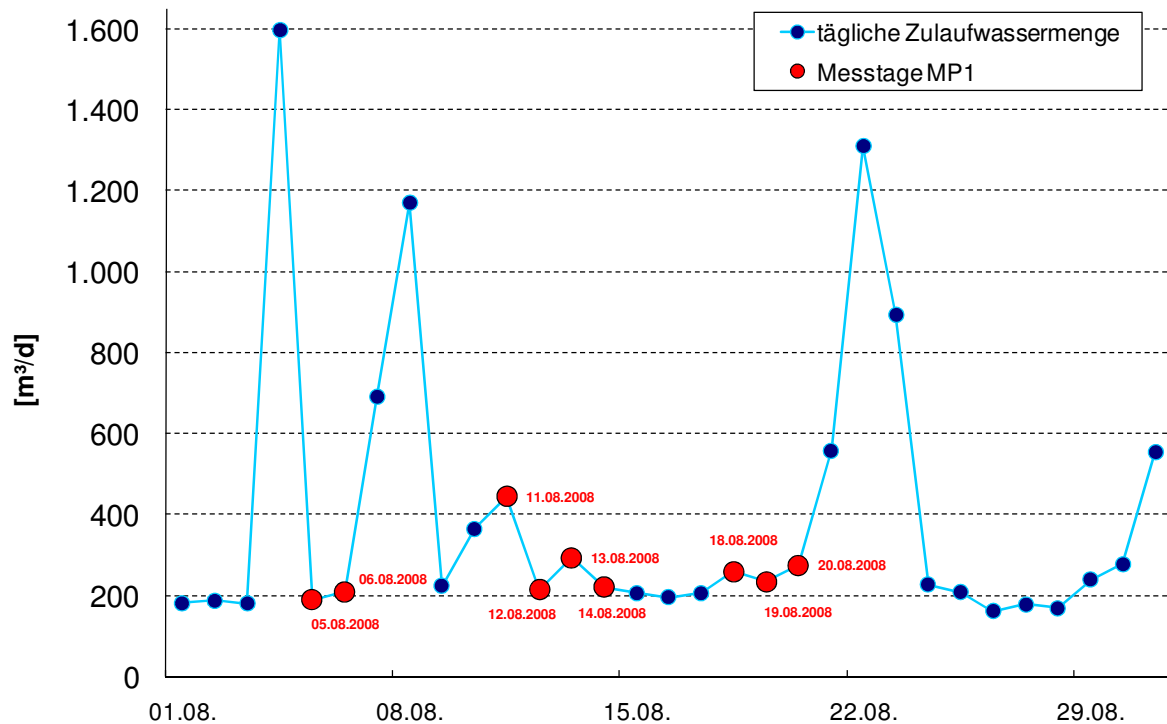


Abbildung 41: Zulaufwassermengen KA Rödingen August 2008

7.3.2 Längsprofile der stofflichen Leistungsfähigkeit (alle Messtage/Trockenwettertage)

In der Abbildung 42 und der Abbildung 44 sind für die Parameter CSB, AFS (gesamt und größenfraktioniert), TNb, P_{GES}, lipophile Stoffe (gesamt, emulgiert, nicht emulgiert) die gemessenen 8-Std.-Frachten dargestellt. Es handelt sich dabei um den Mittelwert der aller Messtage.

In der Abbildung 43 und der Abbildung 45 folgen die zugehörigen Eliminationsraten der einzelnen MAV-Stufen Rechen und SFF. Die Eliminationsraten basieren auf den Frachtmittelwerten aller Messtage (Abbildung 42 und Abbildung 44).

Erfverband: Optimierung mechanischer Abwasservorreinigung (Abschlussbericht)

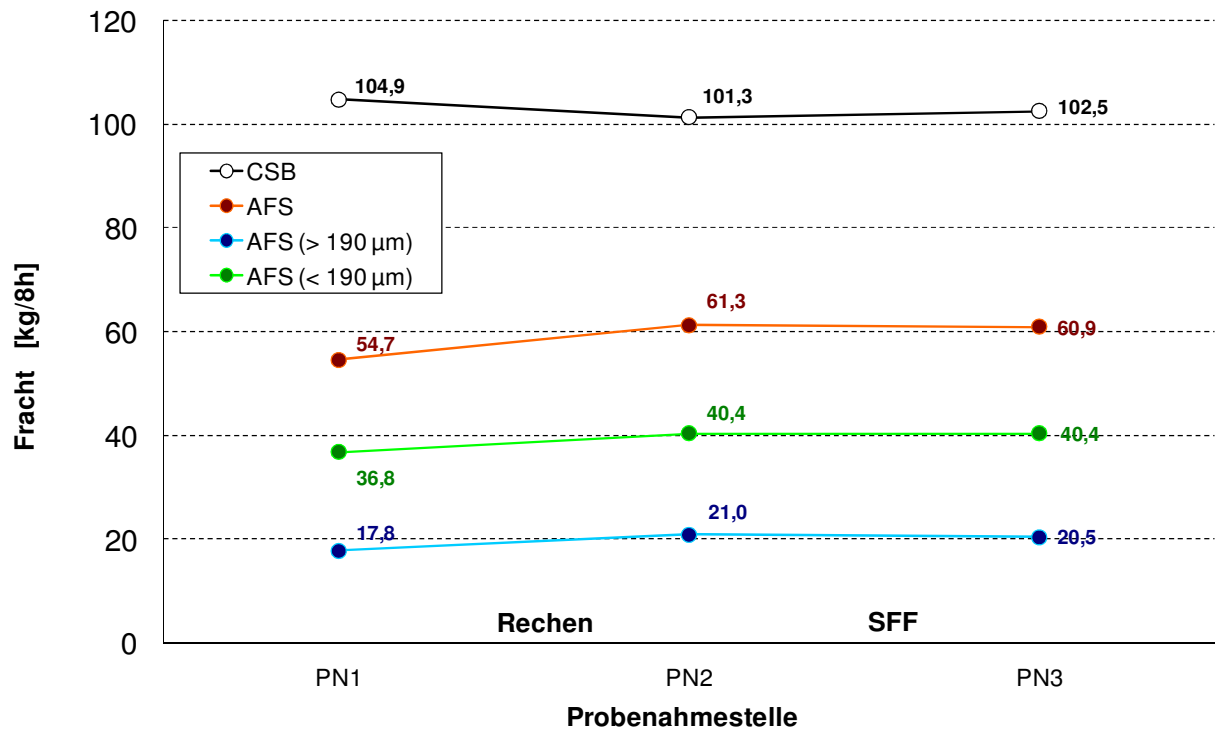


Abbildung 42: Längsprofile CSB und AFS (Rödingen)

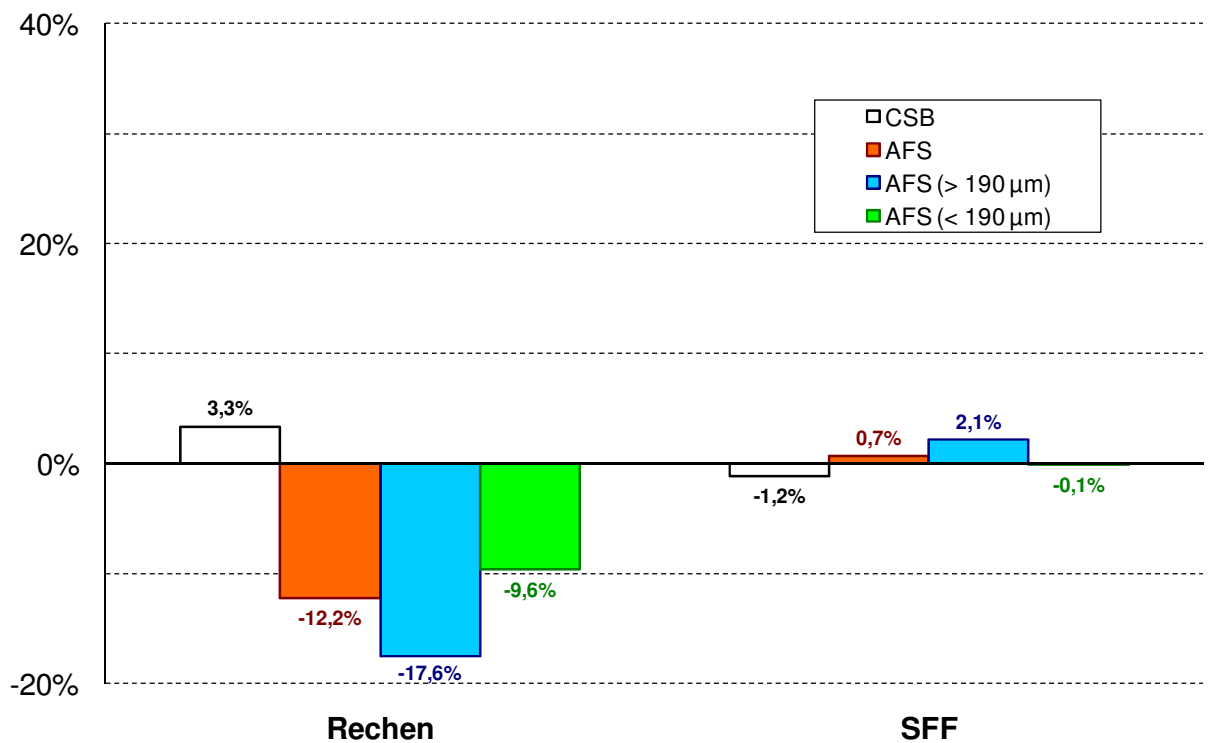


Abbildung 43: Eliminationsraten CSB und AFS (Rödingen)

Erfverband: Optimierung mechanischer Abwasservorreinigung (Abschlussbericht)

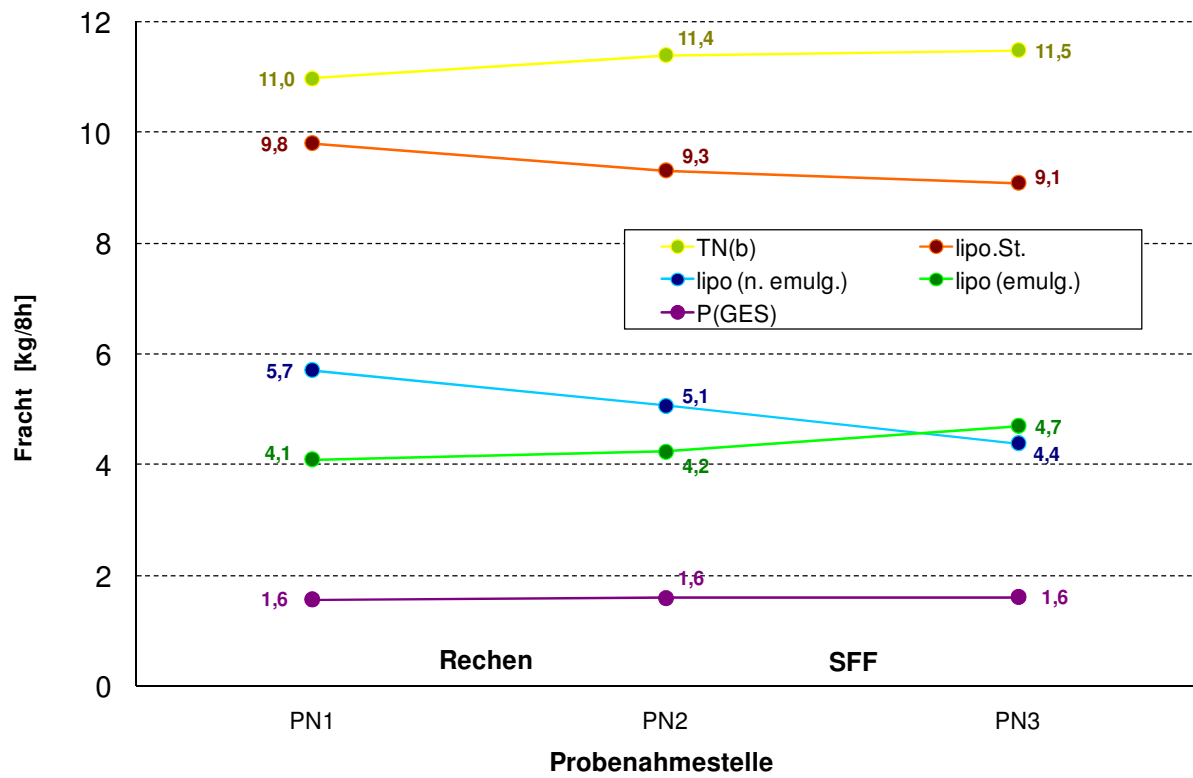


Abbildung 44: Längsprofile N, P, lipophile Stoffe (Rödingen)

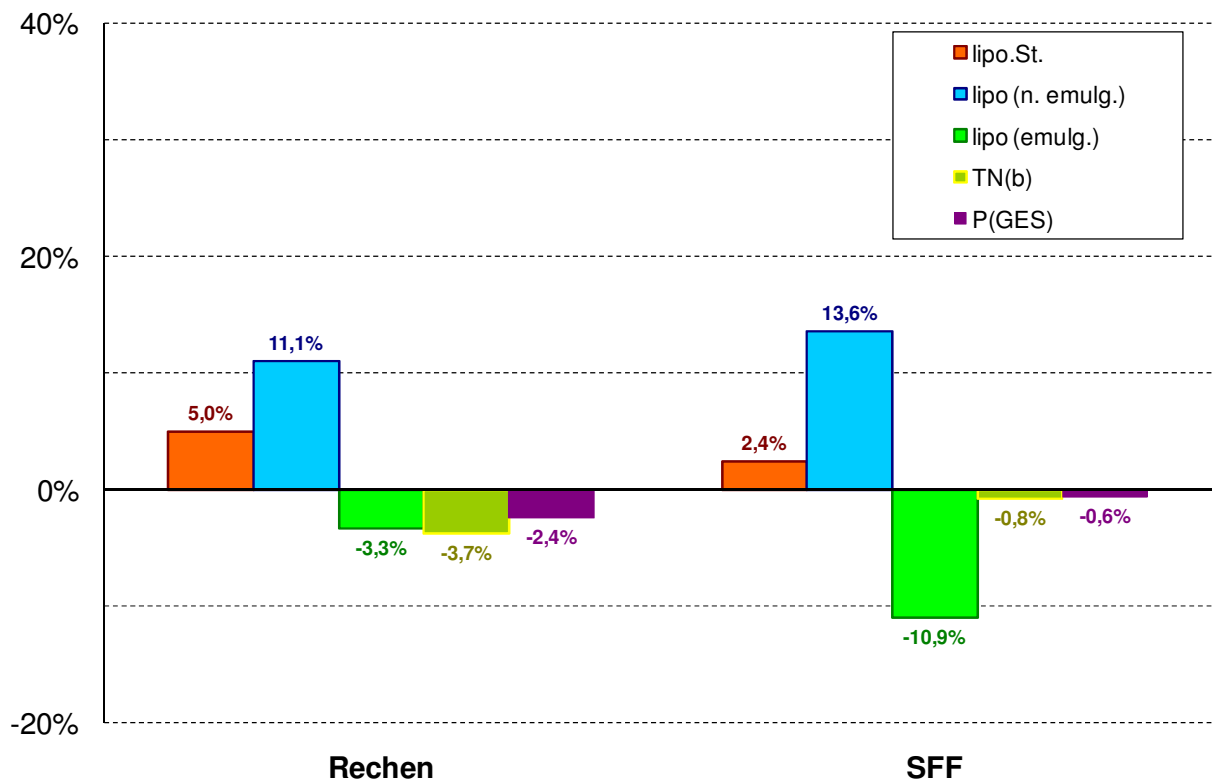


Abbildung 45: Eliminationsraten N, P, lipophile Stoffe (Rödingen)

Abbildung 46 zeigt die Eliminationsraten der gesamten, zweistufigen MAV für alle untersuchten Parameter.

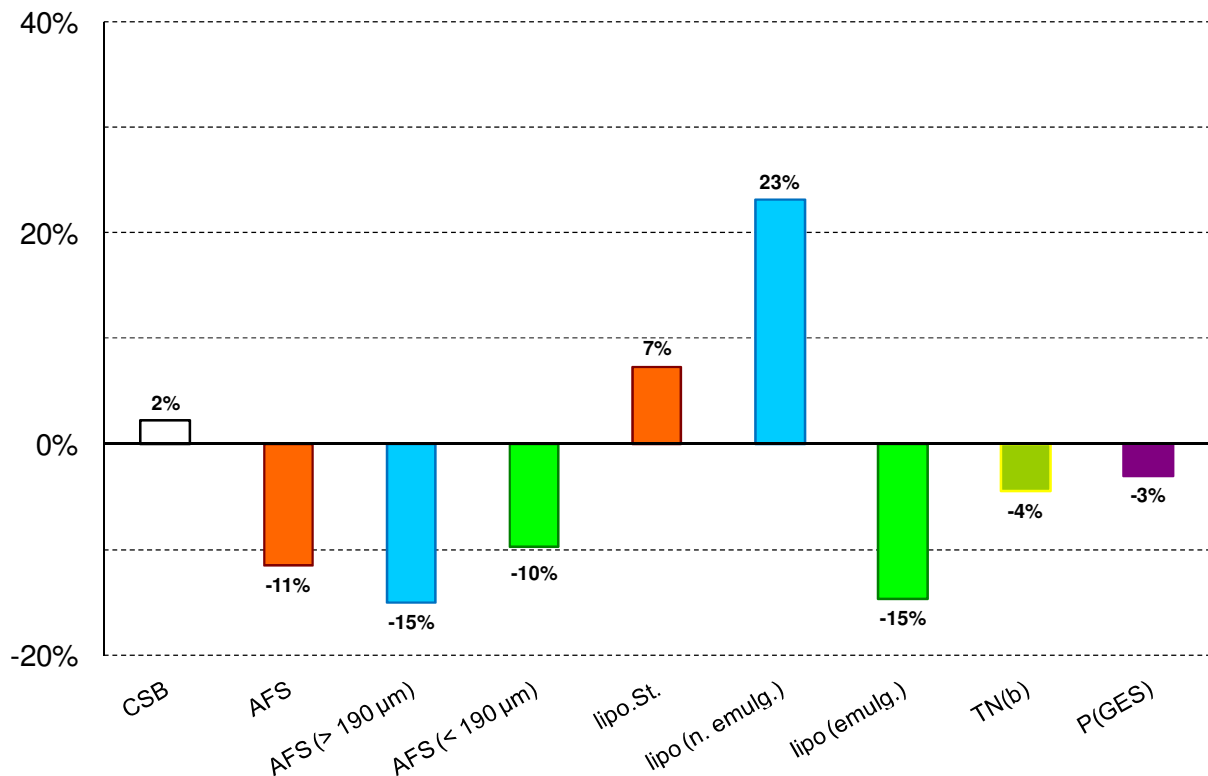


Abbildung 46: Eliminationsraten der gesamten MAV; alle Parameter (Rödingen)

7.3.3 Zulaufbelastung – Literaturvergleich

Zur Einordnung und Beurteilung der einwohnerspezifischen Zulaufbelastung der KA Rödingen wurden die Daten aller Messtage verwendet. Es wurden die 85%-Fraktile ermittelt, analog zu den herangezogenen Vergleichsdaten der DWA-Arbeitsblätter A 131 und A 198. Die Verwendung der ermittelten 85%-Fraktile würde jedoch die aktuellen Frachten insofern überschätzen, als der untersuchte Zeitraum von 8 Uhr morgens bis 16 Uhr nachmittags erfahrungsgemäß einen relevant größeren Anteil an den täglichen Schmutzfrachten aufweist als lediglich 33,3%.

Aus dem Datenmaterial der Zulaufwassermengen wurde daher derjenige Faktor abgeschätzt, der den erhöhten Anteil der Tagesteilfracht zwischen 8 Uhr und 16 Uhr gegenüber der Tagesgesamtfracht beschreibt. Dieser Faktor wurde mit 1,33 ermittelt. Danach ergibt sich der in Abbildung 47 dargestellte Vergleich.

Fazit: Für die untersuchten Parameter liegen die einwohnerspezifischen Belastungen teilweise deutlich unterhalb der Literaturdaten.

Erfvverband: Optimierung mechanischer Abwasservorreinigung (Abschlussbericht)

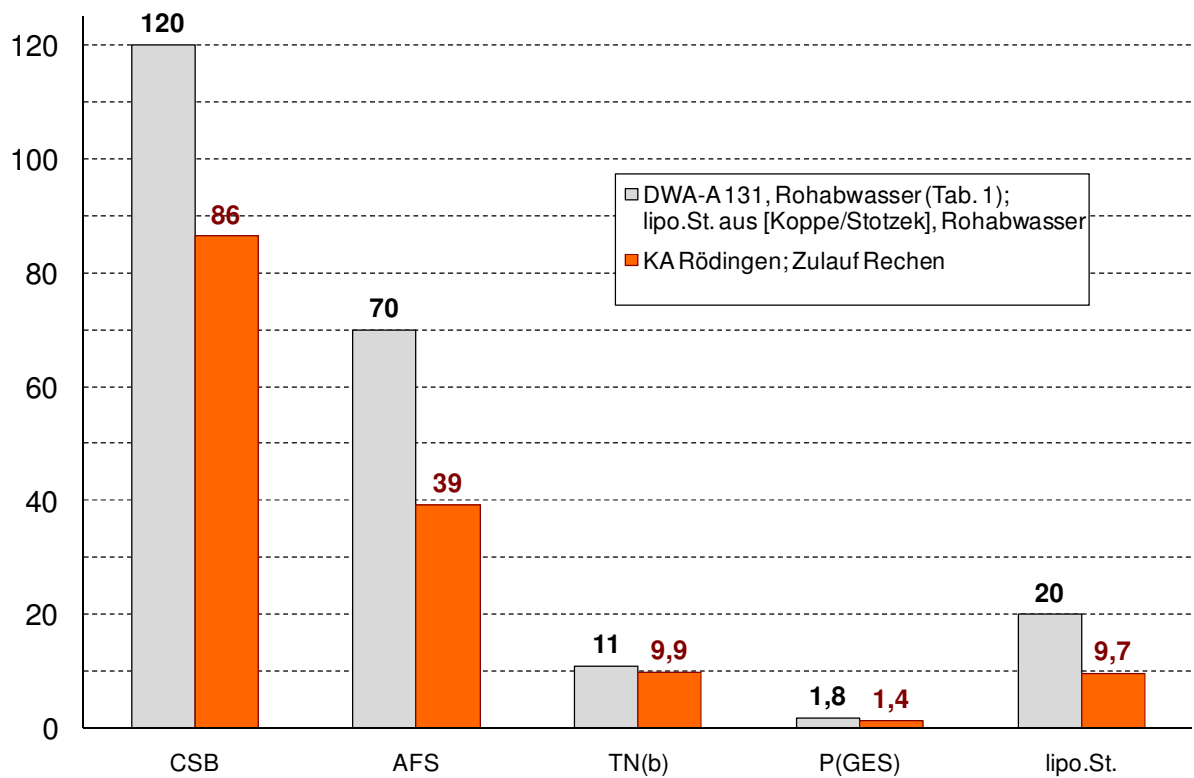


Abbildung 47: Zulaufbelastung KA Rödingen – Vergleich mit Literaturdaten

7.3.4 Analysedaten der Feststoffproben (KA Rödingen)

Tabelle 12 zeigt die Messergebnisse der Feststoffbeprobungen.

Tabelle 12: Statistische Analysedaten zu den Feststoffproben (KA Rödingen)

Stat. Parameter	Sandfanggut					
	TR g/l	oTR	CSB mg/gTR	lipophile St. mg/gTR	TN(b) mg/gTR	P _{GES} mg/gTR
Anzahl	7	7	7	7	7	7
Min	214	29,5%	392	19,2	8,0	1,7
Mittelwert	294	52,5%	778	47,5	12,1	4,0
Stdabw	22%	39%	42%	49%	25%	50%
Max	391	82,7%	1.278	81,9	15,8	6,4
Stat. Parameter	Fettgut					
	TR g/l	oTR	CSB mg/gTR	lipophile St. mg/gTR	TN(b) mg/gTR	P _{GES} mg/gTR
Anzahl	8	4	9	9	9	9
Min	116	79,9%	1.129	123	7,0	1,1
Mittelwert	159	87,4%	1.587	215	9,6	2,5
Stdabw	19%	5%	16%	27%	19%	54%
Max	218	93,0%	1.887	324	13,1	4,8

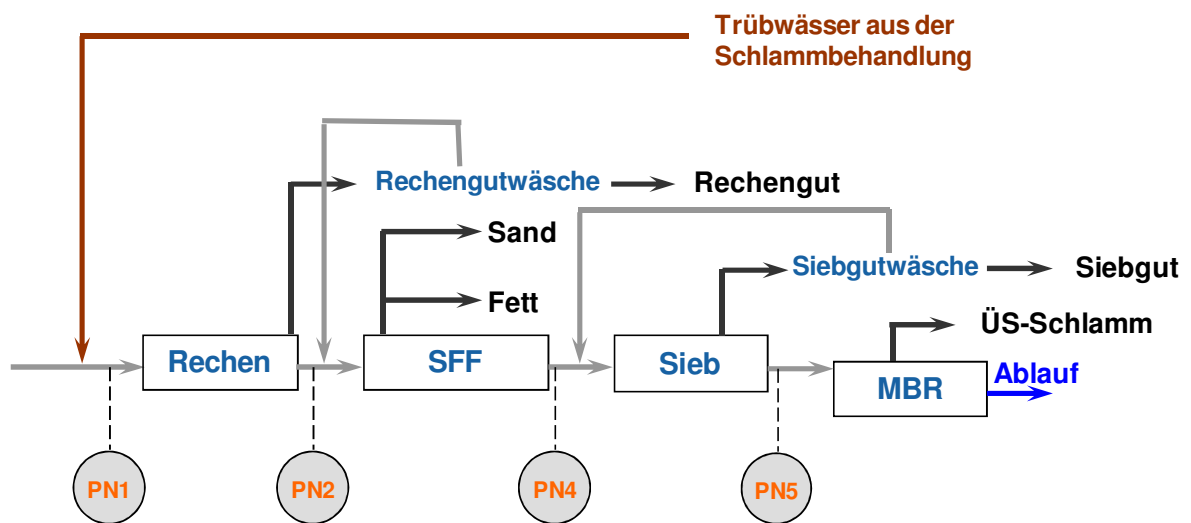
8 MESSPHASE 3: GKW NORDKANAL: INTENSIVMESSPHASE

8.1 Untersuchungskonzept Messphase 3

Im Ergebnis der Messphase 1 (Status Quo – Messphase auf dem GKW Nordkanal; Kap. 5) wurde beschlossen, eine sog. Intensivmessphase durchzuführen, um nach den unerwarteten Ergebnissen der Messphase 1 Aufschluss darüber zu bekommen, inwieweit Tageschwankungen in Wassermenge und Zulauftracht zu solchen Messergebnissen führen können. Dazu wurde eine durchgehende Probenahme über 3 Tage (70 Stunden) durchgeführt.

Das Abwasser wurde an folgenden Stellen der mechanischen Vorreinigungsstufe beprobt: Zulauf Rechen, Ablauf Rechen, Ablauf SFF, Ablauf Sieb.

Abbildung 48 zeigt die Probenahmestellen hinsichtlich der Beprobung der flüssigen Phase und die Analyseparameter. Presswässer und Feststoffproben wurden dieses Mal nicht berücksichtigt. Ebenso wurde aus Kostengründen auf die Analyse der Nährstoffe N und P verzichtet.



PN1, 2, 4, 5: *AFS, C_{CSB}, lipophile Stoffe*

Abbildung 48: GKW Nordkanal - Analytik in der flüssigen Phase (Intensivmessphase)

Die Intensivmessphase wurde im Zeitraum von Mittwoch, dem 12.11. bis Sonnabend, dem 15.11.2008 durchgeführt.

8.2 Zulaufwassermenge

In Abbildung 49 sind die Tageszulaufwassermengen für das GWK Nordkanal im zeitlichen Umfeld der Messphase dargestellt. An den hervorgehobenen 3 Messtagen herrschten an allen Tagen Trockenwetterbedingungen im direkten Nachgang zu einem Regenwettertag mit zeitweiser hydraulischer Maximalbelastung.

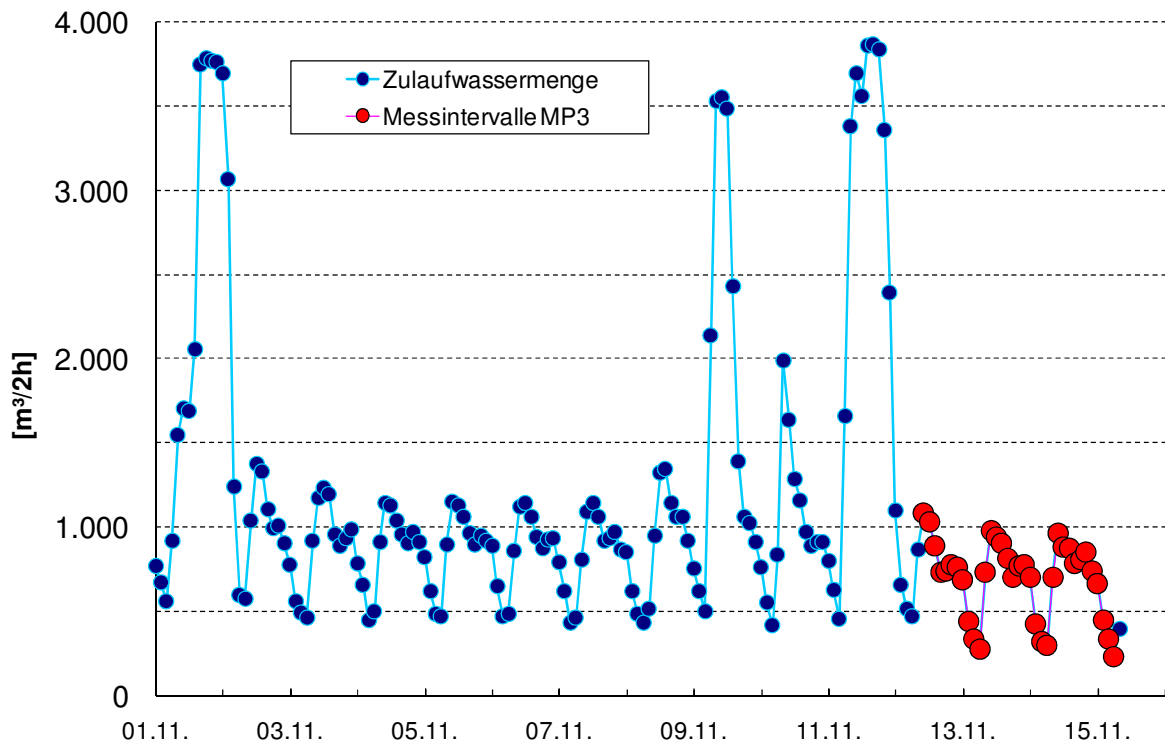


Abbildung 49: Zulaufwassermengen GWK Nordkanal November 2008

8.3 Längsprofile der stofflichen Leistungsfähigkeit

Die grafische Auswertung umfasst 4 Abbildungen je Abwasserparameter (AFS_{GES}, AFS (> 190 µm), AFS (< 190 µm), CSB, Gesamtfette, nicht emulgierte Fette, emulgierte Fette).

- ➔ Die erste Abbildung enthält die Ergebnisse aller Probenahmestellen und zusätzlich die Zulaufwassermenge
- ➔ Die zweite Abbildung zeigt die Veränderung des dargestellten Abwasserparameters durch den Rechen (PN 1 und PN 2)
- ➔ Die dritte Abbildung zeigt die Veränderung des dargestellten Abwasserparameters durch den SFF (PN 2 und PN 4) und zusätzlich die Aufenthaltszeit im SFF
- ➔ Die vierte Abbildung zeigt die Veränderung des dargestellten Abwasserparameters durch das Sieb (PN 4 und PN 5)

Erfvtverband: Optimierung mechanischer Abwasservorreinigung (Abschlussbericht)

- ➔ AFS_{GES}: Abbildung 50 bis Abbildung 53
- ➔ AFS (> 190 µm): Abbildung 54 bis Abbildung 57
- ➔ AFS (< 190 µm): Abbildung 58 bis Abbildung 61
- ➔ CSB: Abbildung 62 bis Abbildung 65
- ➔ Gesamtfette: Abbildung 66 bis Abbildung 69
- ➔ Fette (nicht emulgiert): Abbildung 70 bis Abbildung 72
- ➔ Fette (emulgiert): Abbildung 73 bis Abbildung 75

Auf eine detaillierte Kommentierung der einzelnen Ergebnisse wird im Weiteren aus den folgenden Gründen verzichtet.

Im Ergebnis der Messungen zur Ermittlung des Status Quo der MAV auf dem GWK Nordkanal blieb die Frage offen, worin die Frachtzunahme hinter dem SFF bezogen auf AFS und CSB begründet ist. Vermutet wurde der Einfluss der begrenzten täglichen Probenahmezeit von 8 Uhr bis 16 Uhr verbunden mit der Annahme, dass bei zuflussschwachen Zeiten des Nachts (wenn vom FG-Personal zeitweise sogar Fließstillstand beobachtet wurde) Feststoffe im SFF akkumulieren können (spätestens trotz Belüftung im hinteren unbelüfteten und nicht abpumpbaren Teil des SFF) und in den frühen bis vormittäglichen Tagesstunden durch die ansteigende hydraulische Belastung freigesetzt werden und somit die Messergebnisse hinter dem SFF beeinträchtigen. Aus diesem Grund wurde bewusst darauf verzichtet, während dieser Intensivmessphase die Zugabe des feststoffhaltigen Trübwassers im Zulaufbereich der Kläranlage zu unterbinden. Genau in diesem Teilstrom wurde die Feststoffmasse erwartet, die zu regulären Probenahmezeiten aus dem SFF herausgespült wird.

Diese Annahme hat sich in der Intensivmessphase nicht bestätigt, wie ein Blick bereits auf die Gesamtfeststoffe (Abbildung 50 bis Abbildung 53) erkennen lässt.

Demgegenüber wird die Analyse späterer Messphasen, die teilweise ohne den Einfluss einer Trübwasserzugabe durchgeführt wurden, zeigen, dass zum einen die eingeschränkte Funktionstauglichkeit der Siebstufe einen negativen Einfluss auf die Messdatenauswertung hat (Kap. 10) und dass zum anderen Sulfid- und Metallgehalte im zulaufenden Abwasser und im eingeleiteten Trübwasser zu Fällungsreaktionen und somit zur Feststoffproduktion im gesamten Bereich der MAV führen (Kap. 14).

Erfvterband: Optimierung mechanischer Abwasservorreinigung (Abschlussbericht)

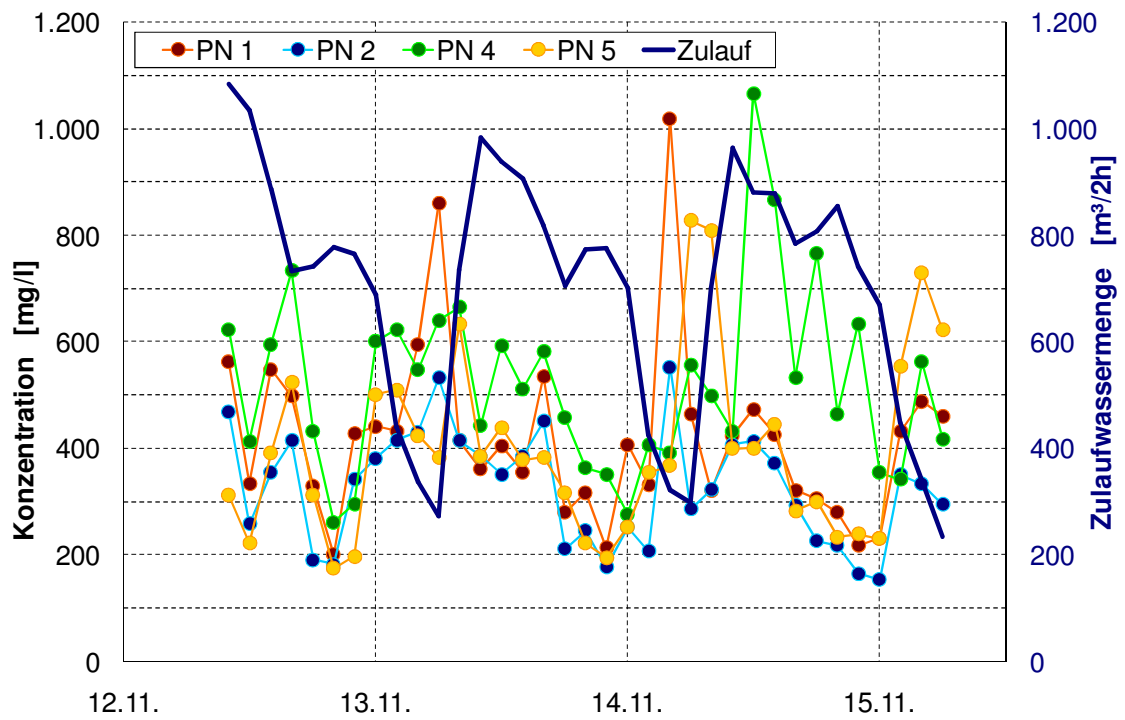


Abbildung 50: Längsverlauf AFS_{GES} MAV

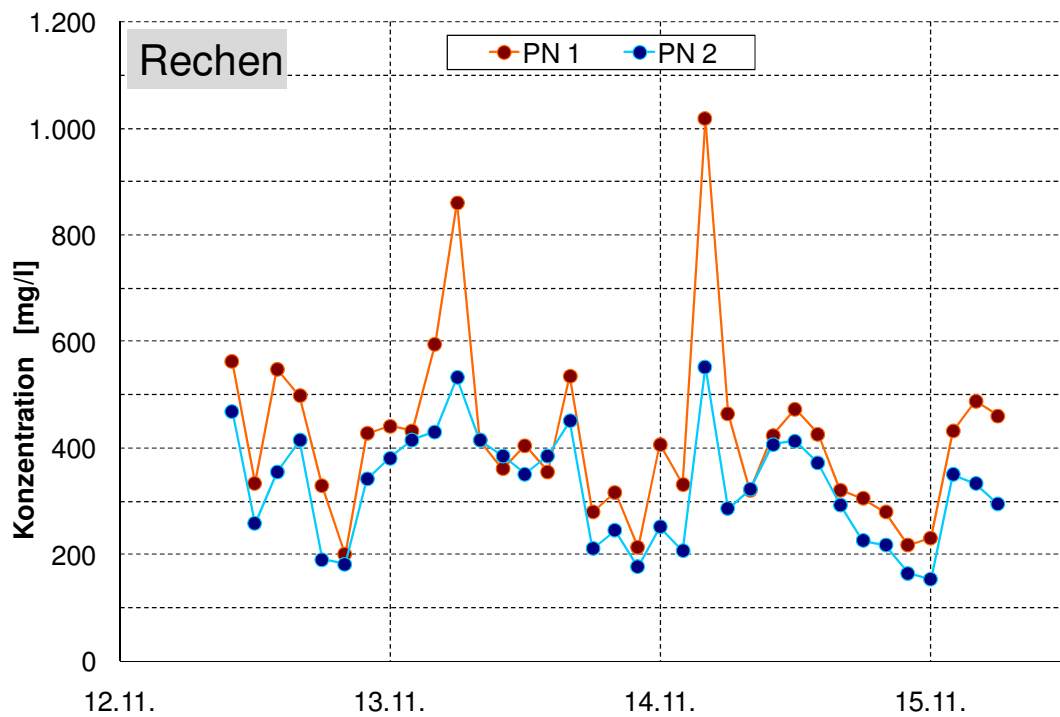


Abbildung 51: Längsverlauf AFS_{GES} Rechenstufe

Ertfverband: Optimierung mechanischer Abwasservorreinigung (Abschlussbericht)

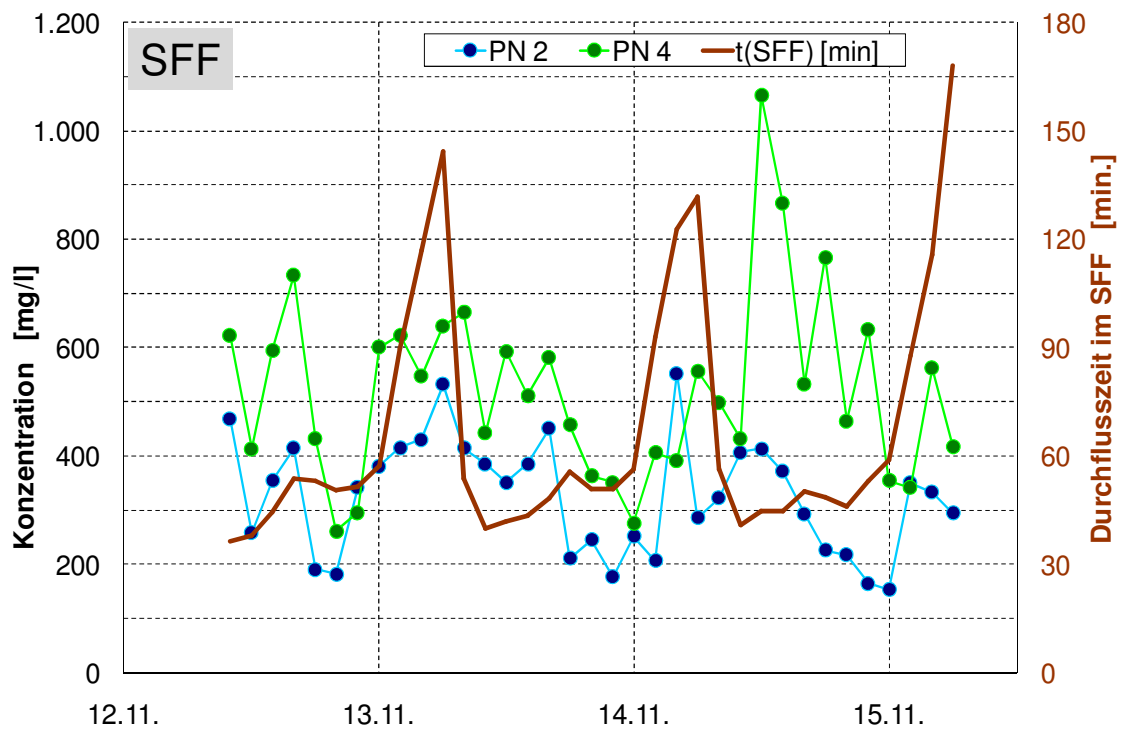


Abbildung 52: Längsverlauf AFS_{GES} SFF

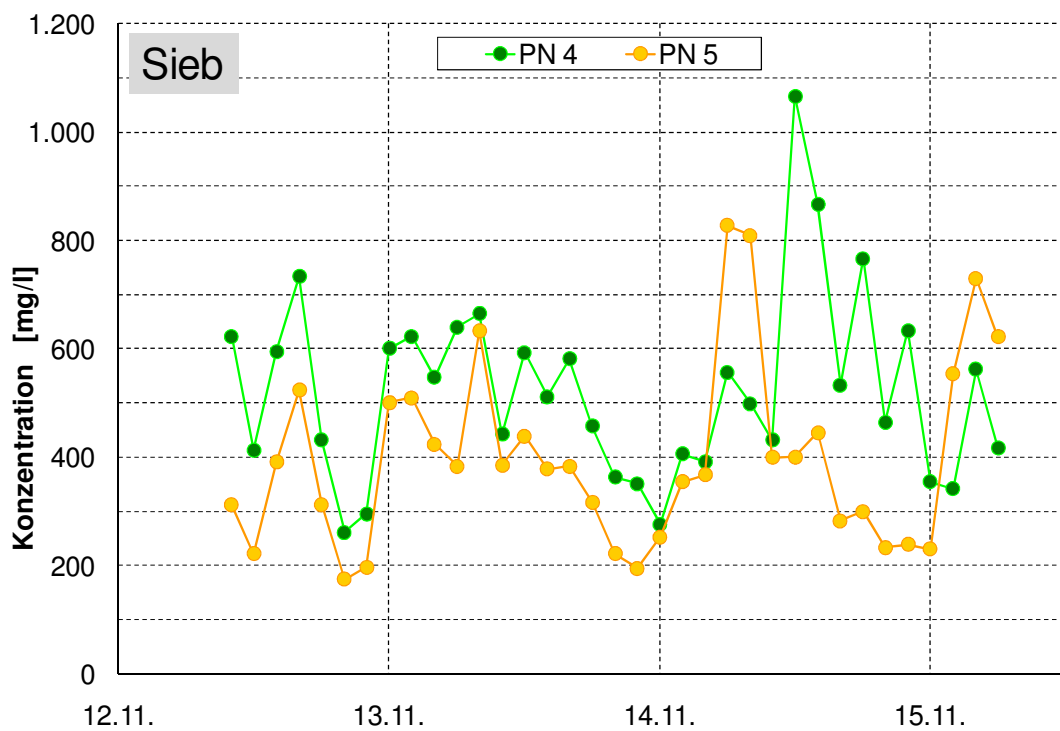


Abbildung 53: Längsverlauf AFS_{GES} Siebstufe

Erfvterband: Optimierung mechanischer Abwasservorreinigung (Abschlussbericht)

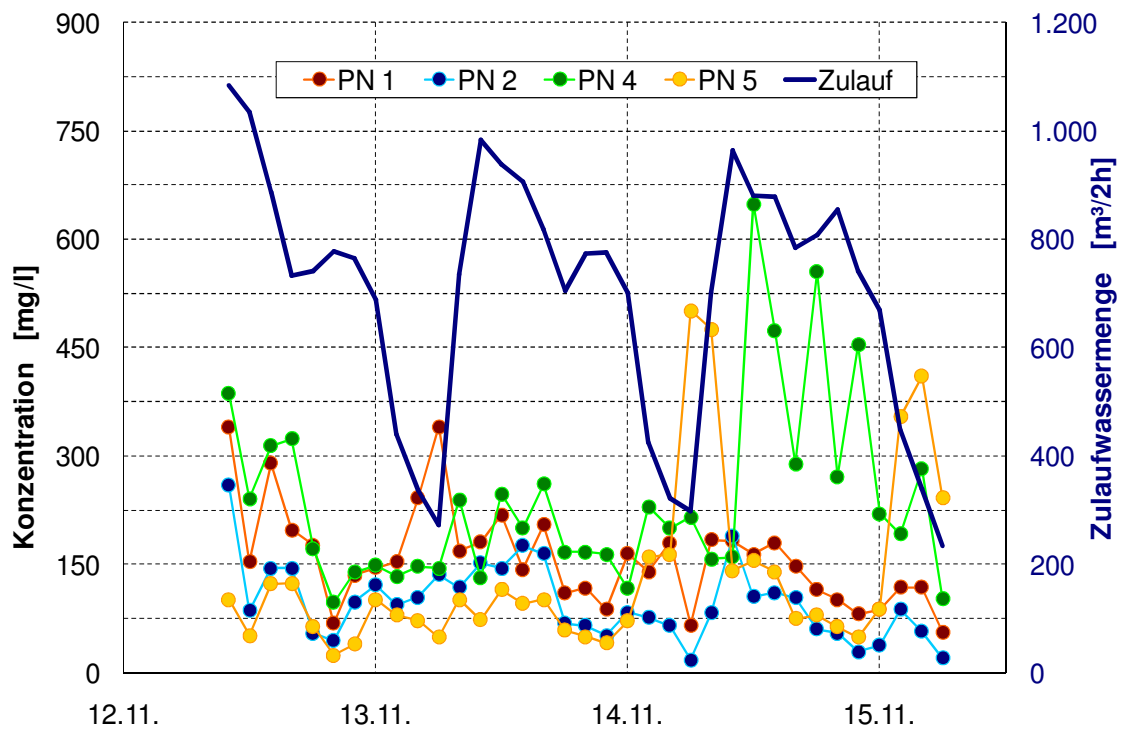


Abbildung 54: Längsverlauf AFS (> 190 μm) MAV

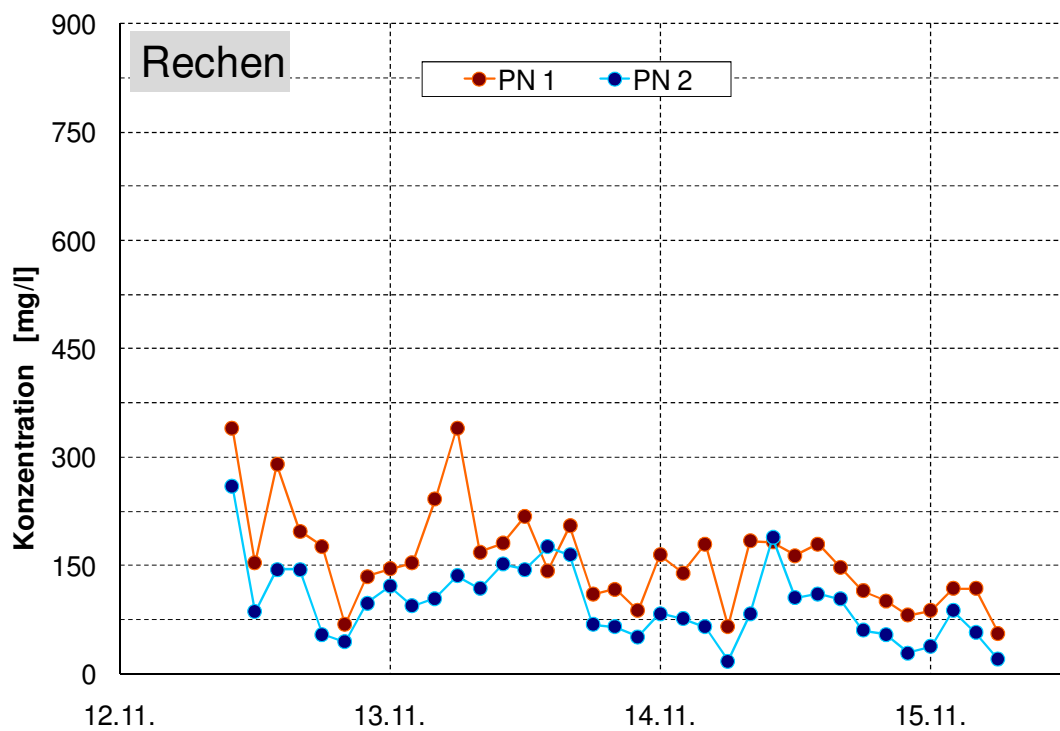


Abbildung 55: Längsverlauf AFS (> 190 μm) Rechenstufe

Erfvterband: Optimierung mechanischer Abwasservorreinigung (Abschlussbericht)

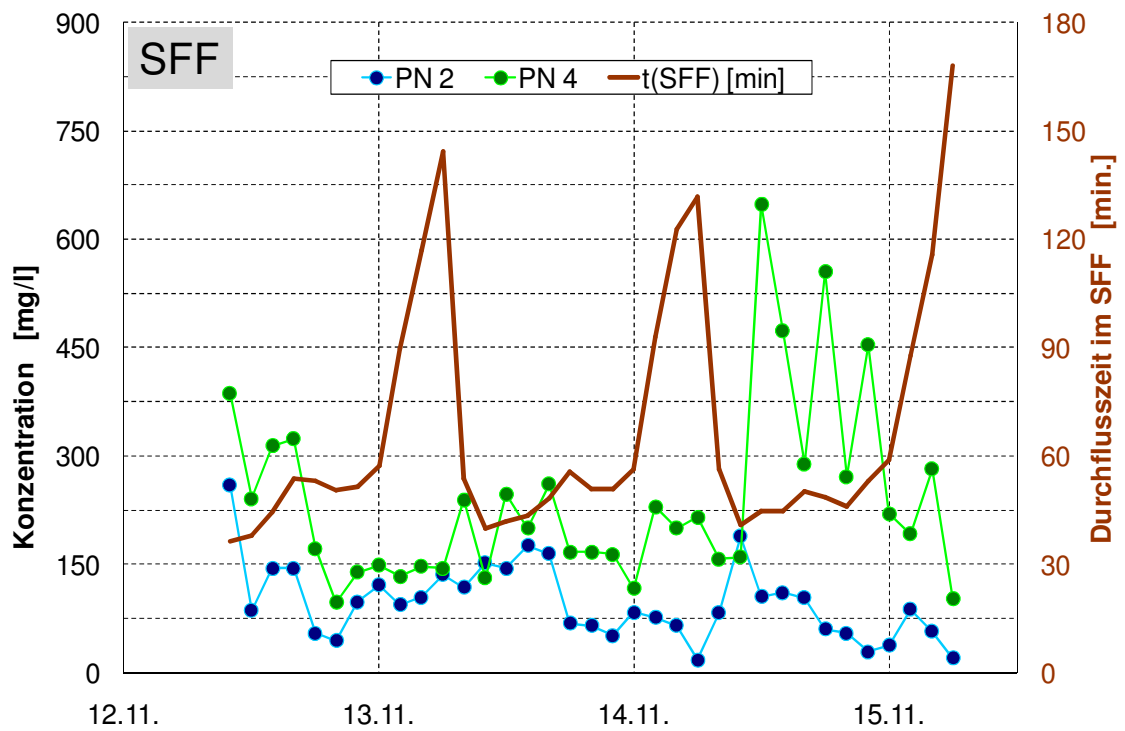


Abbildung 56: Längsverlauf AFS (> 190 µm) SFF

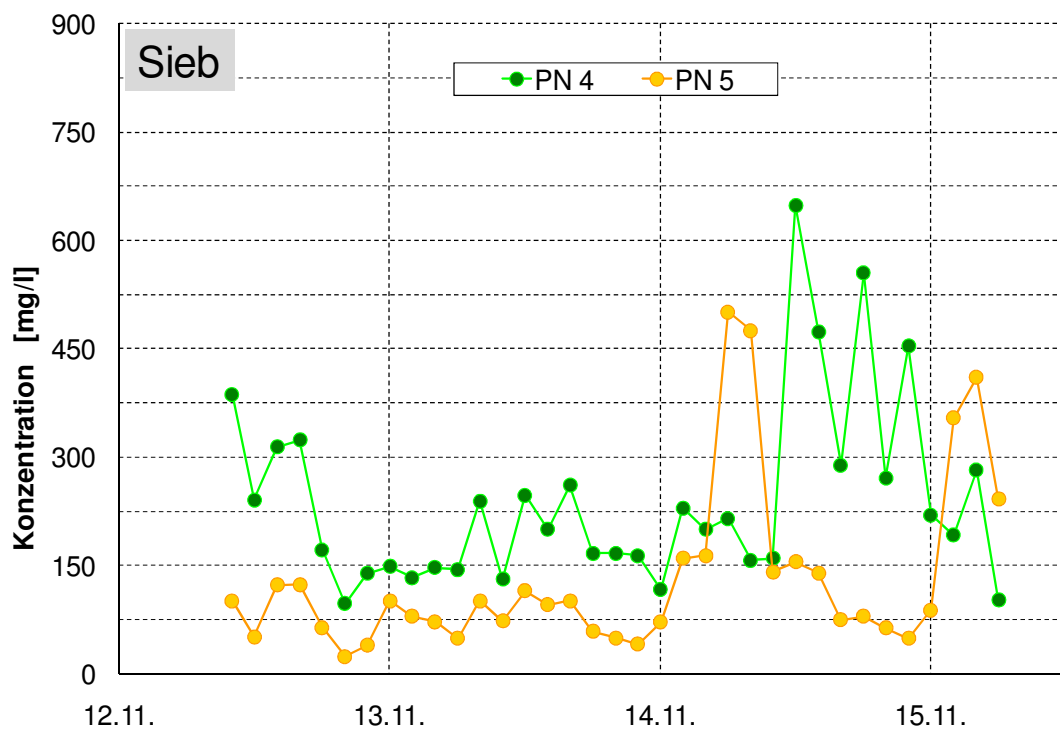


Abbildung 57: Längsverlauf AFS (> 190 µm) Siebstufe

Erfvterband: Optimierung mechanischer Abwasservorreinigung (Abschlussbericht)

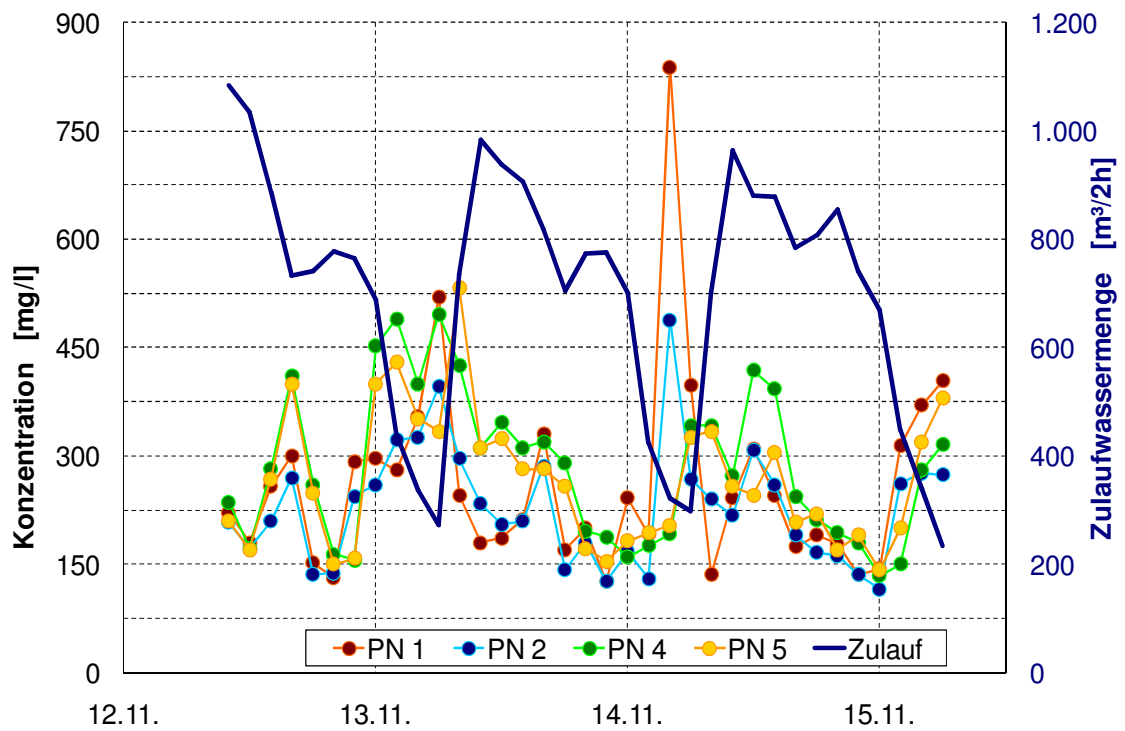


Abbildung 58: Längsverlauf AFS (<math>< 190 \mu\text{m}</math>) MAV

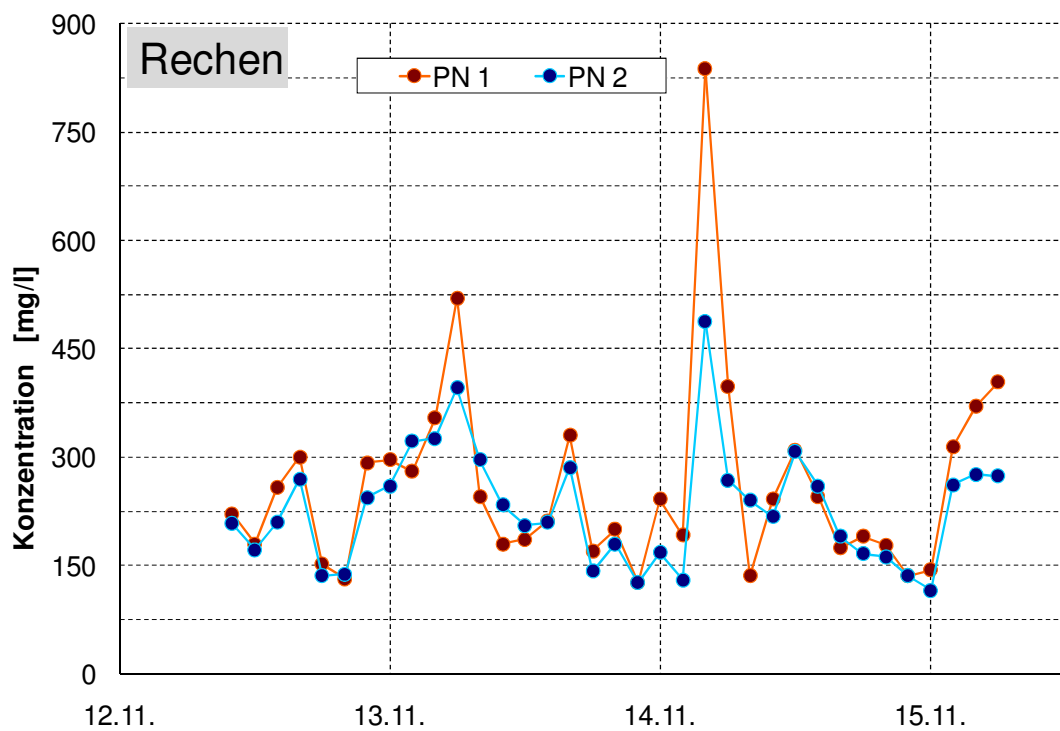


Abbildung 59: Längsverlauf AFS (<math>< 190 \mu\text{m}</math>) Rechenstufe

Erftrverband: Optimierung mechanischer Abwasservorreinigung (Abschlussbericht)

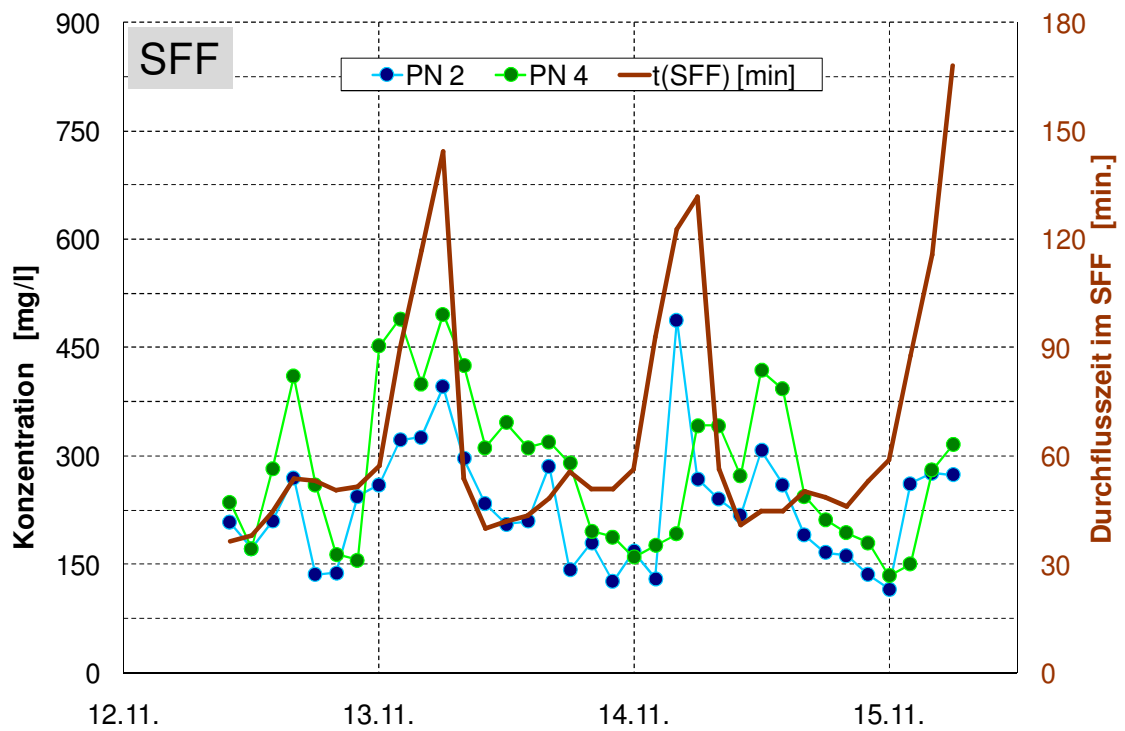


Abbildung 60: Längsverlauf AFS (< 190 µm) SFF

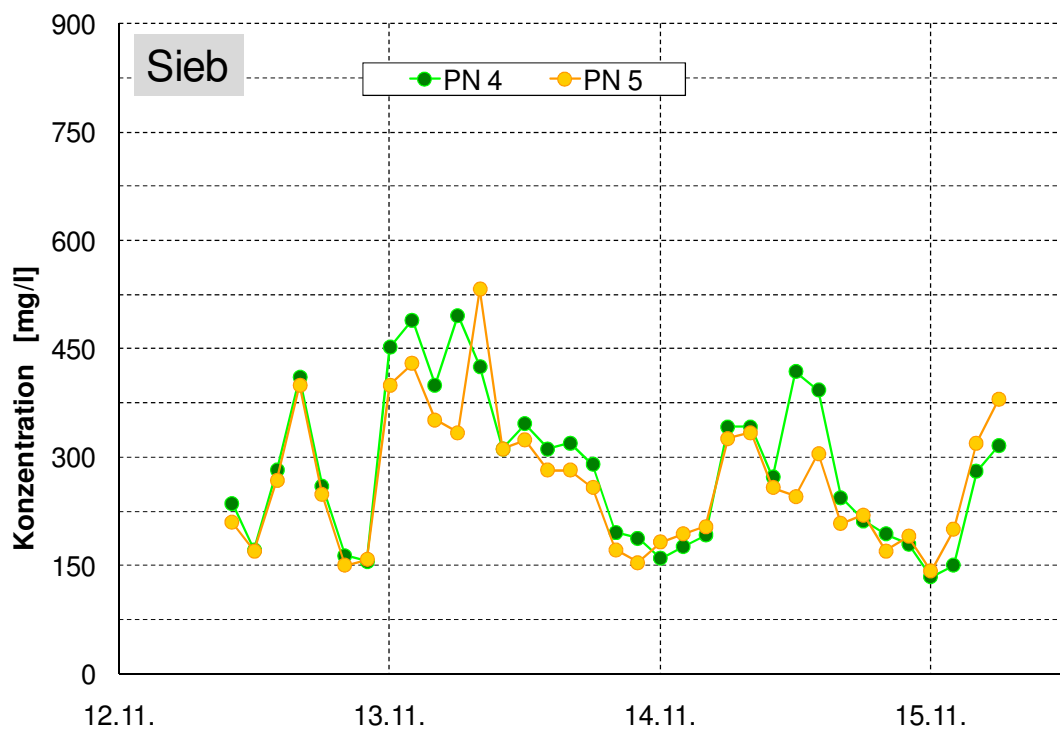


Abbildung 61: Längsverlauf AFS (< 190 µm) Siebstufe

Erftrverband: Optimierung mechanischer Abwasservorreinigung (Abschlussbericht)

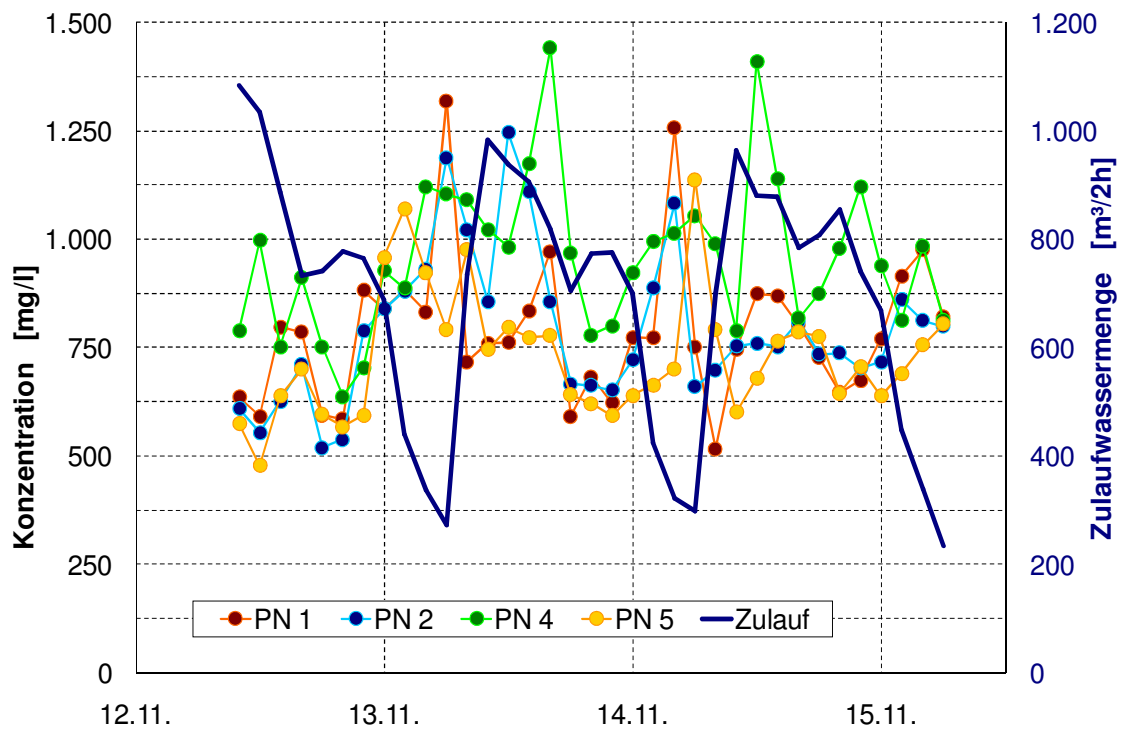


Abbildung 62: Längsverlauf CSB MAV

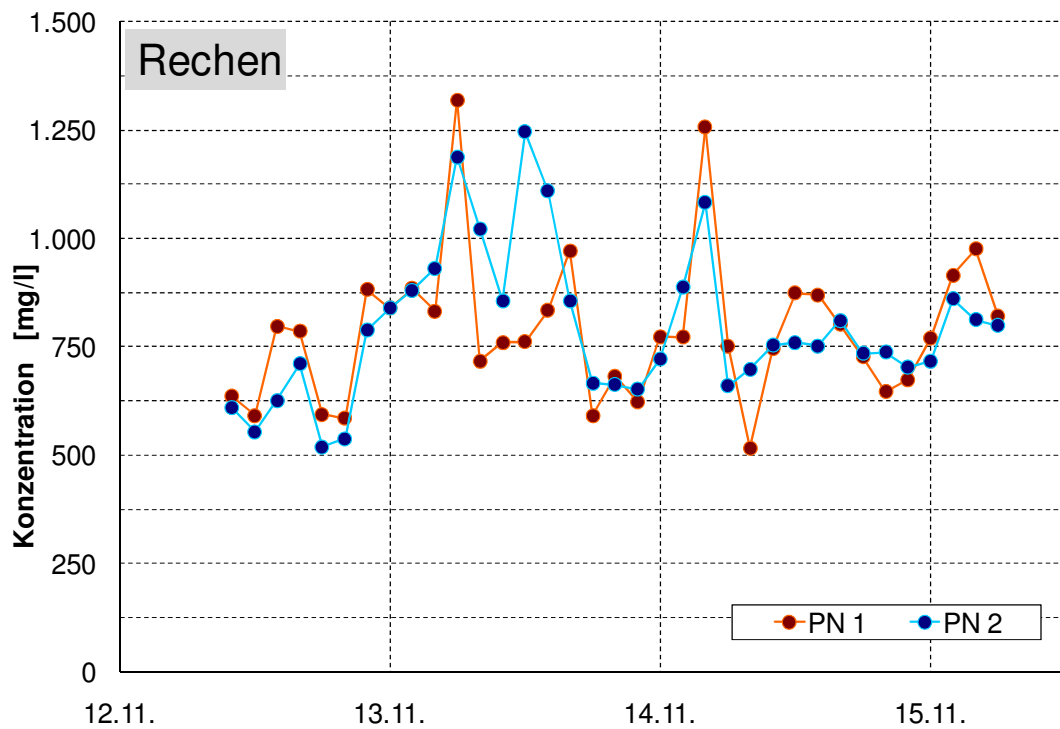


Abbildung 63: Längsverlauf CSB Rechenstufe

Erfvterband: Optimierung mechanischer Abwasservorreinigung (Abschlussbericht)

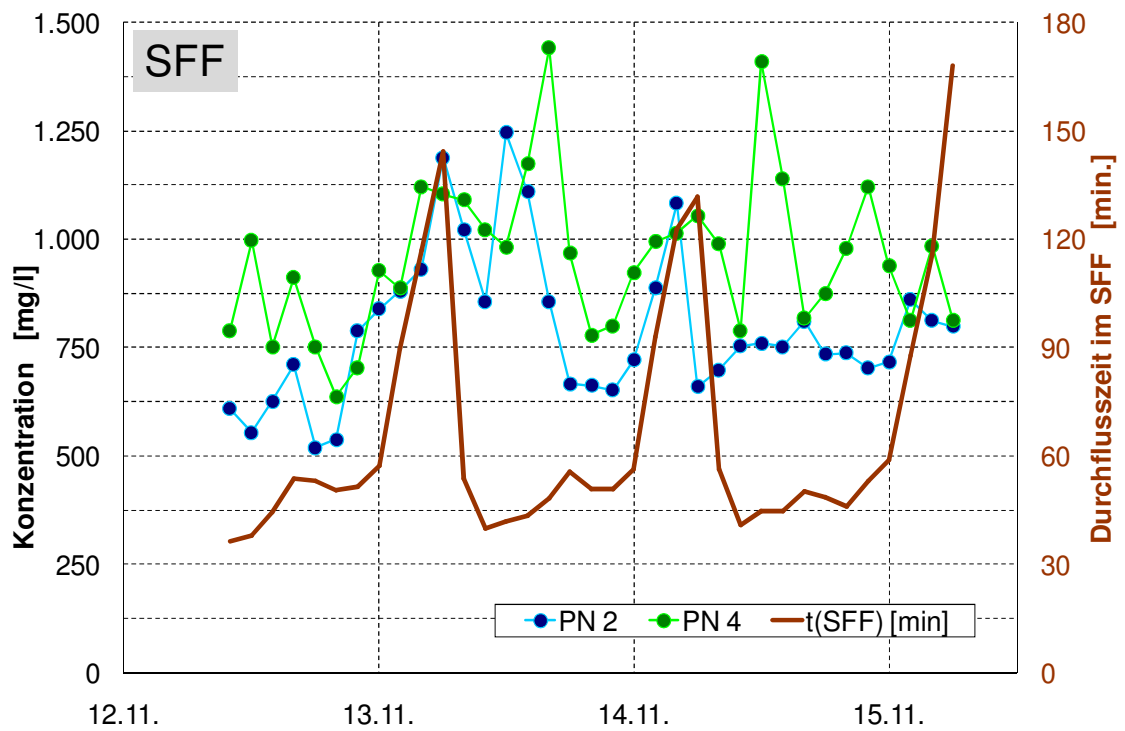


Abbildung 64: Längsverlauf CSB SFF

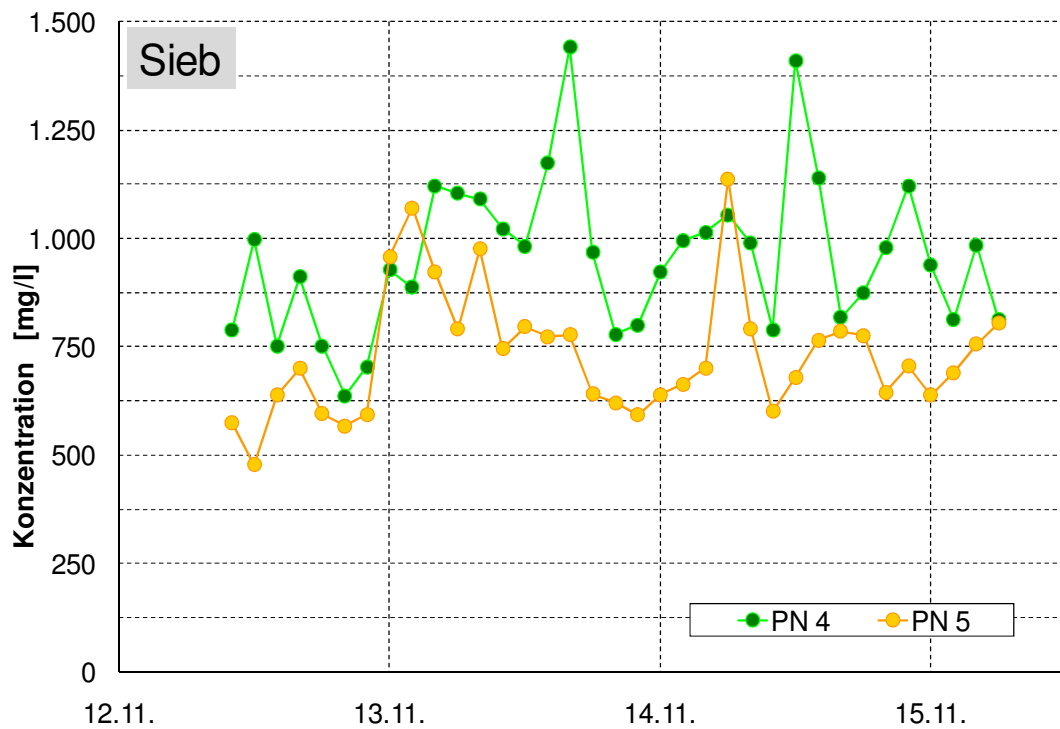


Abbildung 65: Längsverlauf CSB Siebstufe

Erfvverband: Optimierung mechanischer Abwasservorreinigung (Abschlussbericht)

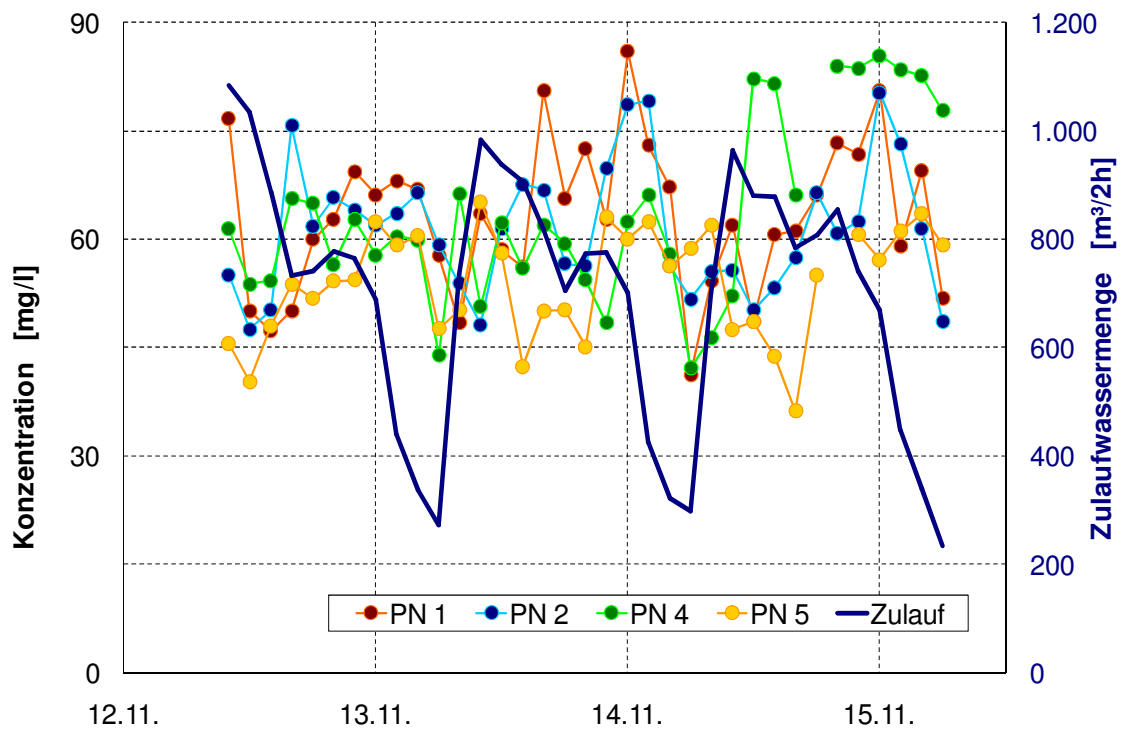


Abbildung 66: Längsverlauf Gesamtfette MAV

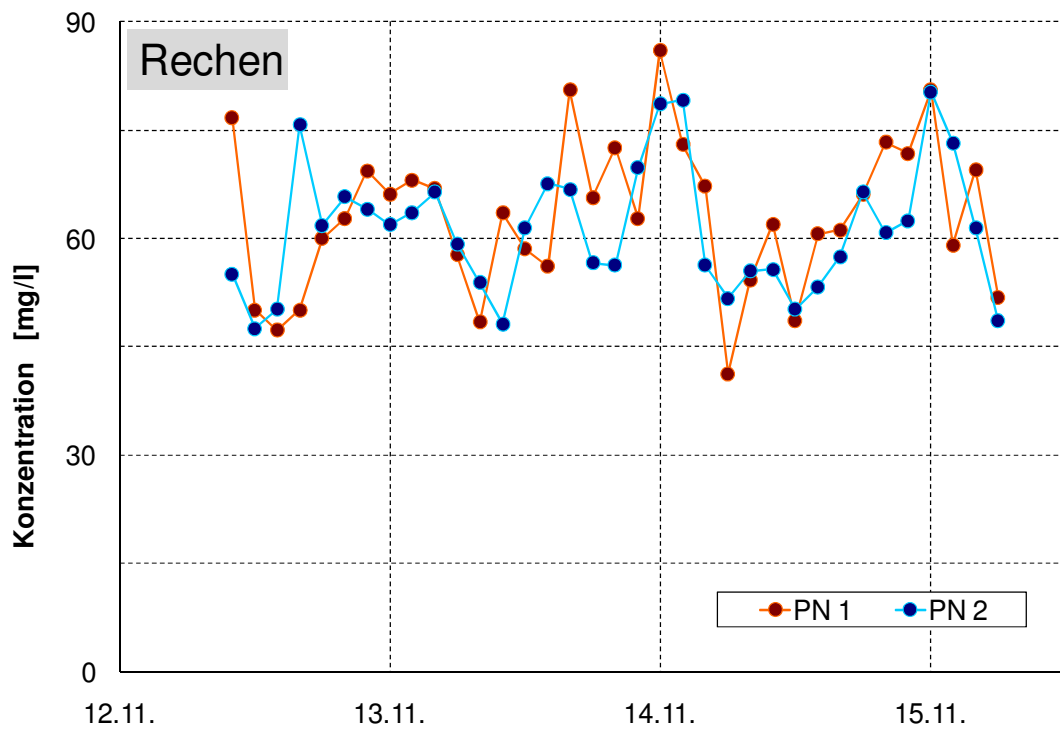


Abbildung 67: Längsverlauf Gesamtfette Rechenstufe

Erfvterband: Optimierung mechanischer Abwasservorreinigung (Abschlussbericht)

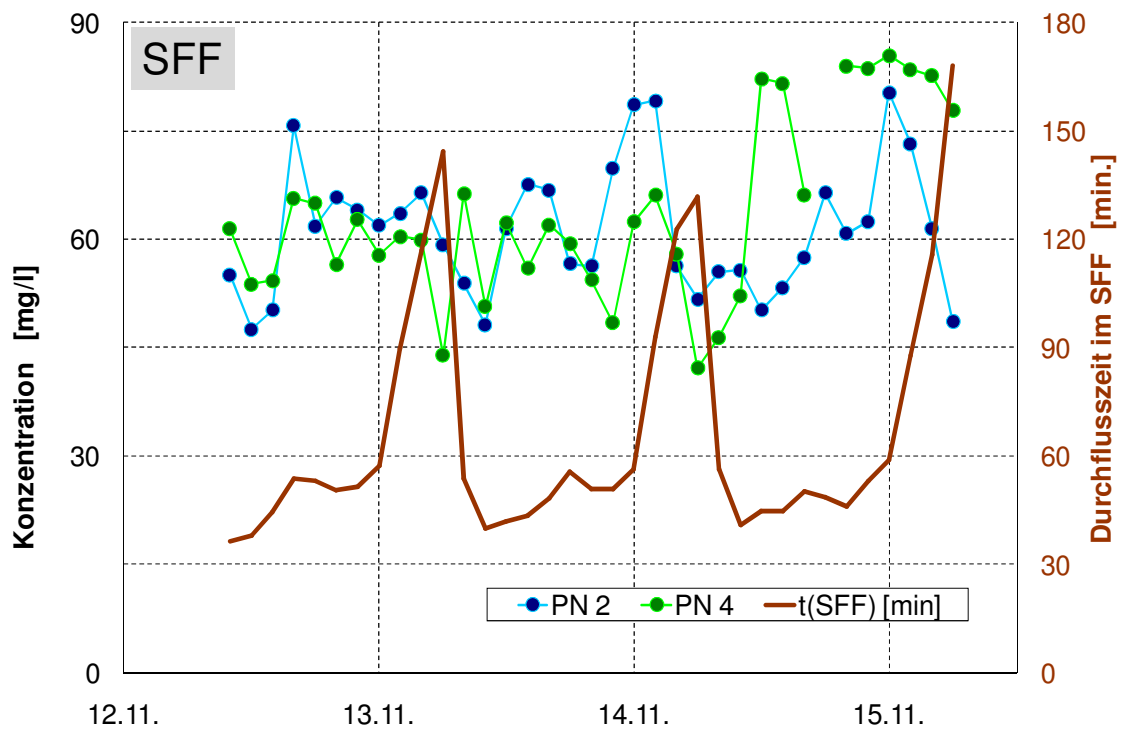


Abbildung 68: Längsverlauf Gesamtfette SFF

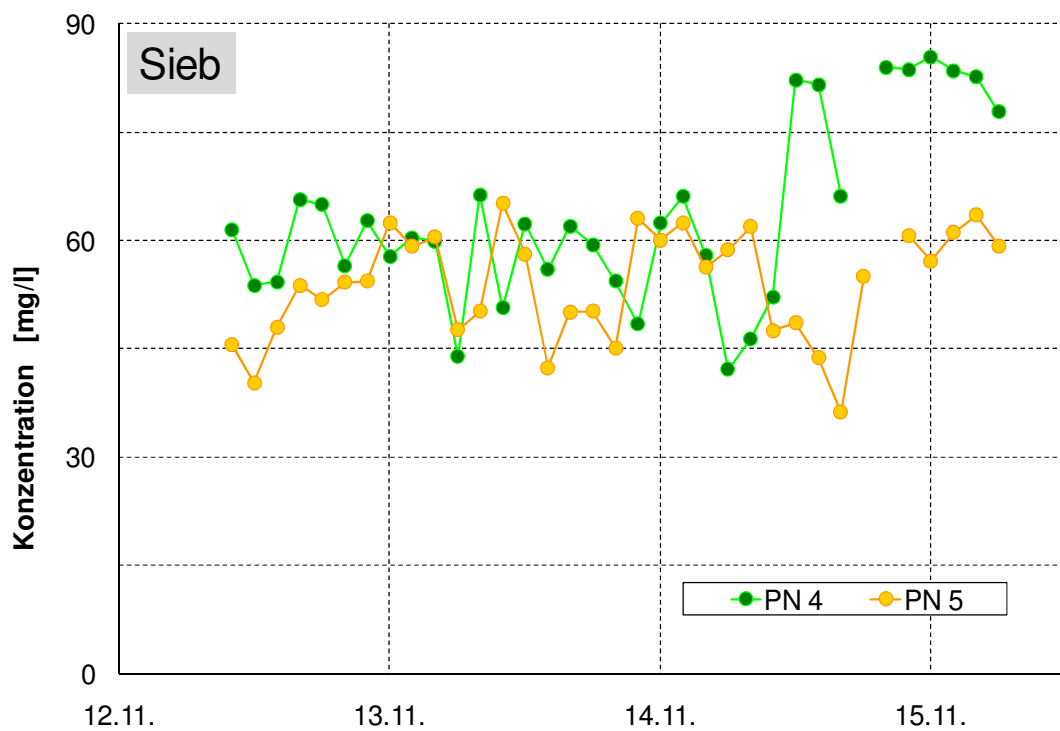


Abbildung 69: Längsverlauf Gesamtfette Siebstufe

Erfvverband: Optimierung mechanischer Abwasservorreinigung (Abschlussbericht)

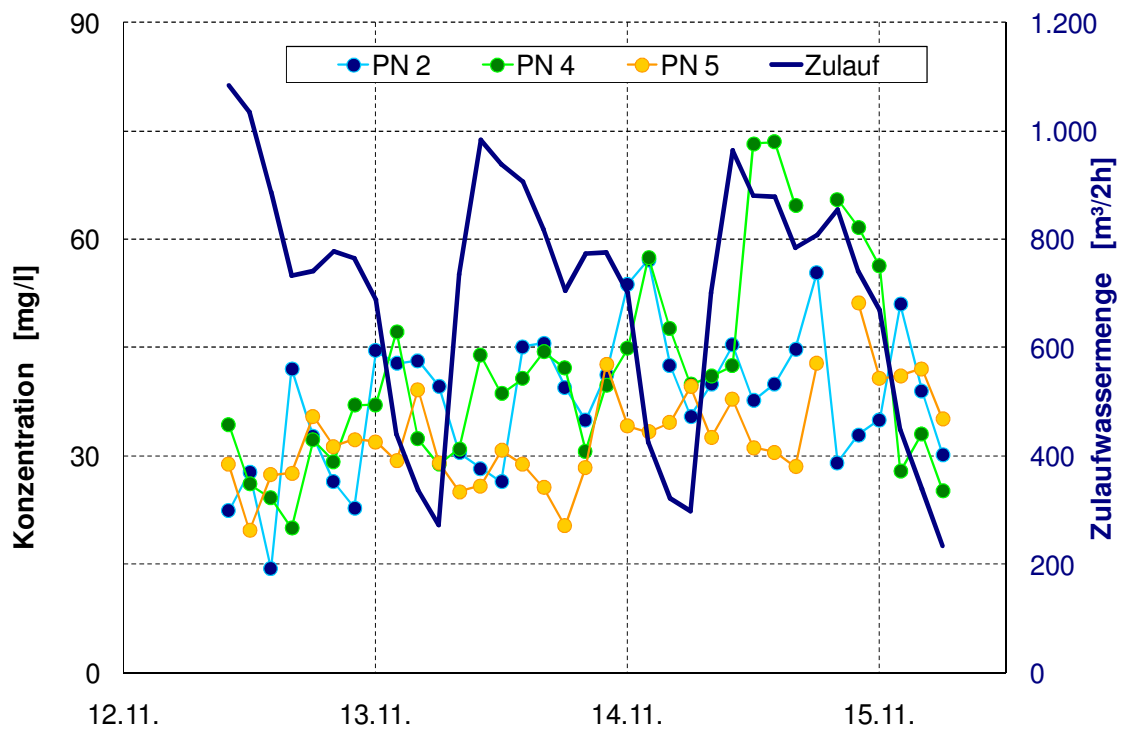


Abbildung 70: Längsverlauf Fette (nicht emulgiert) MAV

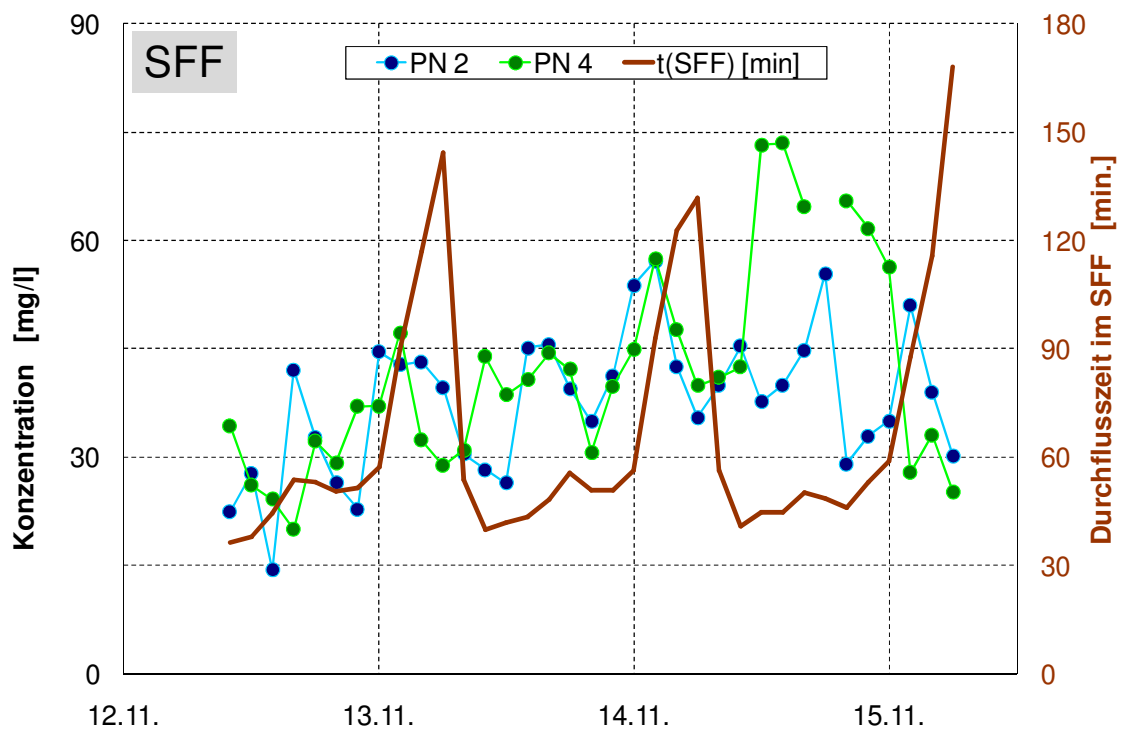


Abbildung 71: Längsverlauf Fette (nicht emulgiert) SFF

Erftrverband: Optimierung mechanischer Abwasservorreinigung (Abschlussbericht)

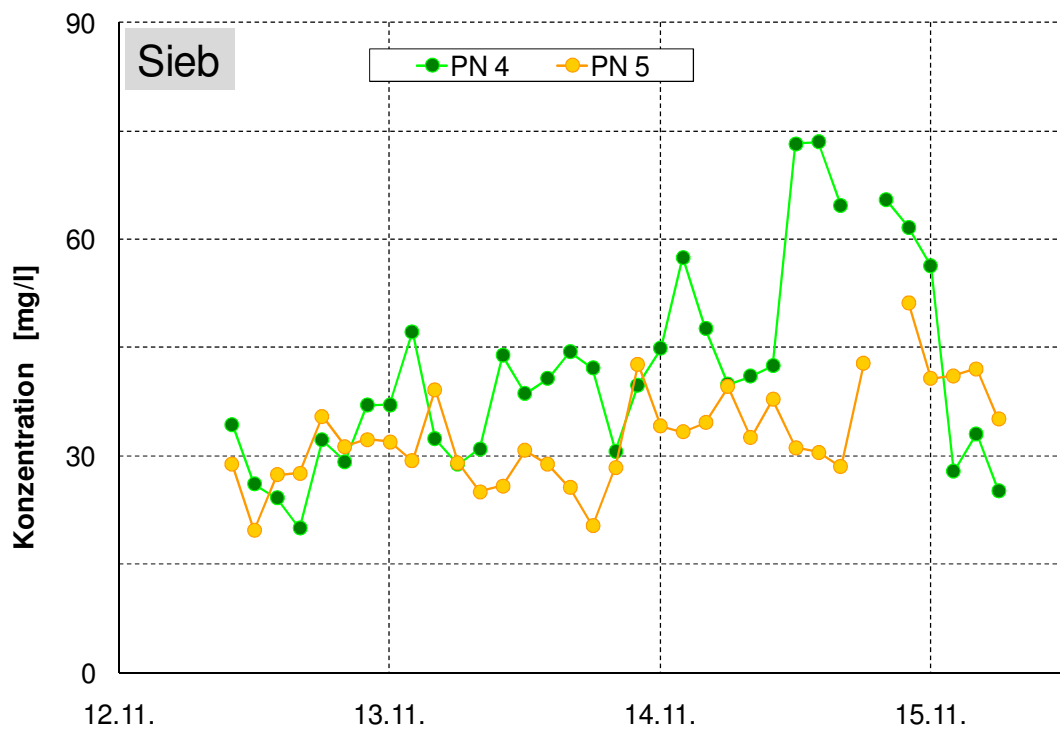


Abbildung 72: Längsverlauf Fette (nicht emulgiert) Siebstufe

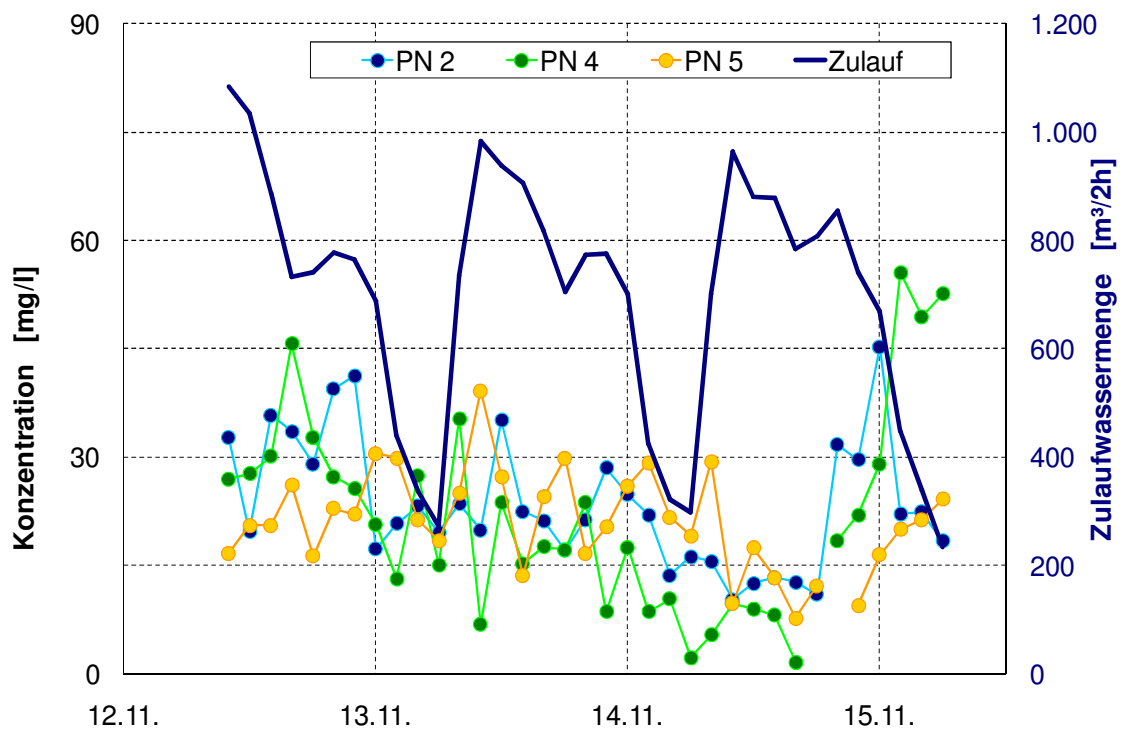


Abbildung 73: Längsverlauf Fette (emulgiert) MAV

Erfvterband: Optimierung mechanischer Abwasservorreinigung (Abschlussbericht)

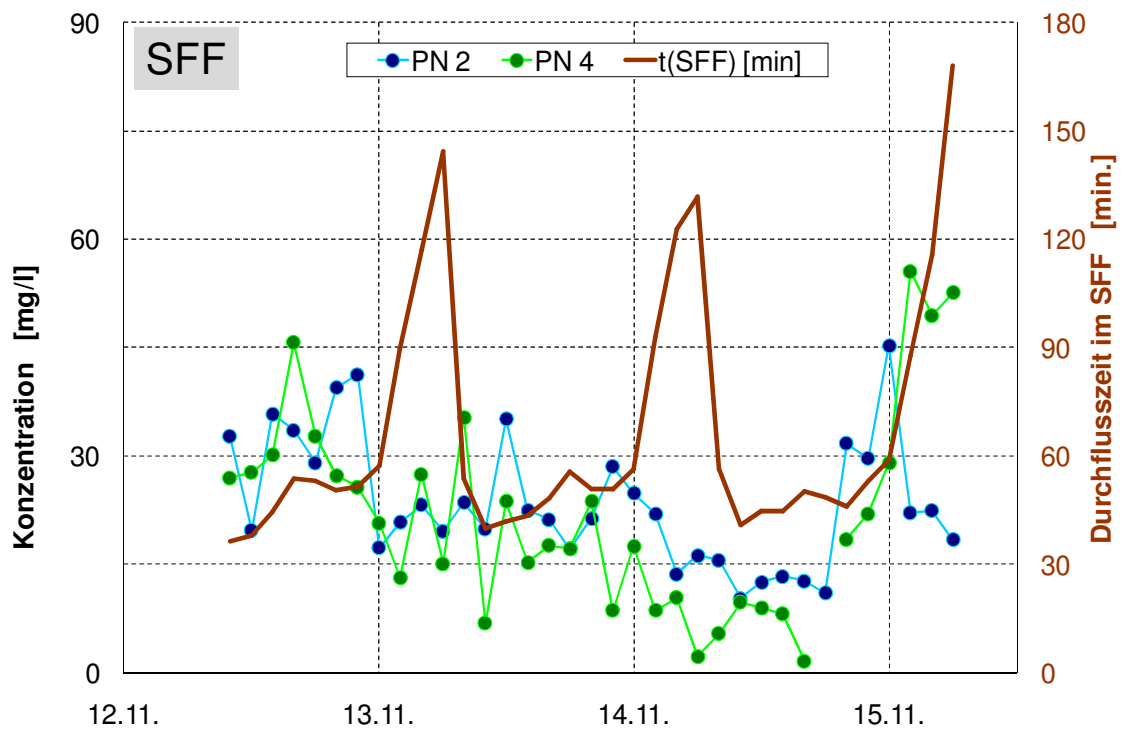


Abbildung 74: Längsverlauf Fette (emulgiert) SFF

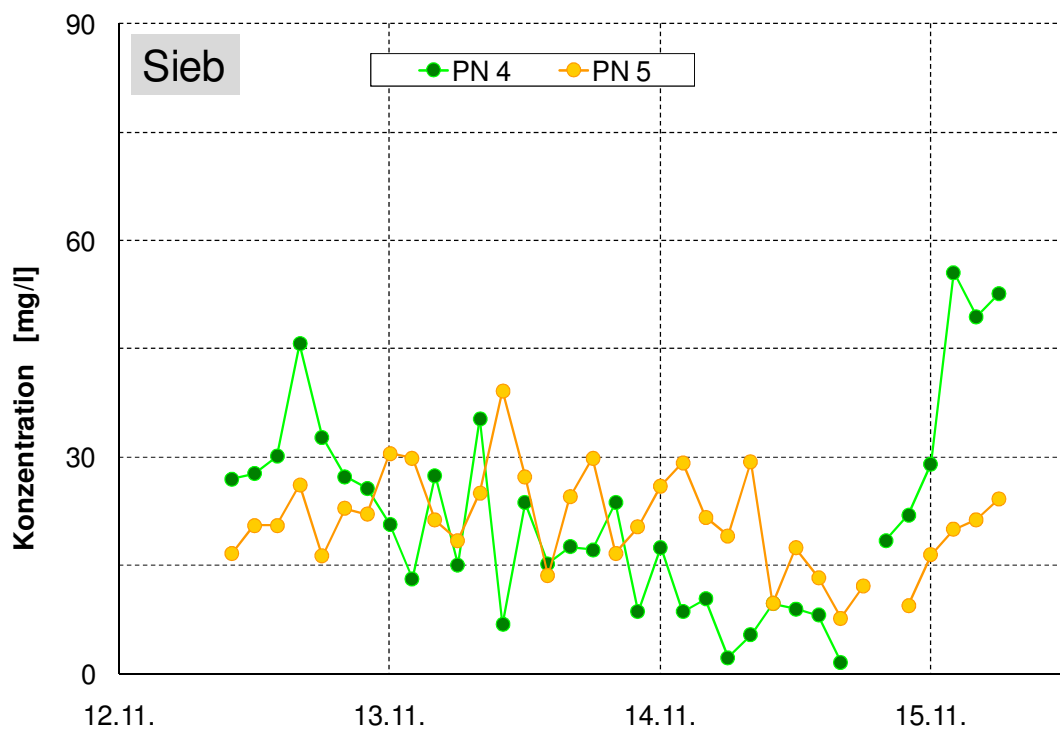


Abbildung 75: Längsverlauf Fette (emulgiert) Siebstufe

9 MESSPHASE 4: LEISTUNGSVERGLEICH VON SIEBSYSTEMEN (BANDSIEB - TROMMELSIEB)

9.1 Einführung

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens sollte ein Siebssystem im Vergleich mit den Hauptstromsieben (Trommelsieben) getestet werden, welches mit einem umlaufenden Endlos-Siebband betrieben wird. Ausgewählt wurde ein Aggregat, welches bislang im Bereich der ausschließlichen „Erstbehandlung“ (gemäß EU 91/271/EWG: physikalische und/oder chemische Behandlung des kommunalen Abwassers mit Hilfe eines Verfahrens, bei dem sich die suspendierten Stoffe absetzen, oder anderer Verfahren, bei denen - bezogen auf die Werte im Zulauf - der BSB_5 um mindestens 20 % und die suspendierten Stoffe um mindestens 50 % verringert werden) in Skandinavien bereits sehr gute Ergebnisse erzielt hat, auf dem Markt der mechanischen Abwasservorreinigung bei kommunalen Belebungs- und Membranbelebungsanlagen jedoch neu ist. Es handelt sich dabei um ein Aggregat der Firma Salsnes-Filter (Namsos, Norwegen).

9.2 Erläuterungen zum Bandsieb

Es handelt sich um ein Bandsieb zur Überfluraufstellung. Abbildung 76 und Abbildung 77 zeigen das Aggregat.



Abbildung 76: Bandsieb (Außenansicht)



Abbildung 77: Einlaufbereich und Maschenbespannung des Bandsiebes

Das zu siebende Abwasser wird im Einlaufbereich auf die gesamte Aggregatbreite verteilt und danach auf ein ca. 45° geneigtes, nach oben auffahrendes Siebband geleitet; Feststoffe werden zurückgehalten, nach oben gefördert, das gesiebte Abwasser kann nach unten in einen Sammelbereich abfließen.

Im oberen Bereich des Siebes wird das Siebband in die Horizontale umgelenkt und nach ca. 0,50 m mittels einer Umlenkrolle wieder zurückgeführt. Das Siebgut wird hinter der Umlenkrolle abgeworfen und aus dem Siebaggreat geführt. Die technischen Besonderheiten des Bandsiebes liegen in der Siebbandreinigung, die sich direkt hinter der Umlenkrolle befinden. Das nach der Umlenkrolle unten zurücklaufende Siebband kann mit zwei Medien gereinigt werden (Durchströmungsrichtung: von oben nach unten), zum einen mit Luft, zum anderen mit Wasser, bei Bedarf auch mit erwärmtem Wasser. Als nachteilig ist zu sehen, dass das gereinigte Siebband durch das gesiebte Abwasser zum Einlaufbereich zurückgeführt wird. In den Untersuchungen konnte jedoch nicht erkannt werden, dass sich hieraus ein relevanter betrieblicher Nachteil bzw. ein betriebliches Problem ergeben.

9.3 Untersuchungskonzept Messphase 4

Untersucht wurde der Parameter AFS inkl. der Größenaufteilung größer und kleiner 190 µm (entspricht ca. 0,2 mm). Abbildung 78 zeigt die Versuchspositionierung und die Versuchsanordnung auf dem GWK Nordkanal.



Abbildung 78: Versuchsaufbau

Das Sieb wurde unterhalb des Gerinnebereiches zwischen SFF und Siebstufe installiert. Aus Erwägungen des großtechnischen Betriebes wurde für den Versuchsbetrieb des Bandsiebes das Abwasser direkt hinter dem SFF aus dem Gerinne gepumpt. Die Probenahmestellen für das Bandsieb und das gleichzeitig untersuchte Trommelsieb im Hauptstrom (1 mm – Maschensieb) des GWK lagen somit ca. 10 m voneinander entfernt. Ein Vergleich dieser Probenahmeorte wurde in Messphase 5 durchgeführt.

Die Untersuchungen des Bandsiebes wurden mit zwei verschiedenen Siebbändern (Maschenbespannungen) durchgeführt, die sich in der Öffnungsweite unterschieden. Zum einen wurde ein Siebband mit der Öffnungsweite 0,35 mm verwendet, im zweiten Versuch ein Siebband mit der Öffnungsweite 0,84 mm.

Es war geplant, Messungen jeweils zu zwei unterschiedlichen Zeitpunkten durchzuführen. Eine kurze „Startmessung“ (2 Tage) unmittelbar nach Inbetriebnahme sollte die Leistungsfähigkeit zu Betriebsbeginn dokumentieren. Eine zweite, längere Messphase (4 bis 5 Tage) sollte die Leistungsfähigkeit nach einigen Monaten Betriebszeit im „Normalbetrieb“ untersuchen.

Aufgrund zeitlicher Restriktionen konnte mit dem 0,84 mm – Siebband lediglich eine zwei-tägige Startmessung durchgeführt werden.

9.4 Siebband 0,35 mm

Die Startmessung fand am 23. und 24. Juli 2008 statt. Die Messung im Normalbetrieb folgte vom 2. bis zum 8. Dezember.

Erfvtverband: Optimierung mechanischer Abwasservorreinigung (Abschlussbericht)

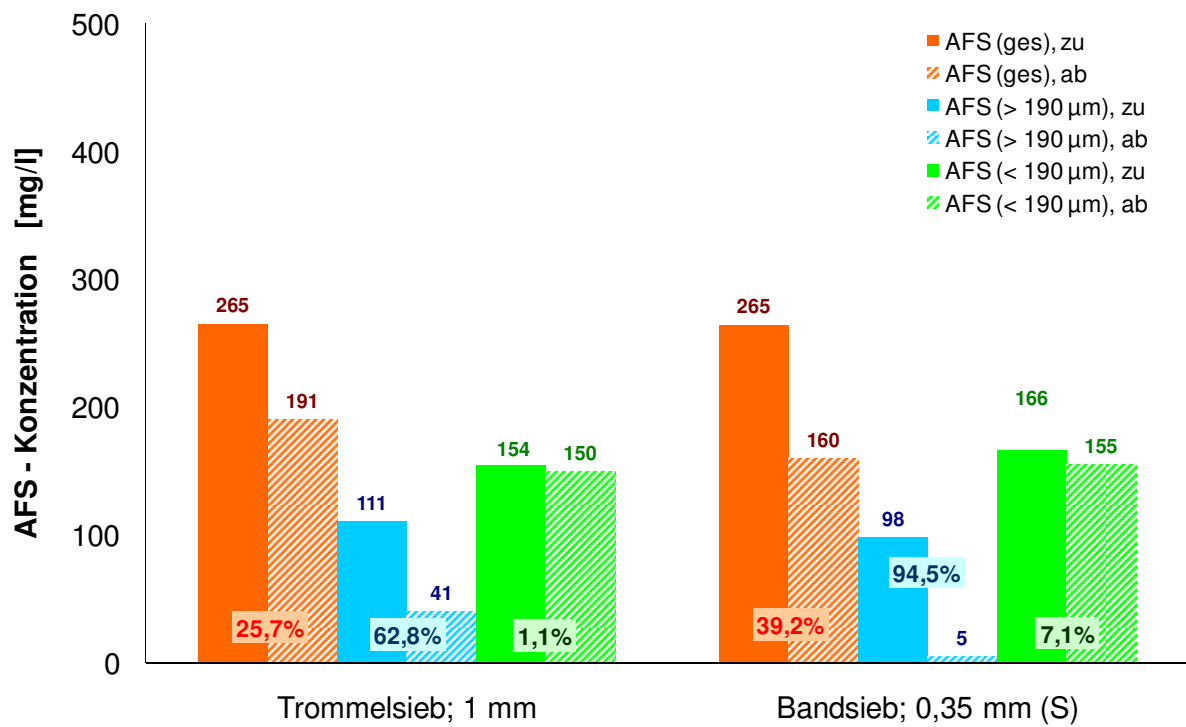


Abbildung 79: AFS-Eliminationsleistungen: Startmessung Bandsieb (0,35 mm)

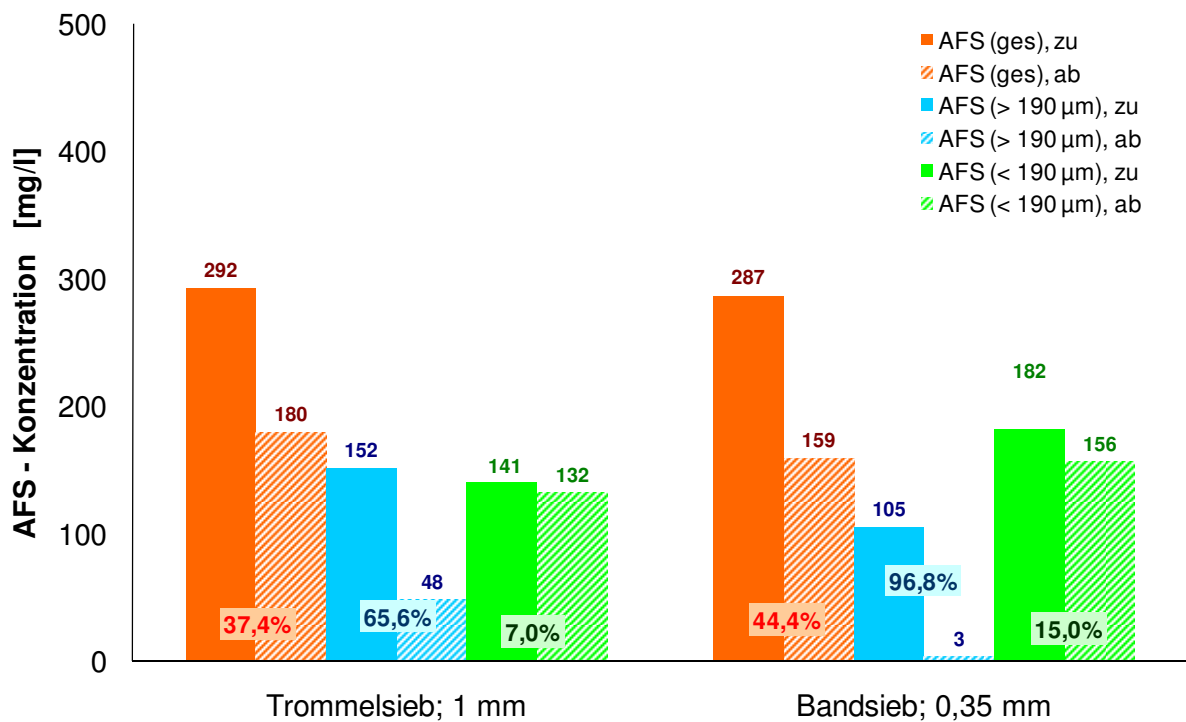


Abbildung 80: AFS-Eliminationsleistungen: Normalbetriebmessung Bandsieb (0,35 mm)

Die Abbildung 79 und Abbildung 80 zeigen für beide Messkampagnen die Zulauf- und Ablaufkonzentrationen sowie die sich daraus ergebenden Eliminationsleistungen für die genannten AFS-Fraktionen und für beide zu vergleichenden Siebaggregate. Grundlage sind die Konzentrationsmittelwerte, gewichtet über den Durchfluss. Die Werte zeigen, dass zu beiden Zeitpunkten die AFS-Konzentrationen auf einem ähnlichen Niveau lagen. Hinsichtlich der AFS-Fraktionen sind jedoch Unterschiede zwischen den Zulaufprobenahmeorten vor den Sieben zu erkennen, die in der Messphase 5 näher beleuchtet werden.

Wie erwartet zeigt das Bandsieb wegen des deutlich kleineren Öffnungsmaßes eine höhere AFS-Entnahmeleistung gegenüber dem Trommelsieb. Die auf AFS_{GES} bezogene Eliminationsrate liegt im Bereich von 40% bis 45%. Die Fraktion $> 0,2$ mm wird nahezu komplett entnommen, die Fraktion $< 0,2$ mm bis zu 15%. Das Trommelsieb variierte demgegenüber in einem deutlich weiteren Spektrum. Die auf AFS_{GES} bezogene Eliminationsrate lag im Bereich von 25% bis 37%. Die Fraktion $> 0,2$ mm wurde zu ca. 65% entnommen, die Fraktion $< 0,2$ mm bis zu 7%.

Im Ergebnis des Leistungsvergleiches der Startmessung und der Normalbetriebmessung (nach 4-monatigem Dauerbetrieb) des Bandsiebes kann konstatiert werden, dass keine Verschlechterung der Leistungsfähigkeit des Aggregates sondern im Gegenteil eine leichte Verbesserung zu verzeichnen war. Möglicherweise handelt es sich hierbei um den Effekt einer Belagbildung auf der Siebfläche, sodass unregelmäßig auch kleinere Öffnungsweiten als 0,35 mm siebaktiv sind. Ein gleichzeitiger Rückgang der hydraulischen Leistungsfähigkeit war nicht festzustellen.

9.5 Siebband 0,84 mm

Die Startmessung fand am 11. und 12. Dezember 2008 statt. Abbildung 81 zeigt die Zulauf- und Ablaufkonzentrationen sowie die sich daraus ergebenden Eliminationsleistungen für die genannten AFS-Fraktionen und für beide zu vergleichenden Siebaggregate. Grundlage sind die Konzentrationsmittelwerte, gewichtet über den Durchfluss.

Die auf AFS_{GES} bezogene prozentuale Eliminationsrate beider Aggregate lag auf dem gleichen Niveau von ca. 30%. Die Leistungsfähigkeit des Trommelsiebes ordnete sich in den in Kap. 9.4 genannten Bereich ein. Auffällig ist die erhöhte Entnahme der AFS-Fraktion $< 0,2$ mm gegenüber den vorherigen Untersuchungen. Hierauf wurde speziell in der Messphase 5 eingegangen.

Für das Bandsieb stellen die Ergebnisse in Abbildung 81 die zu erwartende Leistungsabnahme gegenüber der 0,35 mm-Siebfläche im vorherigen Kapitel dar. Für beide AFS-Größenfraktionen als auch für AFS_{GES} ergibt sich eine prozentuale Reduzierung der Entnahmeleistung.

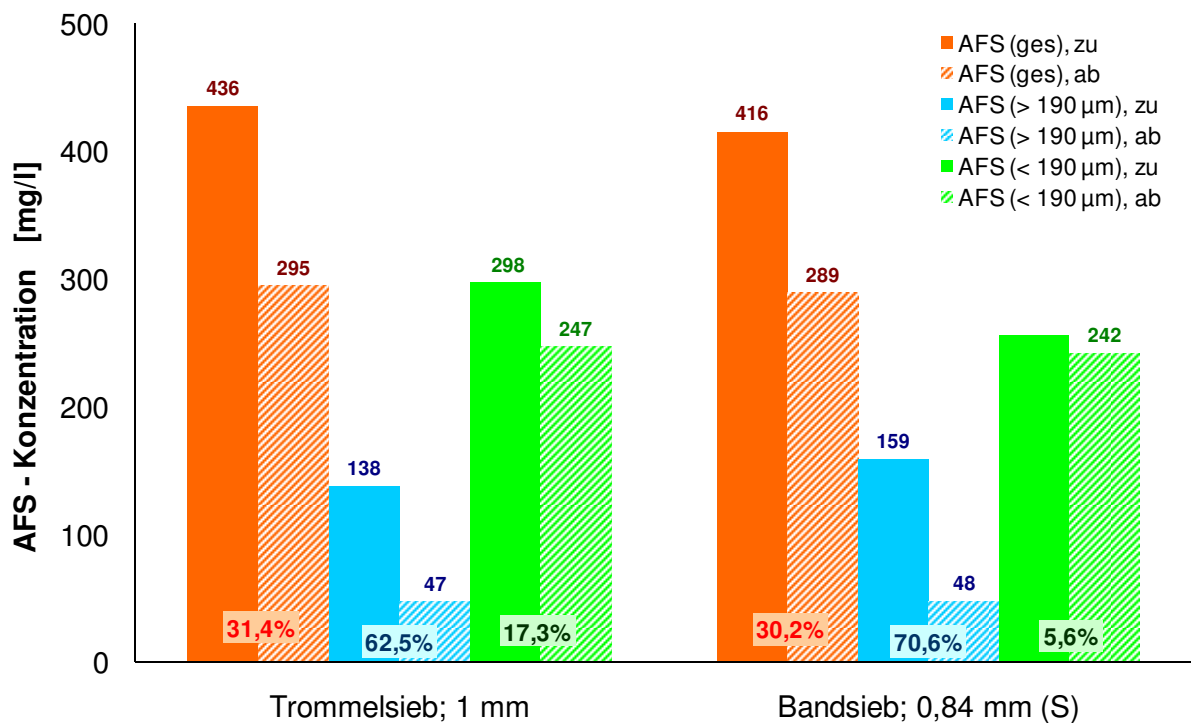


Abbildung 81: AFS-Eliminationsleistungen: Startmessung Bandsieb (0,84 mm)

Mit Blick auf die absoluten Konzentrationswerte ergibt sich eine davon abweichende Interpretation. Die Zulaufkonzentrationen lagen auf einem deutlich höheren Niveau als bei den Untersuchungen mit dem 0,35 mm – Siebband. Die Konzentrationsabnahmen sind mindestens vergleichbar oder sogar größer, wie bei der AFS-Fraktion > 0,2 mm zu sehen ist. Aufgrund der höheren Zulaufkonzentrationen ergibt sich jedoch eine prozentual niedrigere Eliminationsrate.

9.6 Fazit

Grundsätzlich hat sich in allen Untersuchungen die Betriebstauglichkeit des getesteten Bandsiebes der norwegischen Firma Salsnes-Filter gezeigt. Dies kann auch für den Langzeitbetrieb attestiert werden mit der zeitlichen Einschränkung, dass die entsprechende Testphase im Rahmen dieses Projektes ca. 5 Monate andauerte.

In Abbildung 82 sind die Ergebnisse der AFS-Messungen mit dem Bandsieb und den beiden verwendeten Siebändern zusammengestellt.

Mit einem 0,35 mm – Siebband wurden AFS_{GES}-Entnahmelösungen zwischen 40% und 45% gemessen. Die darin enthaltene AFS-Fraktion > 0,2 mm wurde nahezu komplett zurückgehalten.

Mit einem 0,84 mm – Siebband wurde in einer kurzzeitigen Startmessung eine AFS_{GES}-Entnahmeleistung von 30% gemessen, allerdings bei im Vergleich deutlich höheren AFS-Zulaufkonzentrationen. In diesem Fall wurde die darin enthaltene AFS-Fraktion > 0,2 mm um 70% reduziert, bezogen auf die erzielte Konzentrationsdifferenz war die Leistungsfähigkeit sogar höher als mit dem 0,35 mm – Siebband (111 mg/l gegenüber 102 mg/l; siehe Abbildung 80 und Abbildung 81).

Insofern bleibt die Frage unbeantwortet, welche Leistungsfähigkeit bei den Zulaufverhältnissen in Kap. 9.5 mit einem 0,35 mm – Siebband zu erreichen wären.

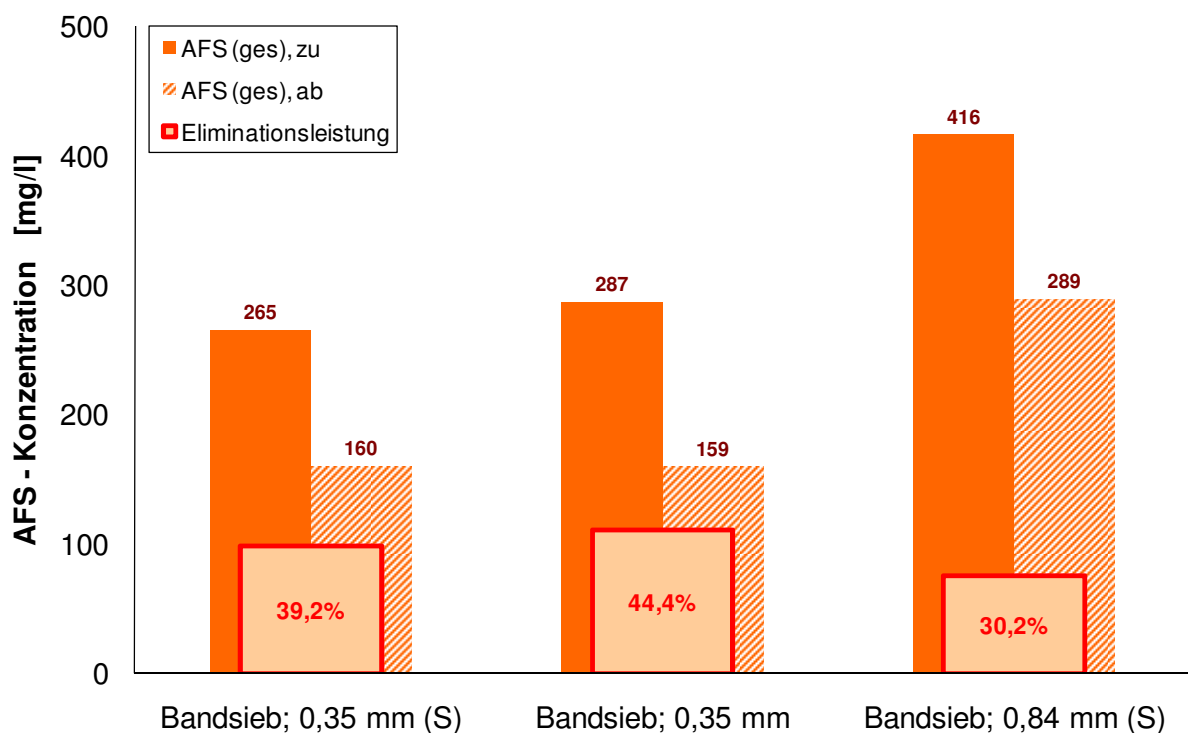


Abbildung 82: Vergleich aller Messungen mit Bandsieben

Die folgende Abbildung 83 enthält einen Überblick über alle Siebuntersuchungen bezogen auf die AFS_{GES}-Entnahmeleistung, die vom FG SWW bislang seit dem Jahre 2003 auf verschiedenen europäischen Membranbelebungsanlagen durchgeführt wurden.

Hinweis 1:

Dabei hat die Kläranlage Monheim insofern einen Sonderstatus, als das dort befindliche Sieb als erste Entnahmestufe fungiert, also das Sieb an Stelle eines Rechens betrieben wird. Daraus resultiert eine höhere Entnahmeleistung des Siebes. An allen anderen Untersuchungsorten ist der Zulauf zur Siebstufe bereits um die AFS-Menge reduziert, die der vorgelagerte Rechen und auch der vorgelagerte SFF bereits entnommen haben.

In der Abbildung 83 enthalten und entsprechend gekennzeichnet finden sich auch die auf dem GWK Nordkanal durchgeführten Untersuchungen mit dem Bandsieb (und den verwendeten Öffnungsweiten) sowie mit dem im Hauptstrom verwendeten Trommelsieb und den verschiedenen Siebflächen (2004 bis 2006: 0,5 mm Spalt, 2006 bis 2010: 1,0 mm Masche, seit 2010: 1,5 mm Masche), die hier seit der Inbetriebnahme des GWK Nordkanal im Jahre 2004 nacheinander in Betrieb waren.

Hinweis 2:

Im folgenden Kap. 10 wird dargestellt werden, dass es in dem Übergangsbereich zwischen SFF und Siebstufe zur Ausbildung eines AFS-Konzentrationsgradienten kommt. Im Mittel beträgt die Konzentrationserhöhung 20,4% (Kap. 10.4). Für das Trommelsieb 1 mm Masche auf dem GWK Nordkanal wurde diese Konzentrationserhöhung berücksichtigt und abgezogen.

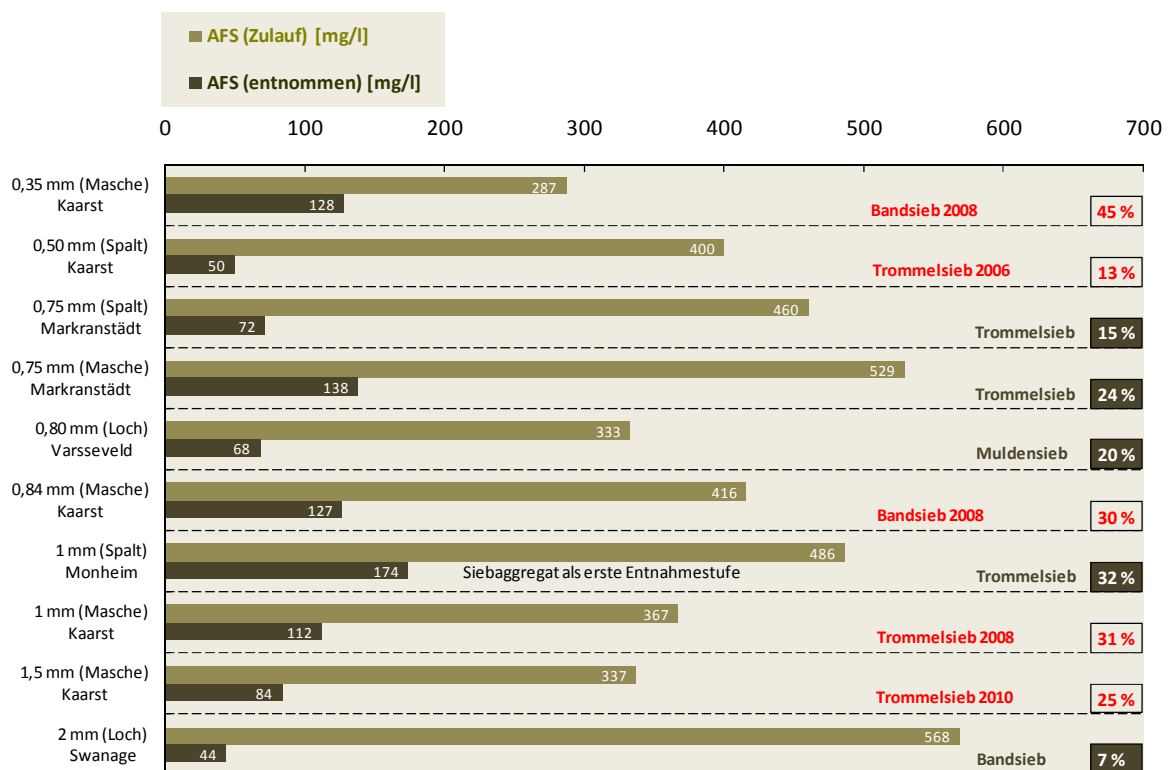


Abbildung 83: Ergebniszusammenstellung von Siebuntersuchungen

Folgende Aussagen lassen sich speziell im Hinblick auf die in diesem Projekt untersuchten Siebe treffen:

- ➡ Das Bandsieb mit einem 0,35 mm – Siebband zeigte die größte prozentuale Entnahmeleistung in den bisherigen Untersuchungen, weist jedoch auch die kleinste bisher untersuchte Öffnungsweite auf. Die AFS-Zulaufkonzentrationen waren von allen durchgeführten Untersuchungen in dieser Messphase am niedrigsten.

- ➔ Ausgenommen eindimensionale Öffnungsweiten zeigte das Bandsieb mit einem 0,84 mm – Siebband in der Öffnungsweitenklasse von 0,5 mm bis 1 mm die größte Entnahmeleistung. Insbesondere der Vergleich mit dem Trommelsieb in Markranstädt bzw. mit dem Muldensieb in Varsseveld deutet die betriebliche Qualität des untersuchten Bandsiebes an. Es sei jedoch nochmals darauf hingewiesen, dass lediglich eine zweitägige Messphase durchgeführt werden konnte.
- ➔ Bestätigt wird die bereits bekannte Annahme, dass zweidimensionale Öffnungsweiten (Loch, Masche) effektiver in Bezug auf die AFS-Entnahme sind als eindimensionale Öffnungsweiten (Spalt).

Im Folgenden wird in Abbildung 84 ein Vergleich zwischen einer MAV-Stufe inkl. Vorklärung mit Bezug zum ATV-DVWK-Arbeitsblatt-A 131 (2000) und einer MAV-Stufe inkl. Sieben dargestellt, in diesem Fall den zuvor untersuchten Bandsieben. Dabei wurde zu den Eliminationsleistungen der Abbildung 82 eine vorhergehende AFS-Entnahme durch Rechen und SFF gemäß den Untersuchungsergebnissen der Messphase 1 von 20% hinzu addiert. Es wird deutlich, dass sich die AFS-Leistungsfähigkeiten einer MAV-Stufe mit Sieben in der gleichen Größenordnung bewegen wie MAV-Stufen mit Vorklärbecken.

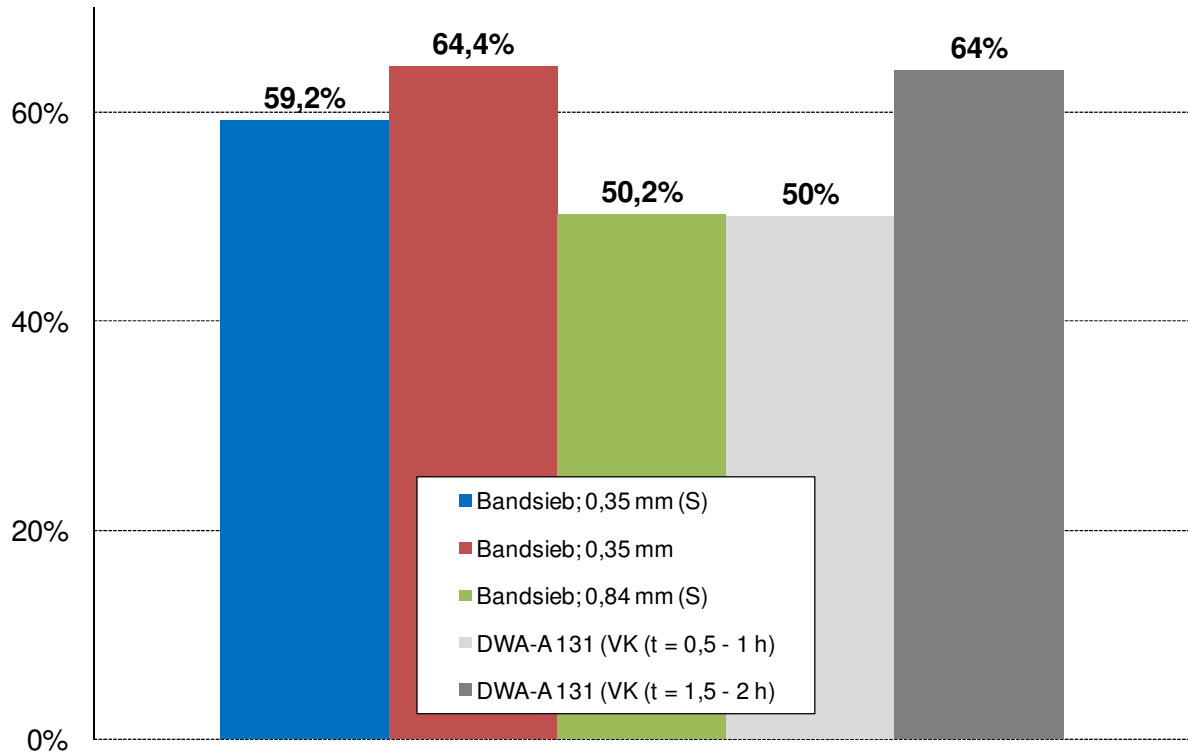


Abbildung 84: MAV-Vergleich: Sieb - Vorklärung

10 MESSPHASE 5: VERGLEICH DER PROBENAHEORTE VOR DER SIEBUNG

10.1 Einführung

Die in diesem Kapitel diskutierte Messphase 5, die sich infolge der Ergebnisse der vorhergehenden Messphasen nochmals mit der Leistungsfähigkeit des SFF beschäftigen sollte, wurde zusätzlich motiviert durch Revisionsarbeiten (erstmalig seit der Inbetriebnahme) an den Belebungsbecken im Frühjahr 2009, die weitere Hinweise auf eine unzureichende Leistungsfähigkeit des SFF lieferten.

10.2 Ablagerungen in der Belebung

Im Zuge dieser Revisionsarbeiten wurden in erheblichem Umfang Feststoffablagerungen in den Denitrifikations- und in den Variobereichen der Belebungsbecken festgestellt (siehe Abbildung 85).



Abbildung 85: Feststoffablagerungen im Belebungsbecken

Einerseits kann dieser Umstand auf eine unzureichende Durchmischung dieser Belebungsbeckenzone zurückgeführt werden, andererseits sollte der Betrieb der vorgelagerten mechanischen Reinigungsstufen, insbesondere des SFF, einen derart massiven Abtrieb von Feststoffen grundsätzlich verhindern. Von den abgelagerten Feststoffen wurde eine Probe entnommen und auf die organische/mineralische Fraktionierung hin untersucht. Anschließend wurde von der mineralischen Feststofffraktion eine Sieblinie aufgenommen. Mit einer Sieblinie kann man die Körnung eines Bodens (Ton, Sand, Kies, Geschiebe) grafisch darstellen. Sie wird ermittelt durch Siebe unterschiedlicher Maschenweite, die den Korngrößen der DIN EN ISO 14688-1 (2002) entsprechen.

Der Anteil der organischen Feststoffe betrug 8,7%, der Anteil der mineralischen Feststoffe betrug 91,3%. Zur Siebung wurde eine mineralische Feststoffmasse von 320 g verwendet. Das Material wurde über folgende Maschenweiten fraktioniert: < 0,063; 0,063; 0,125; 0,160; 0,200; 0,250; 0,500; 1,000 und 2,000 (alle Angaben in [mm]). Die Siebe mit der Maschenweite 0,16 mm und 0,20 mm sind gemäß DIN 4022 nicht vorgesehen, wurden jedoch in dieser Untersuchung ergänzt, da insbesondere der Größenbereich bis zu 0,20 mm für die Charakterisierung der Feststoffablagerungen vor dem Hintergrund der Leistungsfähigkeit des vorgelagerten SFF von Interesse ist. Die Sieblieniengrafik (Abbildung 86) zeigt auf der horizontalen logarithmisch geteilten Achse die Körnungsgröße des Materials an. Auf der senkrechten Achse wird der Prozentanteil des jeweiligen Siebdurchganges dargestellt. Weite Sieblinienkurven zeigen ein sehr weitgestuftes, verschiedenkörniges Material an. Enge Sieblinienkurven zeigen ein sehr einkörniges Material (d.h. gleiche Größe) an.

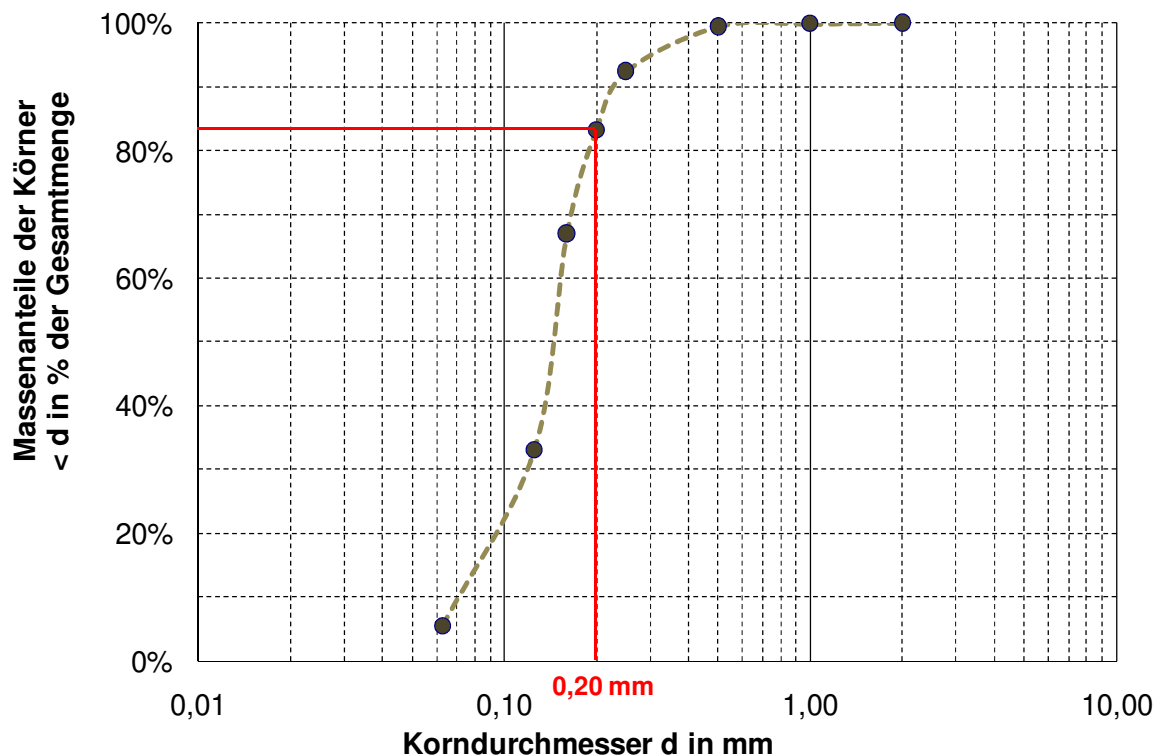


Abbildung 86: Sieblinie der Glührückstände der abgelagerten Feststoffe

Im Bereich bis zu 0,25 mm kann von einer engen Sieblinienkurve gesprochen werden. 92,5% der Korngrößen liegen unterhalb von 0,25 mm, 7% liegen im Bereich bis 0,50 mm, der marginale Rest da drüber.

Bezogen auf die Leistungsfähigkeit des SFF ist jedoch die Ablesung von 83% bei einer Korngröße von 0,20 mm besonders interessant. Daraus ergibt sich, dass die verbleibenden

17% des abgelagerten Materials eine Korngröße aufweisen, die verfahrenstechnisch die Belebungsbecken gar nicht erreichen sondern bereits im SFF entnommen sein sollte.

10.3 Untersuchungskonzept Messphase 5

Im Zuge der vorherigen und in Kap. 9 diskutierten Messphase 4 waren Konzentrationsdifferenzen zwischen den beiden Zulaufprobenahmestellen für die verschiedenen Siebe (Bandsieb und Trommelsieb) aufgefallen. Die Zulaufprobenahmestelle für das Bandsieb lag direkt am Auslauf des SFF, die Zulaufprobenahmestelle für das Trommelsieb lag direkt vor dem Sieb selbst. Die Probenahmestellen sind ca. 10 m voneinander entfernt.

In der „Normalbetriebmessung“ der Messphase 4 war bspw. nachfolgendes Diagramm (Abbildung 87) aufgenommen worden, welches zeigt, dass die AFS (> 190 µm) - Zulaufkonzentrationen am Trommelsieb (das ist die Probenahmestelle PN 4 der Messphasen 1 und 3) häufig deutlich größer waren als gleichzeitig an der Zulaufprobenahmestelle für das Bandsieb.

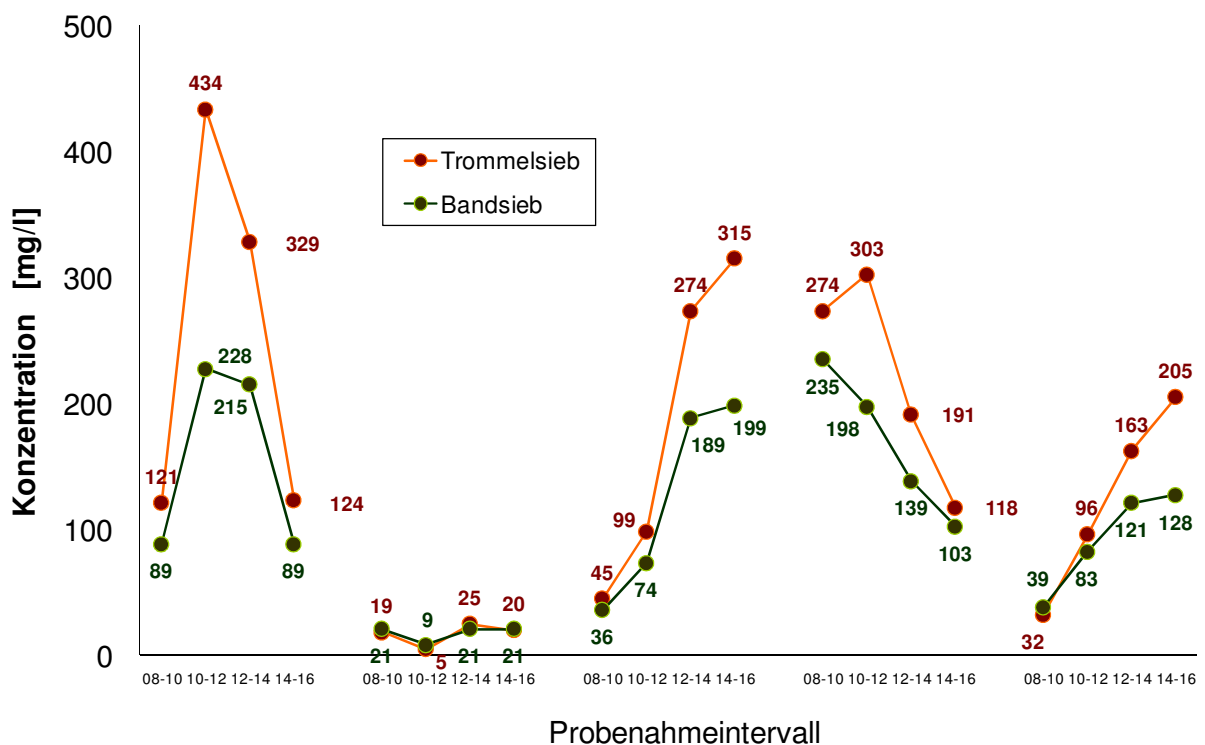


Abbildung 87: AFS (> 190 µm)-Zulaufkonzentrationen (aus Messphase 4)

Abbildung 88 zeigt beide Probenahmeorte. Die Probenahmestelle direkt am Auslauf des SFF wurde für die Messphase 5 und alle folgenden Messphasen mit „PN 4a“ bezeichnet.



Abbildung 88: Probenahmeorte vor der Siebung (links: PN 4a (NEU); rechts: PN 4)

Die theoretische Vermutung zu den Messergebnissen ist, dass das Huber-Sieb aufgrund seiner Einbausituation (Aufstellwinkel, aktive Siebfläche, Siebgutabwurfmechanik, Verdünnungseffekt im Siebguttrichter) zwar Feststoffe einer bestimmten Größenordnung „aufhält“, jedoch nicht wirklich entnimmt und abtransportiert sondern stattdessen zu einer „Aufkonzentrierung“ der Feststoffe im Zulaufbereich der Siebaggregate führt. Im Weiteren könnte dies der Grund für ein v.a. unter Trockenwetterbedingungen häufig beobachtetes Phänomen sein, dass nämlich zur späten Vormittagszeit und zur Mittagszeit die Frachtbelastungen vor den Sieben so groß werden, dass das Notumlaufgerinne mit dem darin befindlichen Notumlaufsieb (1 mm Spalt) „anspringt“, ein Umstand, der bemessungstechnisch nur bei hydraulischer Überlastung eintreten sollte.

Als Folge davon erscheinen auch die Messergebnisse der Messphasen 1 und 3 in einem anderen Licht. In diesen Messphasen wurde die Entnahmeleistung des SFF immer auf die Probenahmestelle PN 4 bezogen und damit möglicherweise eine Negativwirkung des SFF überschätzt.

Um diese Situation nochmals gezielt zu beleuchten, wurden vergleichende Messungen an den Probenahmestellen PN 4 und PN 4a durchgeführt inkl. einer Beprobung des SFF-Zulaufs PN 2. Im Bereich der Probenahmestelle PN 2 war zusätzlich eine Belüftung eingerichtet worden, um für eine gute Durchmischung zu sorgen. Es bestand für die vorherigen Probenahmen der Verdacht, dass es im Zulaufbereich zum SFF zu Entmischungen kommt und damit die Probenahme an dieser Stelle keine repräsentativen Ergebnisse liefert, in dem sie die AFS-Frachten unterschätzt und infolgedessen die Entnahmeleistung des SFF unterschätzt wird.

Die Messphase 5 fand vom 14. bis 17. Juli 2009 statt. An den ersten drei Tagen herrschten Trockenwetterbedingungen, am vierten Messtag kam es ab 10 Uhr zulaufseitig zu Regenwettereinflüssen.

10.4 Ergebnisse

Untersucht wurde der Parameter AFS inkl. der Größenaufteilung größer und kleiner 190 µm (entspricht ca. 0,2 mm). Der Vergleich der Messdaten an den Probenahmestellen PN 4 und PN 4a ist in der Abbildung 89 und der Abbildung 90 dargestellt.

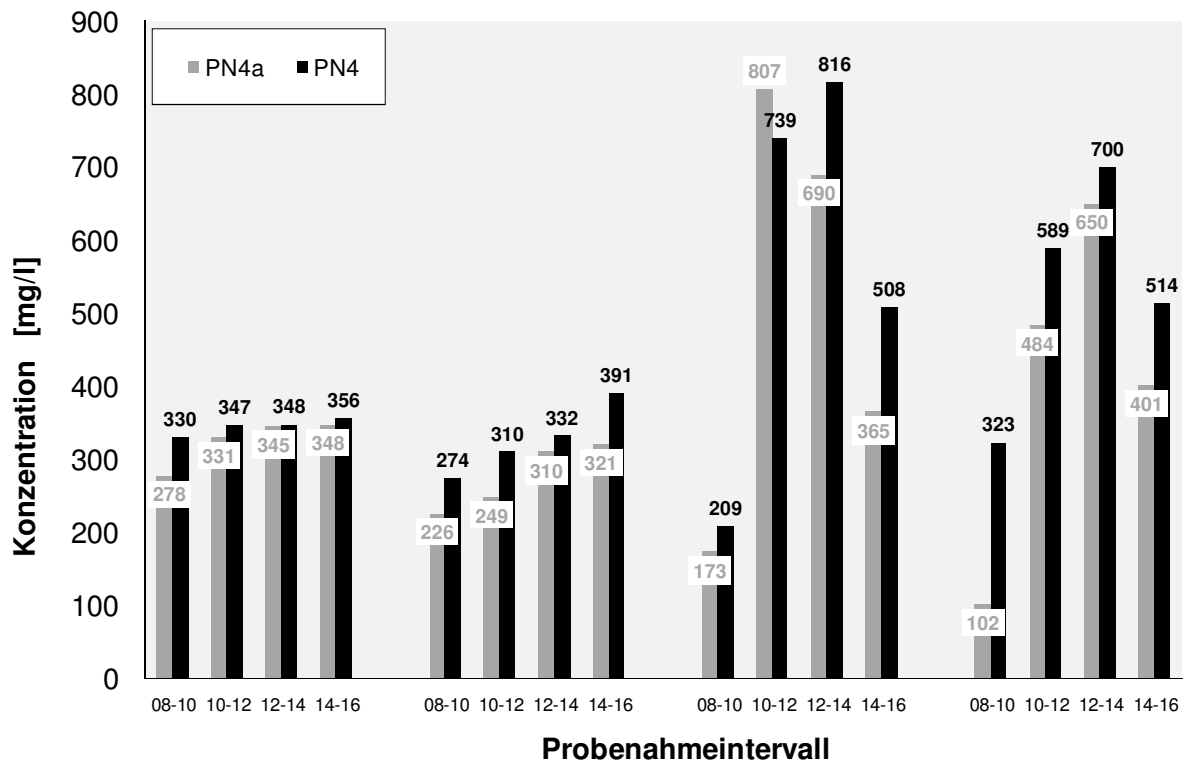


Abbildung 89: Vergleich AFS_{GES}

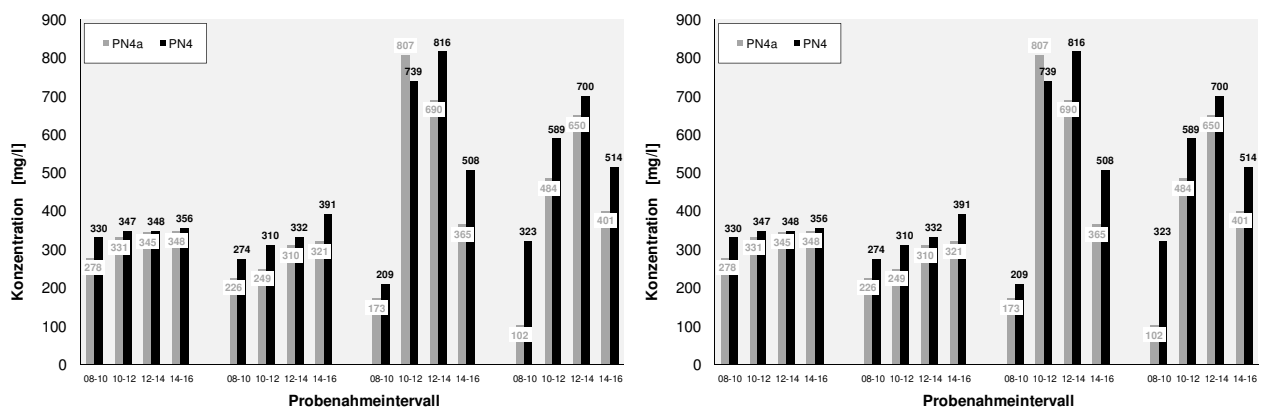


Abbildung 90: Vergleich AFS (> 190 µm) und AFS (< 190 µm)

Abbildung 91 zeigt die sich aus den vorstehenden Abbildungen errechnenden Konzentrationsdifferenzen.

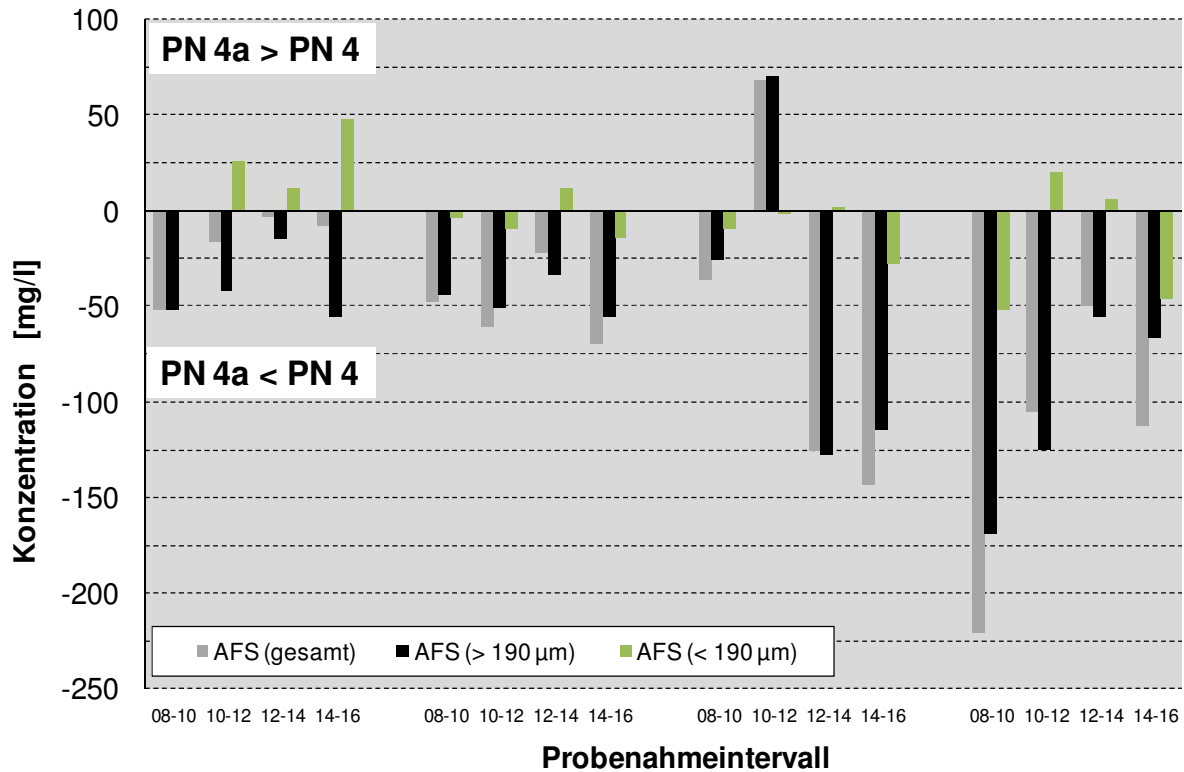


Abbildung 91: Konzentrationsdifferenzen

Es ist offensichtlich, dass es in dem Übergangsbereich zwischen SFF und Siebstufe zur Ausbildung eines AFS-Konzentrationsgradienten kommt. Insbesondere die gröbere AFS-Fraktion (> 190 µm) nimmt in diesem Bereich zu. 15 von 16 Messpunkten zeigen eine teilweise deutliche Konzentrationszunahme um über 150 mg/l. Dies ist ausschlaggebend für die Zunahme der AFS_{GES}-Konzentration insgesamt, die in der Spitze ein Maß von 200 mg/l übersteigt. Im Mittel aller 16 Messpunkte beträgt die Konzentrationserhöhung 20,4%.

Bezogen auf die AFS-Fraktion (< 190 µm) ist dieses Phänomen kaum vorhanden; zwar scheint eine leicht ansteigende Tendenz erkennbar, jedoch zeigt ein Blick auf das nachfolgende AFS-Längsprofil in Abbildung 92, dass die AFS-Fraktion (< 190 µm) bezogen auf den Frachtmittelwert unverändert den SFF und die verschiedenen Probenahmestellen PN 2, PN 4a und PN 4 passiert.

Ausschlaggebend für die AFS_{GES}-Zunahme ist die Zunahme der AFS-Fraktion (> 190 µm).

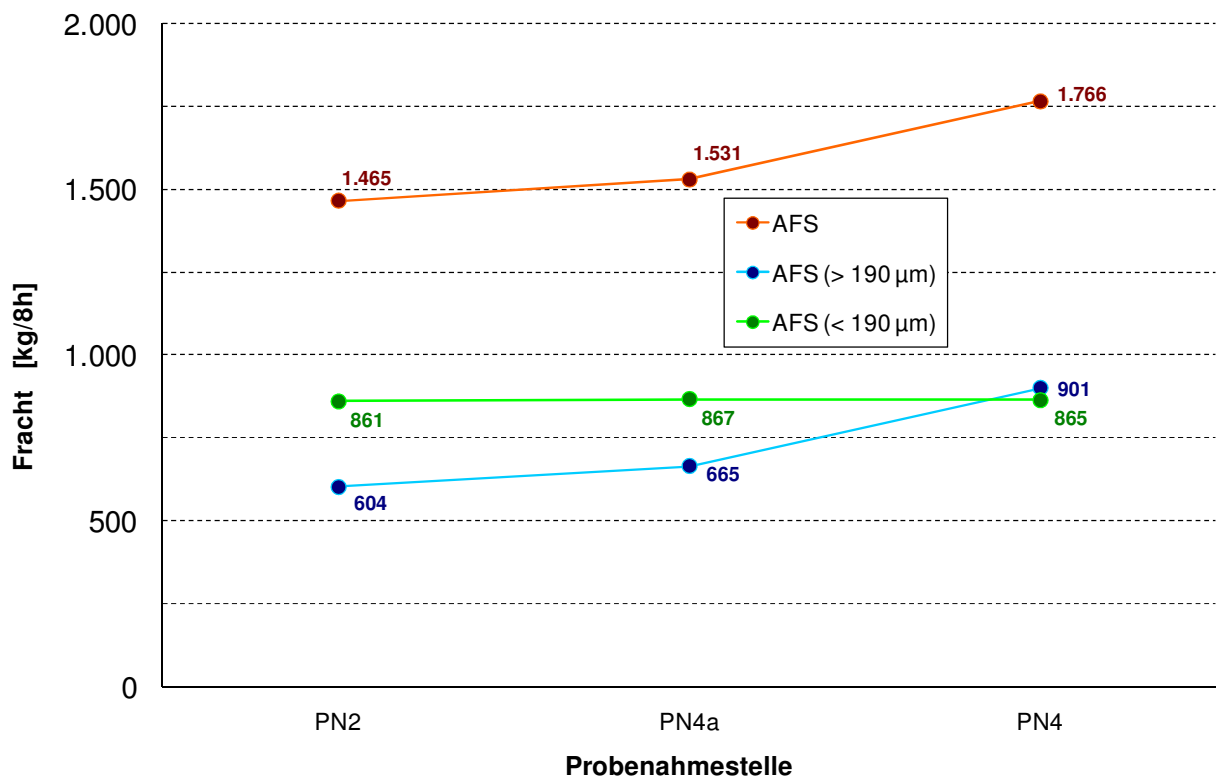


Abbildung 92: Längsprofile AFS (Messphase 5)

10.5 Fazit

Die Untersuchungen der Messphase 5 haben bestätigt, dass die Platzierung der Probenahmestelle hinter dem SFF die Interpretation der Leistungsfähigkeit des SFF entscheidend beeinflusst. Es bildet sich im Übergangsbereich zwischen SFF und Siebstufe ein AFS_{GES}-Konzentrationsgradient aus, ansteigend zur Siebstufe hin. Es muss vermutet werden, dass die vorhandene Siebstufe (Trommelsiebe, 1 mm Masche) Feststoffe zwar zurückhalten, nicht jedoch in ausreichendem Maße entnehmen. Die Folge ist eine AFS-Aufkonzentrierung im Zulaufbereich vor der Siebstufe. An dieser Stelle war jedoch in den bisherigen Messphasen die Probenahmestelle (PN 4 – Zulauf Sieb) eingerichtet gewesen.

Dieser Sachverhalt erklärt zwar noch nicht vollständig, warum in den Messphasen 1 und 3 keine Leistungsfähigkeit des SFF im Sinne einer Feststoffentnahme festgestellt werden konnte, die Quantität der bisher gemessenen Feststoffzunahme im SFF wird jedoch deutlich abgeschwächt.

Eine eingeschränkte Leistungsfähigkeit des SFF bleibt weiterhin erkennbar, auch mit Blick auf Abbildung 92. Vergleicht man die Frachtdaten der Probenahmestellen PN 2 und PN 4a, ist nach wie vor keine Feststoffreduktion durch den SFF festzustellen.

Gleichzeitig ist darauf hinzuweisen, dass, wenn die Leistungsfähigkeit des SFF aufgrund der dargelegten Probenahmestellen-Problematik zu negativ eingeschätzt wird, damit auch

Erfvverband: Optimierung mechanischer Abwasservorreinigung (Abschlussbericht)

eine zu positive Bewertung der nachfolgenden Siebstufe einhergeht, auch wenn offenkundig geworden ist, dass zwischen Feststoffrückhalt und Feststoffentnahme durch die Siebstufe zu unterscheiden ist.

In den kommenden Messphasen muss daher weiterhin untersucht werden, wodurch die Leistungsfähigkeit des SFF eingeschränkt. Ansatzpunkte für diese Untersuchungen sind:

- ➔ Belüftungsintensität des SFF
- ➔ Aufenthaltszeit im SFF
- ➔ Zeitversatz in der Probenahme vor und hinter dem SFF

Nach den zuvor erläuterten Erkenntnissen aus den Messphasen 4 und 5 wird künftig die Probenahme am Ablauf des SFF an der Probenahmestelle PN 4a vorgenommen.

11 MESSPHASE 6: OPTIMIERUNG SFF-BETRIEB 1

11.1 Untersuchungskonzept Messphase 6

Nach der Messphase 5 wurde mit dem Erftverband nach Auswertung und Diskussion der Ergebnisse vereinbart, eine weitere SFF-Untersuchung durchzuführen, in der primär der Einfluss der Sandfangbelüftung geklärt werden sollte. Dazu wurde der SFF belüftungsseitig entkoppelt, eine SFF-Kammer blieb unbelüftet, die andere voll belüftet, was einer Luftzufuhr von ca. $1,5 \text{ Nm}^3/(\text{m}^3\cdot\text{h})$ entspricht. Diese Luftmenge bewegt sich am oberen Ende der in verschiedenen Literaturstellen zu findenden empfohlenen Lufteintragsmengen. Dieses Spektrum umfasst $0,2 \text{ Nm}^3/(\text{m}^3\cdot\text{h})$ bis $1,5 \text{ Nm}^3/(\text{m}^3\cdot\text{h})$. Sie war bis dato auf dem GWK Nordkanal auch deswegen derart hoch gewählt, um ausreichend überschüssige Luft für eine nachfolgende Siebgutdurchmischung zur Verfügung zu haben.

Das Konzept sah eine manuelle Beprobung der Probenahmestellen Zulauf Rechen (PN 1) und Zulauf SFF (PN 2) sowie der 2 neu einzurichtenden Probenahmestellen am Ende der unbelüfteten SFF-Kammer (PN 4a) und am Ende der belüfteten SFF-Kammer (PN 4b) vor. Außerdem wurde sichergestellt, dass es während der Versuchszeit von 8 Uhr bis 16 Uhr zu keiner Einleitung von Trübwässern in den Zulaufbereich der Kläranlage kommt.

Untersucht wurden:

- ➔ AFS inkl. der Größenaufteilung größer und kleiner $190 \mu\text{m}$ (entspricht ca. $0,2 \text{ mm}$) sowie der Aufteilung in oTS und mTS
- ➔ Gesamtfette, emulgierte Fette, nicht emulgierte Fette
- ➔ $\text{NH}_4\text{-N}$ (gelöster Parameter als Kontrollparameter)

Die Probenahme PN 4a und PN 4b erfolgte zeitversetzt zur Probenahme PN 2 unter Berücksichtigung der SFF-Durchflusszeit. Dabei wurde unter Trockenwetterverhältnissen eine SFF-Durchflusszeit von ca. 45 min. angenommen.

Die Messphase 6 fand vom 08. bis 11. September 2009 statt. An allen vier Tagen herrschten Trockenwetterbedingungen.

11.2 Ergebnisse

11.2.1 Feststoffe (AFS)

Abbildung 93 zeigt das AFS-Längsprofil sowohl für die Größenfraktionierung $</>$ als $0,2 \text{ mm}$ als auch für die Veränderung der oTS/mTS-Anteile.

Als Orientierung für Leistungsfähigkeit der zwei unterschiedlich betriebenen SFF-Kammern ist in den Diagrammen die gerechnete Spalte „PN 2 (halbiert)“ eingefügt.

Abbildung 94 zeigt die eliminierten AFS-Fractionen bezogen auf den gesamten Durchfluss, Abbildung 95 die darauf basierenden prozentualen Eliminationsleistungen.

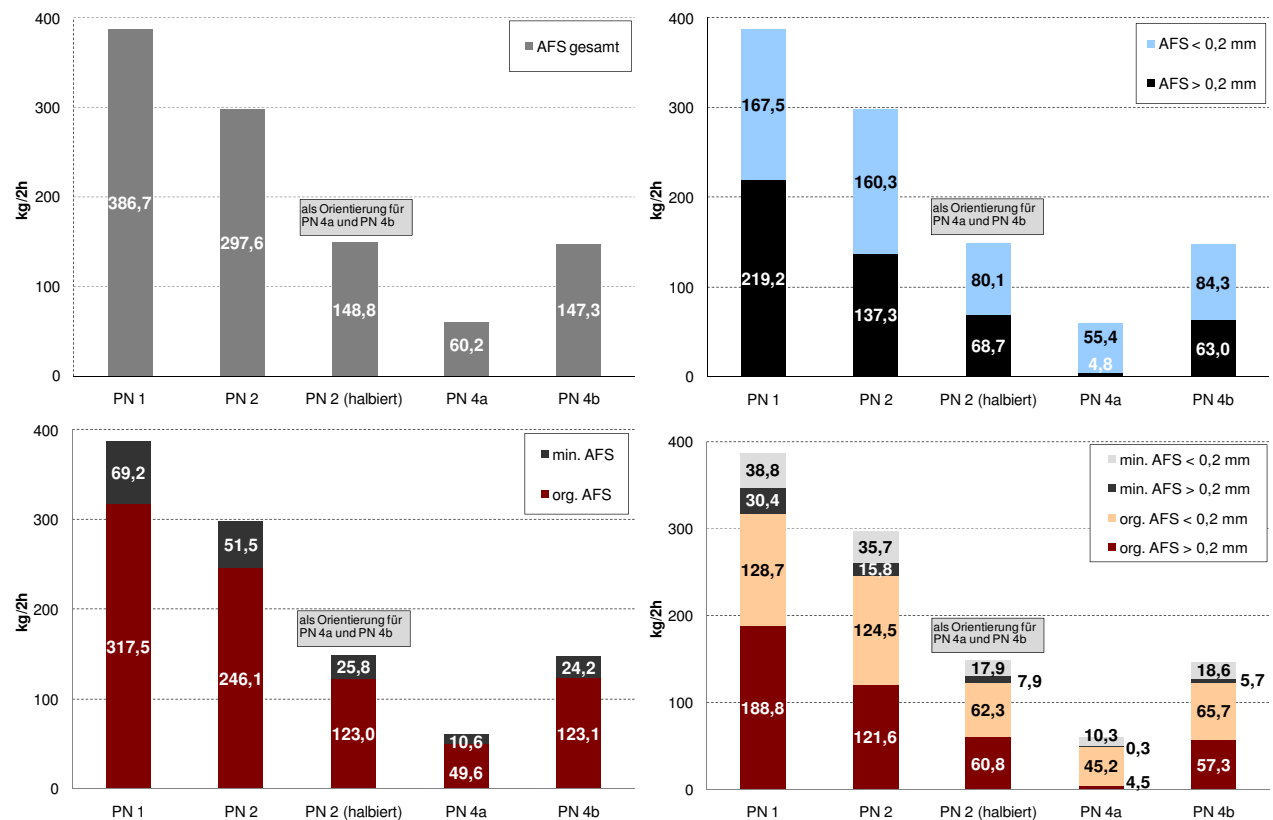


Abbildung 93: AFS-Fraktionierung (MP 6)

Der Konzentrationen des mineralischen AFS-Anteils lagen bei Trockenwetter zwischen 12 mg/l und 122 mg/l.

Die Konzentration der Zielfraktion eines SFF-Betriebes, nämlich der mineralische AFS-Anteil > 0,2 mm, lag dabei im Bereich von 3 mg/l und 50 mg/l (mineralischer AFS < 0,2 mm im Bereich von 8 mg/l und 72 mg/l).

Der Mittelwert des mineralischen AFS-Anteils der Korngrößen > 0,2 mm bei Trockenwetter betrug im Zulauf des SFF 31% und im Ablauf der belüfteten Kammer 24%. Entsprechend lagen die Mittelwerte des mineralischen AFS-Anteils der Korngrößen < 0,2 mm bei Trockenwetter im Zulauf des SFF bei 69% und im Ablauf der belüfteten Kammer bei 76%.

Erfvtverband: Optimierung mechanischer Abwasservorreinigung (Abschlussbericht)

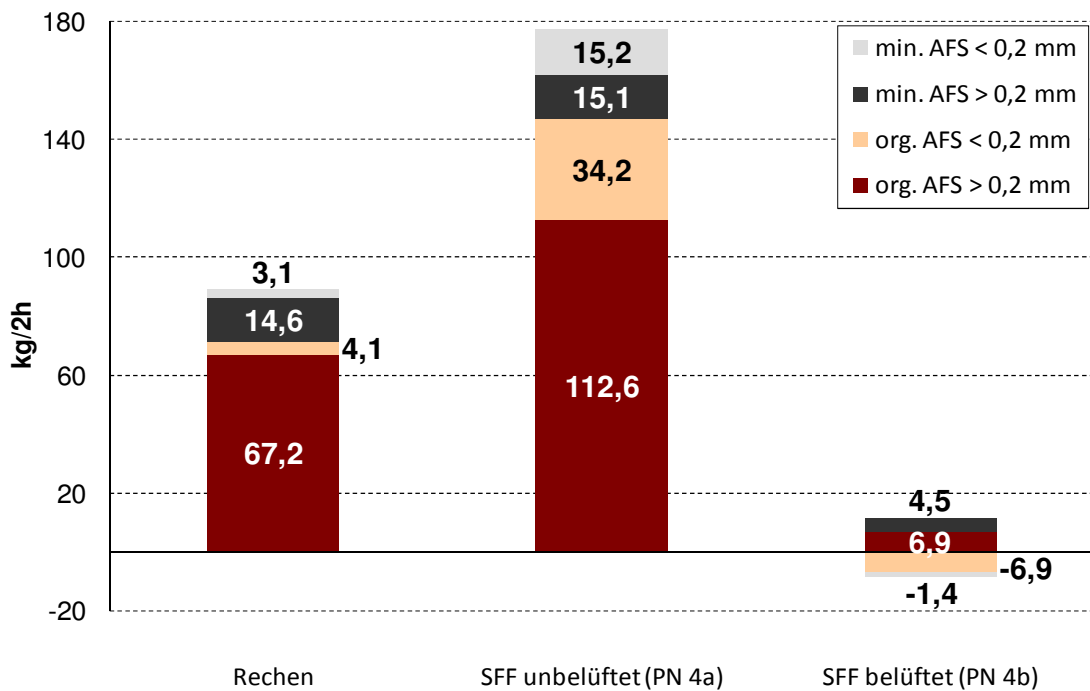


Abbildung 94: eliminierte AFS-Fraktionen (Mittelwert der 2-Std.-Mischproben) (MP 6)

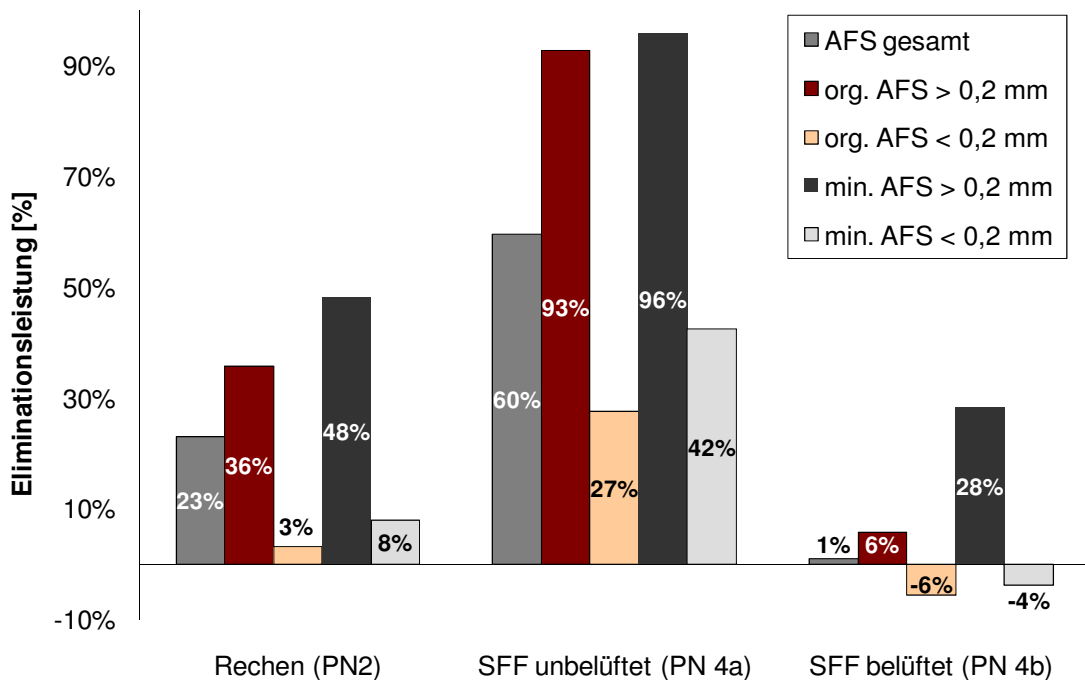


Abbildung 95: AFS-Eliminationsleistungen (MP 6)

Der Unterschied zwischen der belüfteten und der unbelüfteten SFF-Kammer ist sehr deutlich. Die unbelüftete SFF-Kammer entnimmt Feststoffe aller Fraktionen; sie wirkt damit wie eine Vorklärung. Die Eliminationsleistung von 60% bezogen auf AFS_{GES} ist größer als in der

Erfvverband: Optimierung mechanischer Abwasservorreinigung (Abschlussbericht)

ATV-A 131, Tabelle 1 mit 50% bei einer Aufenthaltszeit in der Vorklärung von 0,5 bis 1,0 Stunden vorgegeben. Die Zielfraktion eines SFF, nämlich die mineralischen Feststoffe $m_{TS} > 0,2$ mm, die bemessungstechnisch zu 95% zurückgehalten werden sollen, entnimmt die unbelüftete SFF-Kammer zu 96%.

Von dieser Zielfraktion entnimmt die belüftete SFF-Kammer lediglich 28%, alle anderen Fraktionen bleiben relativ unverändert. Letzteres ist überhaupt nicht negativ zu bewerten, jedoch ist der Wirkungsgrad bezogen auf die $AFS_{m_{TS}}$ -Fraktion $> 0,2$ mm deutlich zu niedrig. Mit Blick auf den Umstand, dass die feinkörnigen Fraktionen eher zuzunehmen scheinen, kann vermutet werden, dass dieser Umstand der hohen Belüftungsintensität geschuldet ist, wodurch größere organische und mineralische Partikel in kleinere Partikel „zerbrochen“ werden.

An dieser Stelle sei auf den geringen Anteil der Zielfraktion ($m_{TS}, > 0,2$ mm) an den gesamten Feststoffen hingewiesen. Gemäß Abbildung 93 gehören von ca. 300 kg/2h AFS_{GES} lediglich rund 16 kg/2h, also ungefähr 5% der vorzugsweise zu eliminierenden AFS-Fraktion an.

Auf der Basis dieser Ergebnisse wurde beschlossen, eine weitere analoge Messphase am SFF durchzuführen und dabei den Luftmengenbeitrag zu drosseln (Messphase 7).

Grundsätzlich kann mit Blick auf die Ergebnisse aber konstatiert werden, dass die vorgenommenen Änderungen am Versuchskonzept (keine Trübwassereinleitungen, Verlegung der Probenahmestelle PN 4 hin zu PN 4a und PN 4b, Zeitversatz in der Probenahme an den Probenahmestellen PN 4a und PN 4b) zu plausiblen Ergebnissen führten.

11.2.2 Fette

Abbildung 96 zeigt

- ➔ das Längsprofil der Fette (gesamt, emulgiert, nicht emulgiert)
- ➔ die eliminierten Fettfraktionen bezogen auf den gesamten Durchfluss
- ➔ die darauf basierenden prozentualen Eliminationsleistungen

Als Orientierung für Leistungsfähigkeit der zwei unterschiedlich betriebenen SFF-Kammern ist in den Diagrammen die gerechnete Spalte „PN 2 (halbiert)“ eingefügt.

Erftverband: Optimierung mechanischer Abwasservorreinigung (Abschlussbericht)

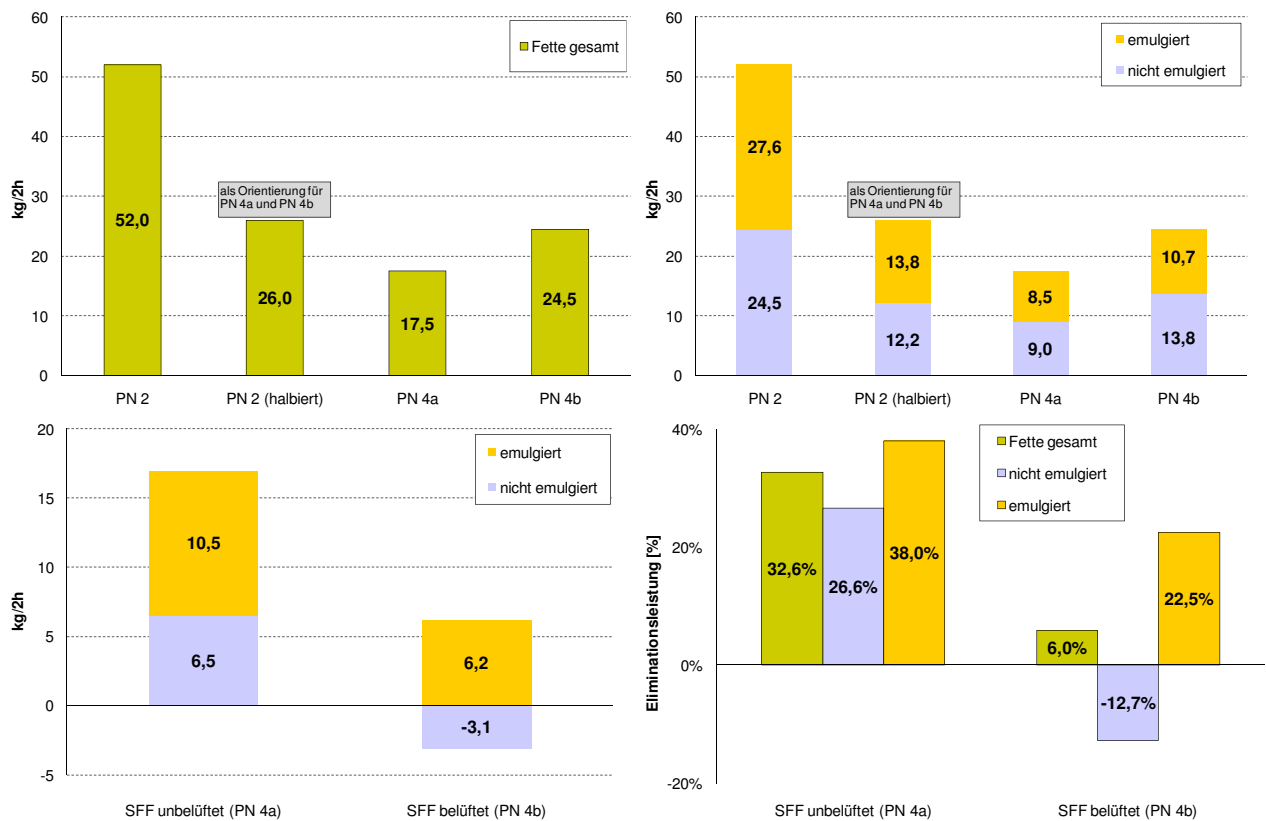


Abbildung 96: Fettfraktionierung und Fettelimination (MP 6)

Die Gesamtfette im SFF-Zulauf teilen sich im Verhältnis 53% zu 47% auf die Fraktionen der emulgierten und der nicht emulgierten Fette auf.

Auch bei Betrachtung der Fette ist der Unterschied zwischen der belüfteten und der unbelüfteten SFF-Kammer sehr deutlich. Die unbelüftete SFF-Kammer entnimmt Fette aller Fraktionen. Die Eliminationsleistung bezogen auf die Gesamtfette beträgt ca. 33%.

Die belüftete SFF-Kammer weist eine geringere Eliminationsrate auf, die mit 6% gemessen wurde. Dabei verhalten sich die Fraktionen der emulgierten und der nicht emulgierten Fette entgegengesetzt: emulgierte Fette nehmen um ca. 20% ab, nicht emulgierte Fette nehmen um gut 10% zu. Es kann vermutet werden, dass sich ein Teil der emulgierten Fette aufgrund der hohen Turbulenzen im SFF, eingetragen durch die SFF-Belüftung, entmischen und damit die Fraktion der nicht emulgierten Fette erhöhen. Die Fraktion der nicht emulgierten Fette wird jedoch offensichtlich nur unzureichend in die Fettfangtasche abgeleitet und somit aus dem Abwasserstrom entnommen, sodass letztlich eine Zunahme an nicht emulgierten Fetten zu verzeichnen ist.

Auch vor diesem Hintergrund wurde, wie bereits erwähnt, beschlossen, eine weitere analoge Messphase am SFF durchzuführen und dabei den Luftmengen eintrag zu drosseln (Messphase 7).

12 MESSPHASE 7: OPTIMIERUNG SFF-BETRIEB 2

12.1 Untersuchungskonzept Messphase 7

Nach der Messphase 6 wurde mit dem Erftverband nach Auswertung und Diskussion der Ergebnisse vereinbart, eine weitere SFF-Untersuchung durchzuführen, in der eine gedroselte Sandfangbelüftung untersucht werden sollte. Das Konzept der Messphase 6 wurde grundsätzlich beibehalten (mit der Abweichung, dass auf die Probenahmestelle PN 1 verzichtet wurde), eine SFF-Kammer blieb unbelüftet, die andere SFF-Kammer wurde mit reduzierter Belüftung betrieben, die einer Luftzufuhr von ca. $0,8 \text{ Nm}^3/(\text{m}^3 \cdot \text{h})$ entsprach. Diese Luftmenge bewegt sich nun in der Mitte des Spektrums der in verschiedenen Literaturstellen zu findenden empfohlenen Lufteintragsmengen.

Die Messphase 7 fand am 20. und 21. November 2009 sowie vom 03. bis 05. Februar 2010 statt. An zwei von fünf Tagen herrschten Trockenwetterbedingungen, an den restlichen drei Messtagen war anhaltend starker Regenwettereinfluss mit zum Teil sehr geringen Abwasserkonzentrationen zu verzeichnen.

12.2 Ergebnisse

12.2.1 Feststoffe (AFS)

Abbildung 97 zeigt das AFS-Längsprofil sowohl für die Größenfraktionierung $</>$ als 0,2 mm als auch für die Veränderung der oTS/mTS-Anteile.

Abbildung 98 zeigt die eliminierten AFS-Fraktionen bezogen auf den gesamten Durchfluss, Abbildung 99 die darauf basierenden prozentualen Eliminationsleistungen.

Erftverband: Optimierung mechanischer Abwasservorreinigung (Abschlussbericht)

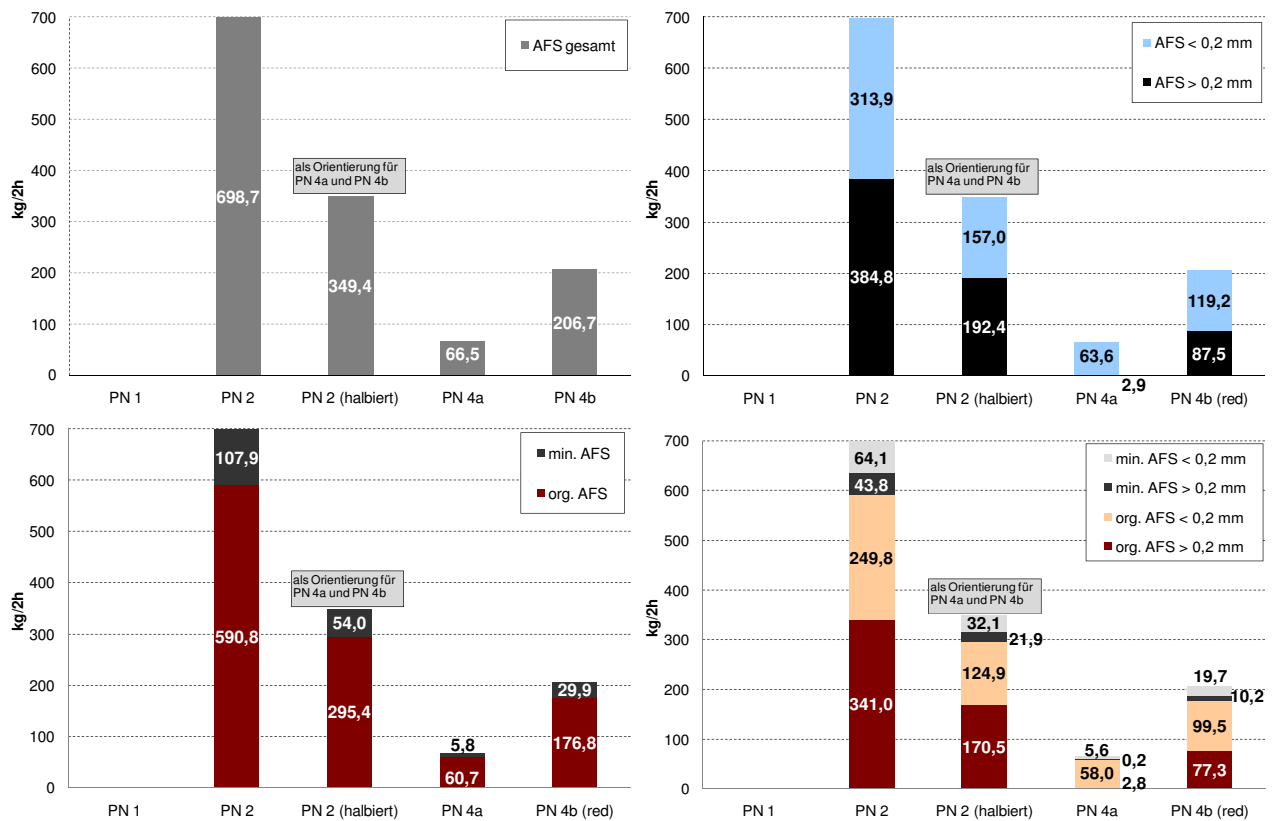


Abbildung 97: AFS-Fraktionierung (MP 7)

Der Konzentrationen des mineralischen AFS-Anteils lagen bei Trockenwetter zwischen 36 mg/l und 438 mg/l.

Die Konzentration der Zielfraktion eines SFF-Betriebes, nämlich der mineralische AFS-Anteil > 0,2 mm, lag dabei im Bereich von 15 mg/l und 168 mg/l (mineralischer AFS < 0,2 mm im Bereich von 14 mg/l und 270 mg/l).

Der Mittelwert des mineralischen AFS-Anteils der Korngrößen > 0,2 mm bei Trockenwetter betrug im Zulauf des SFF 41% und im Ablauf der belüfteten Kammer 34%. Entsprechend lagen die Mittelwerte des mineralischen AFS-Anteils der Korngrößen < 0,2 mm bei Trockenwetter im Zulauf des SFF bei 59% und im Ablauf der belüfteten Kammer bei 66%.

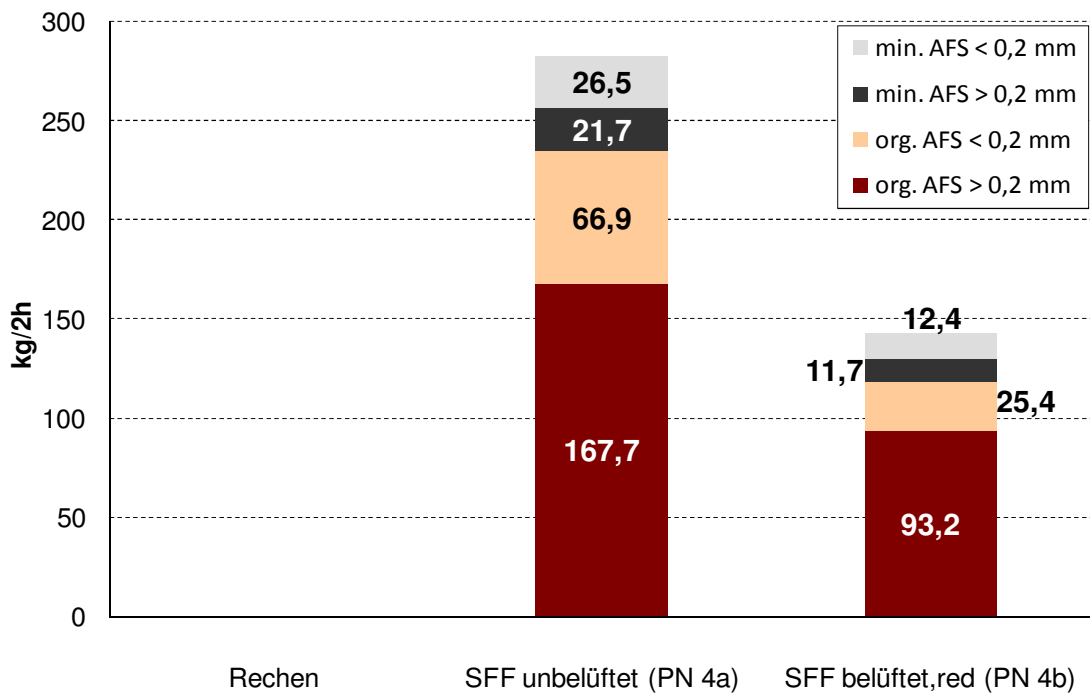


Abbildung 98: eliminierte AFS-Fraktionen (Mittelwert der 2-Std.-Mischproben) (MP 7)

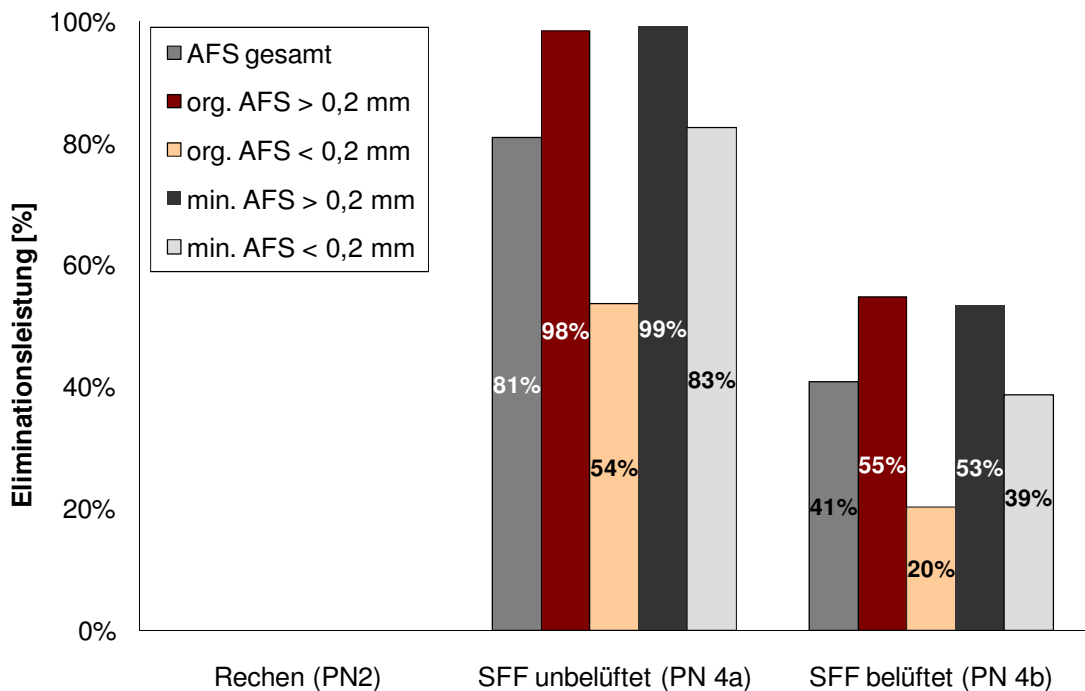


Abbildung 99: AFS-Eliminationsleistungen (MP 7)

Infolge der Reduzierung der Belüftung konnte gegenüber der Messphase 6 (siehe Abbildung 95) eine deutliche Leistungssteigerung der belüfteten SFF-Kammer festgestellt werden. Die belüftete SFF-Kammer entnimmt nun Feststoffe aller Fraktionen. Die Zielfrakti-

on eines SFF, nämlich Fraktion der mineralischen Feststoffe $mTS > 0,2$ mm, die bemesungstechnisch zu 95% zurückgehalten werden sollen, entnimmt die reduziert belüftete SFF-Kammer zu 53%, die Fraktion der mineralischen Feststoffe $mTS < 0,2$ mm werden ebenfalls noch zu ca.40% zurückgehalten. Organische Feststoffe wurden diesmal infolge der reduzierten SFF-Belüftung ebenfalls in relevanter Menge zurückgehalten, die Fraktion der organischen Feststoffe $oTS > 0,2$ mm bspw. zu 55%.

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass in der Messphase 7 höhere AFS-Frachten zu verzeichnen waren als in Messphase 6, in der Spitze um den Faktor 2 höher. Dies änderte nichts an dem geringen Anteil der Zielfraktion ($mTS, > 0,2$ mm) an den gesamten Feststoffen. Gemäß Abbildung 97 gehören von ca. 700 kg/2h AFS_{GES} lediglich rund 44 kg/2h, also rund 6% der vorzugsweise zu eliminierenden AFS-Fraktion an.

Der hohen AFS-Zulauf fracht zum SFF ist sicherlich auch der Umstand geschuldet, dass die unbelüftete SFF-Kammer mit rund 80% bezogen auf AFS_{GES} eine nochmals höhere Entnahmeleistung zeigte als bereits in der vorherigen Messphase 6 mit ca. 60%.

Auf der Basis dieser Ergebnisse wurde beschlossen, eine weitere analoge Messphase am SFF durchzuführen und dabei den Luftmengeneintrag abermals zu drosseln (Messphase 7), da zwar mit 53% eine erhöhte Entnahmeleistung bezüglich der Fraktion der mineralischen Feststoffe $mTS > 0,2$ mm erzielt werden konnte, aber noch keine ausreichende Leistungsfähigkeit, gemessen an der Leistungsvorgabe von 95%.

12.2.2 Fette

Abbildung 100 zeigt

- ➔ das Längsprofil der Fette (gesamt, emulgiert, nicht emulgiert)
- ➔ die eliminierten Fettfraktionen bezogen auf den gesamten Durchfluss
- ➔ die darauf basierenden prozentualen Eliminationsleistungen

Die Gesamtfette im SFF-Zulauf teilen sich im Verhältnis 39% zu 61% auf die Fraktionen der emulgierten und der nicht emulgierten Fette auf. In der Messphase 7 waren höhere Fettfrachten zu verzeichnen als in Messphase 6, jedoch nicht in dem zuvor genannten extremen Verhältnis, nämlich einer Verdopplung, wie bei den AFS-Frachten. Die Gesamtfettfracht am SFF-Zulauf betrug ca. 60 kg/2h und war damit ca. 20% höher als in der Messphase 6 (ca. 50 kg/2h).

Erftverband: Optimierung mechanischer Abwasservorreinigung (Abschlussbericht)

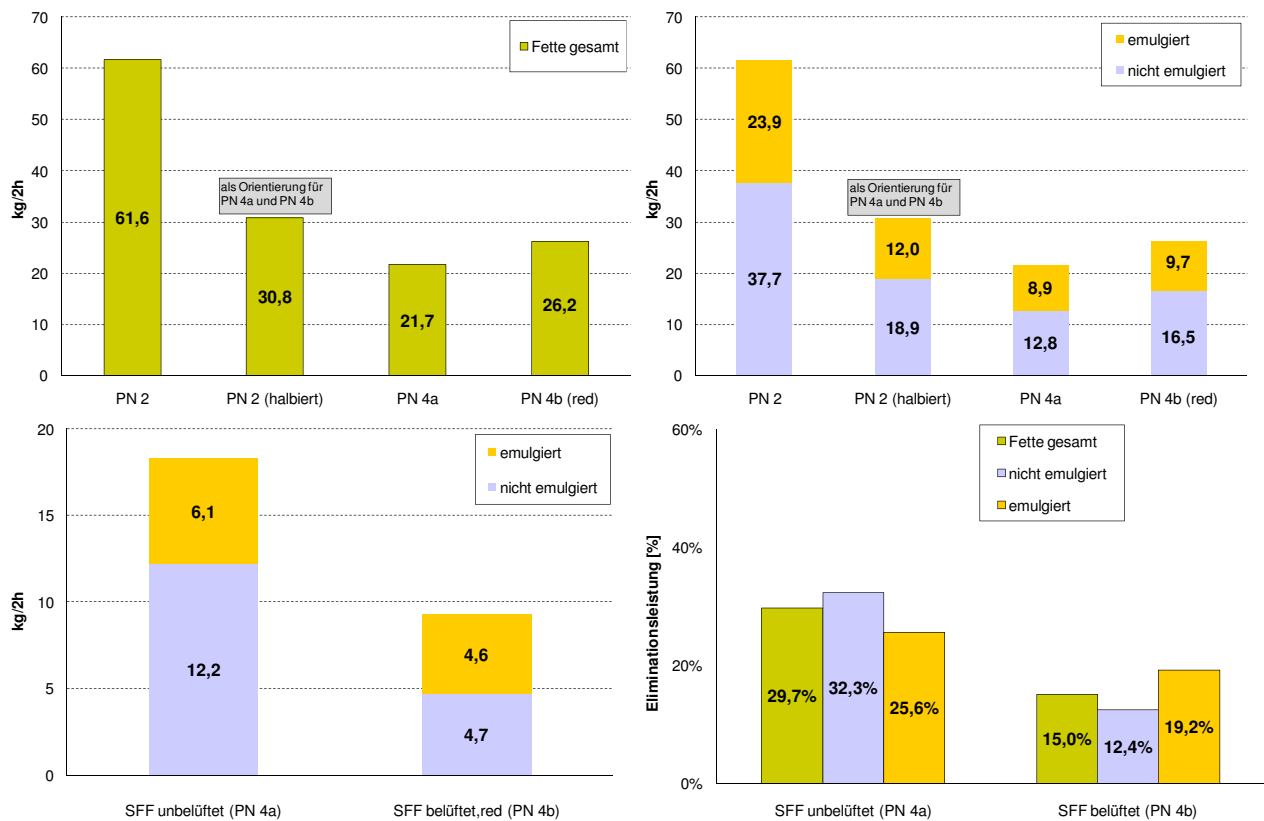


Abbildung 100: Fettfraktionierung und Fettelimination (MP 7)

Auch bei den Fetten konnte infolge der Reduzierung der Belüftung gegenüber der Messphase 6 (siehe Abbildung 96) eine höhere Entnahme der belüfteten SFF-Kammer festgestellt werden. Die belüftete SFF-Kammer entnimmt nun sowohl emulgierte als auch nicht emulgierte Fette. Emulgierte Fette nehmen um ca. 20% ab, nicht emulgierte Fette werden diesmal ebenfalls reduziert, und zwar um ca. 12%. Insofern ist sicherlich eine Verbesserung der Fettentnahme erreicht, eine Eliminationsleistung bezogen auf die Gesamtfette von ca. 15% kann jedoch nicht als ausreichend bezeichnet werden.

Die Entnahmekapazität der unbelüfteten SFF-Kammer bleibt gegenüber Messphase 6 erwartungsgemäß nahezu unverändert. Alle Fettfraktionen werden reduziert, die Eliminationsleistung bezogen auf die Gesamtfette beträgt ca. 30%.

Auch vor diesem Hintergrund wurde, wie bereits erwähnt, beschlossen, eine weitere analoge Messphase am SFF durchzuführen und dabei den Luftmengenbeitrag abermals zu drosseln (Messphase 8).

13 MESSPHASE 8: OPTIMIERUNG SFF-BETRIEB 3 UND MESSPHASE NEUES SIEB

13.1 Untersuchungskonzept Messphase 8

Nach der Messphase 7 wurde mit dem Erftverband nach Auswertung und Diskussion der Ergebnisse vereinbart, eine weitere SFF-Untersuchung durchzuführen, in der eine abermals gedrosselte Sandfangbelüftung untersucht werden sollte. Das Konzept der Messphasen 7 wurde beibehalten. Die belüftete SFF-Kammer wurde mit einer reduzierten Belüftung betrieben, die einer Luftzufuhr von ca. $0,45 \text{ Nm}^3/(\text{m}^3\cdot\text{h})$ entsprach. Diese Luftmenge bewegt sich nun am unteren Ende des Spektrums der in verschiedenen Literaturstellen zu findenden empfohlenen Lufteintragsmengen.

Zusätzlich wurde eine weitere betriebliche Veränderung vorgenommen. Aufgrund der in allen bisherigen Untersuchungen sehr langen SFF-Durchflusszeiten wurde eine SFF-Kammer außer Betrieb genommen und damit die Durchflusszeit durch den SFF halbiert. Die mittlere SFF-Durchflusszeit während der Probenahmezeiten in dieser Messphase 8 betrug 22 Minuten und entsprach damit der Bemessungsdurchflusszeit eines SFF unter Trockenwetterbedingungen. Diese zusätzliche Änderung eines verfahrenstechnischen Parameters war aus Gründen der Projektlaufzeit und des Projektbudgets unumgänglich. Es wurde billigend in Kauf genommen, dass sich mögliche Auswirkungen der reduzierten Belüftungsintensität und der reduzierten SFF-Durchflusszeit nicht eindeutig zuordnen lassen.

Ferner wurde in dieser Messphase wieder die Siebstufe in die Untersuchungen integriert. Die Leistungsfähigkeit der Siebe war deswegen wieder von Interesse, da kurz zuvor an den Hauptstromsieben neue Siebbespannungen (Masche 1,5 mm) installiert worden waren. Daher sollte die Leistungsfähigkeit dieses neuen Sieb ermittelt werden (siehe dazu auch Abbildung 83).

Die Messphase 8 fand vom 14. bis 17. Juni 2010 statt. An allen vier Tagen herrschten Trockenwetterbedingungen.

13.2 Ergebnisse

13.2.1 Feststoffe (AFS)

Abbildung 101 zeigt das AFS-Längsprofil sowohl für die Größenfraktionierung $</>$ als 0,2 mm als auch für die Veränderung der oTS/mTS-Anteile.

Abbildung 102 zeigt die eliminierten AFS-Fraktionen, Abbildung 103 die darauf basierenden prozentualen Eliminationsleistungen.

Ertfverband: Optimierung mechanischer Abwasservorreinigung (Abschlussbericht)

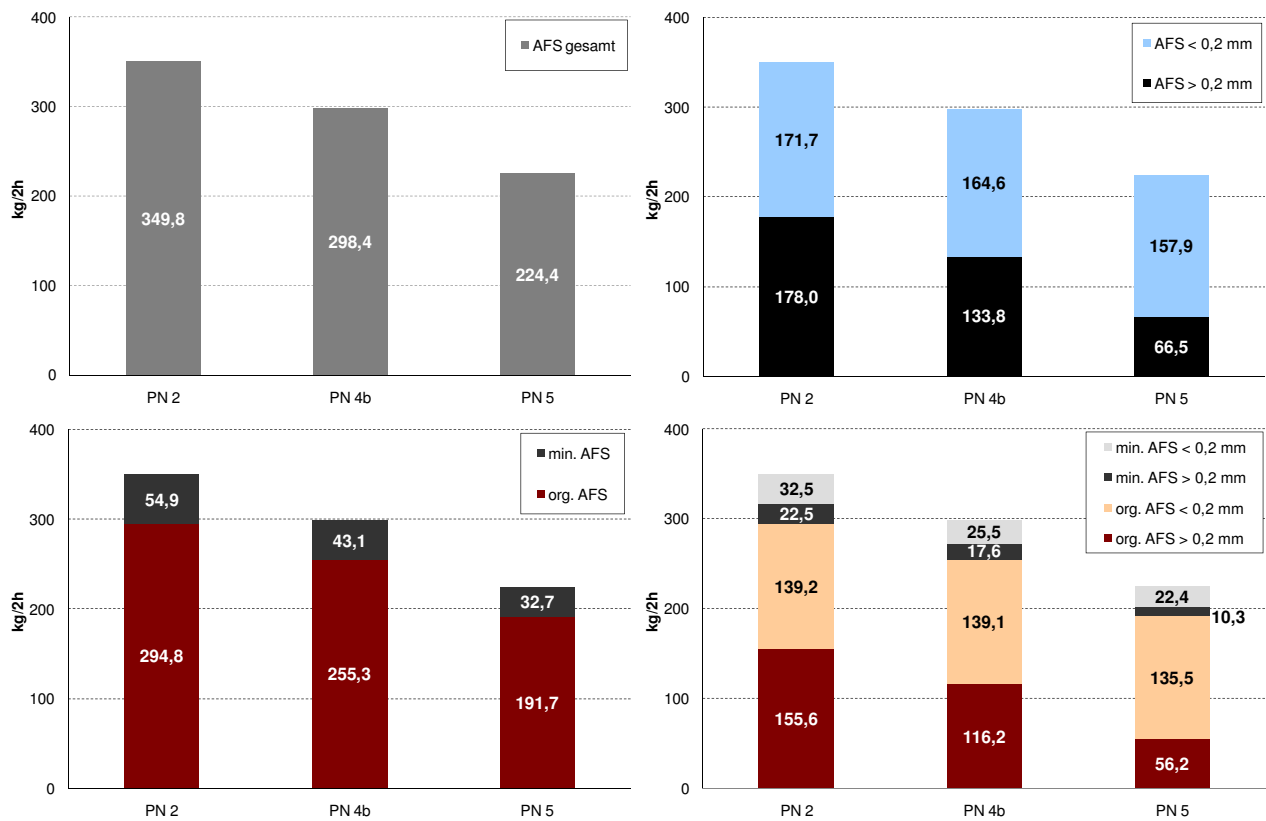


Abbildung 101: AFS-Fraktionierung (MP 8)

Der Konzentrationen des mineralischen AFS-Anteils lagen bei Trockenwetter zwischen 2 mg/l und 226 mg/l.

Die Konzentration der Zielfraktion eines SFF-Betriebes, nämlich der mineralische AFS-Anteil > 0,2 mm, lag dabei im Bereich von 2 mg/l und 72 mg/l (mineralischer AFS < 0,2 mm im Bereich von 0 mg/l und 154 mg/l).

Der Mittelwert des mineralischen AFS-Anteils der Korngrößen > 0,2 mm bei Trockenwetter betrug im Zulauf des SFF 41% und im Ablauf der belüfteten Kammer ebenfalls 41%. Entsprechend lagen die Mittelwerte des mineralischen AFS-Anteils der Korngrößen < 0,2 mm bei Trockenwetter im Zulauf des SFF und im Ablauf der belüfteten Kammer bei 59%.

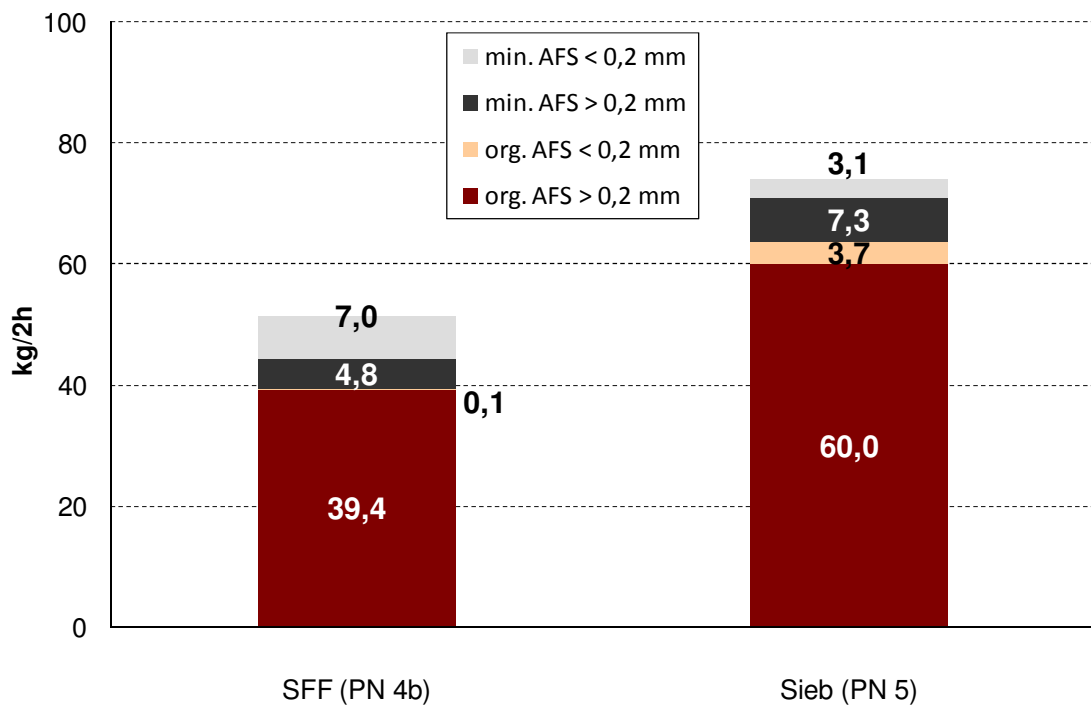


Abbildung 102: eliminierte AFS-Fraktionen (Mittelwert der 2-Std.-Mischproben) (MP 8)

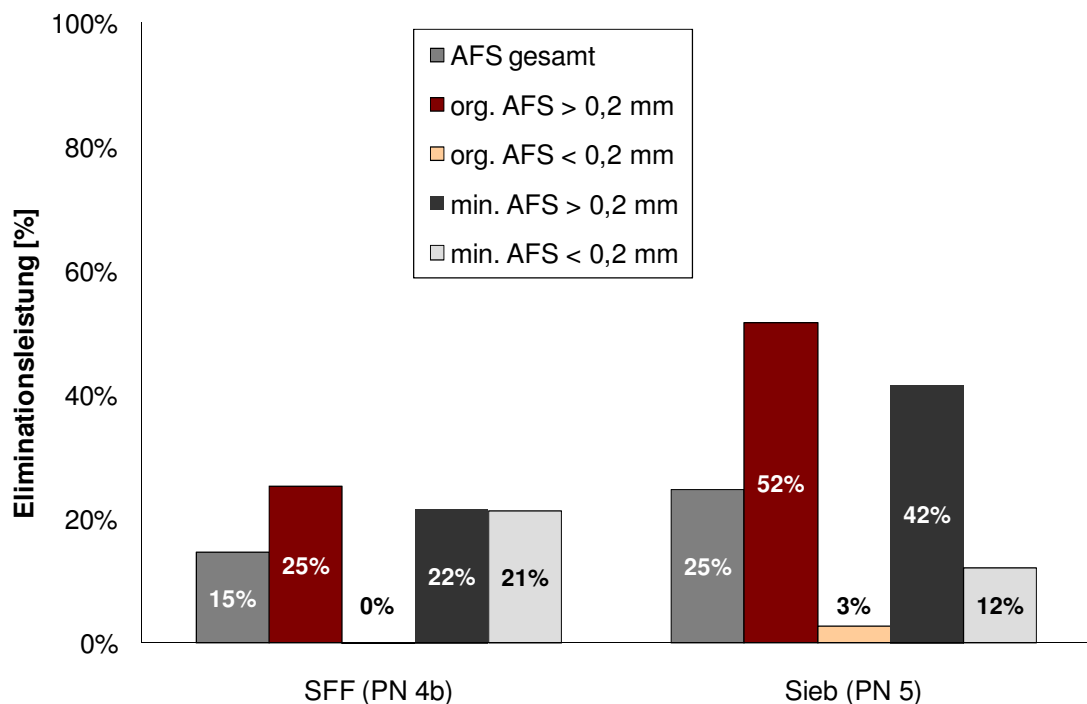


Abbildung 103: AFS-Eliminationsleistungen (MP 8)

Zunächst kann konstatiert werden, dass in der Messphase 8 die AFS-Frachten auf einem identischen Niveau zu verzeichnen waren wie in der Messphase 6. Der Anteil der Zielfraktion (mTS, > 0,2 mm) an den gesamten Feststoffen war gegenüber den beiden vorherigen

Messphasen 6 und 7 ähnlich. Gemäß Abbildung 101 beträgt der Anteil der vorzugsweise zu eliminierenden AFS-Fraktion rund 6% (22 kg/2h von ca. 350 kg/2h AFS_{GES}).

Da in dieser Messphase zwei Parameter, nämlich die Belüftungsintensität und die SFF-Durchflusszeit, verändert wurden, ist eine Zuordnung der eingetretenen Effekte nicht möglich.

Die belüftete SFF-Kammer entnimmt unter den veränderten Randbedingungen Feststoffe aller Fraktionen, ausgenommen feinkörnige organische Feststoffe. Für die übrigen drei Fraktionen liegen die prozentualen Eliminationsraten zwischen 20% und 25%.

Ein wichtiger, eigentlich trivialer Aspekt ist in den Untersuchungen dieser Messphase 8 sichtbar geworden und er geht aus der Abbildung 102 und der Abbildung 103 sehr anschaulich hervor. Dem SFF ist ein Sieb nachgeschaltet, welches in den Messphasen 6 und 7 nicht beprobt wurde, jedoch in Messphase 8. In dieser Messphase wurde bezogen auf AFS_{GES} eine prozentuale Leistungsfähigkeit der Siebstufe von 25% ermittelt, darin enthalten zu über 90% Feststoffe mit einer Korngröße oberhalb von 0,2 mm aber unabhängig davon, ob es sich um organische oder mineralische Feststoffe handelt. Insofern sind bei einer solchen Verfahrenskonzeption der MAV die Optimierungsüberlegungen für einen belüfteten SFF nicht unbedingt primär an den theoretischen Zweck eines SFF zu knüpfen, möglichst viel mineralische Feststoffe im SFF zu entnehmen und gleichzeitig möglichst viele organische Feststoffe in Schwebelage zu halten, durchzuschleusen und für eine nachfolgende biologische Stufe als Substrat nutzbar zu machen. Letzteres ist vergebens, wenn die hinter dem SFF verbliebenen Feststoffe anschließend über eine Öffnungsweite von 1,5 mm abgesiebt werden. Insofern kann es unter diesen Voraussetzungen eventuell ausreichen, einen SFF allein auf einen hohen Wirkungsgrad bezüglich der Entnahme mineralischer Feststoffe hin zu optimieren.

Dies ist jedoch zwingend unter Berücksichtigung des Entsorgungspfades des Sandfanggutes zu beurteilen. Im Fall der Sandfanggutentsorgung des GWK Nordkanal wird das Sandfanggut deponiert. Gemäß Technischer Anweisung Siedlungsabfall (TASi; seit 16.07.2009 außer Kraft) und Deponieverordnung (DepV) dürfen zur Deponierung anstehende Abfälle einen organischen Feststoffanteil von maximal 5% aufweisen. Auf dem GWK Nordkanal wird das abgepumpte Sandfanggut in einen Sandwaschklassierer geleitet. Insofern werden organische Bestandteile, die im Sandfang entnommen wurden, dem Hauptstrom zurückgeführt. Jedoch ist es zweifellos kontraproduktiv, wenn im Sandfanggut übermäßig hohe organische Anteile enthalten sind, die die Leistungsfähigkeit eines Sandwaschklassierers übersteigen und das Einhalten des Deponierungskriteriums ($\sigma_{TS} < 5\%$) dadurch gefährden. Unter solchen Randbedingungen ist sicherlich primär auf den grundsätzlichen Betriebszweck eines SFF zu achten und sind organische Bestandteile im Hauptstrom zu belassen. Das gilt auch dann, wenn nachfolgend eine Siebstufe betrieben wird.

Außerdem ist zur Leistungsfähigkeit des neuen Siebes (1,5 mm Masche) noch folgendes anzumerken: Die bezogen auf AFS_{GES} ermittelte prozentuale Leistungsfähigkeit der Siebstufe beträgt 25%. Sie ist damit niedriger als mit der zuvor in Betrieb befindlichen Siebstufe (1,0 mm Masche) ermittelt. Für diese Siebcharakteristik lag sie – unberücksichtigt der Aufkonzentrierungsproblematik, die in Kap. 10 erörtert wird - in den diversen Untersuchungen dieses Projektes zwischen 25% und 37%. In der Messphase 1 wurde sie sogar mit 44% gemessen. Es wurde mittlerweile im laufenden Betrieb festgestellt, dass sich diese erneute Vergrößerung der Sieböffnung nun wiederum negativ durch ein erhöhtes Maß an Verzopfungen an den Membranmodulen bemerkbar macht. Abbildung 104 und Abbildung 105 zeigen einen Vergleich der Membranmodule zu den Zeiträumen November 2007 und Mai 2010.

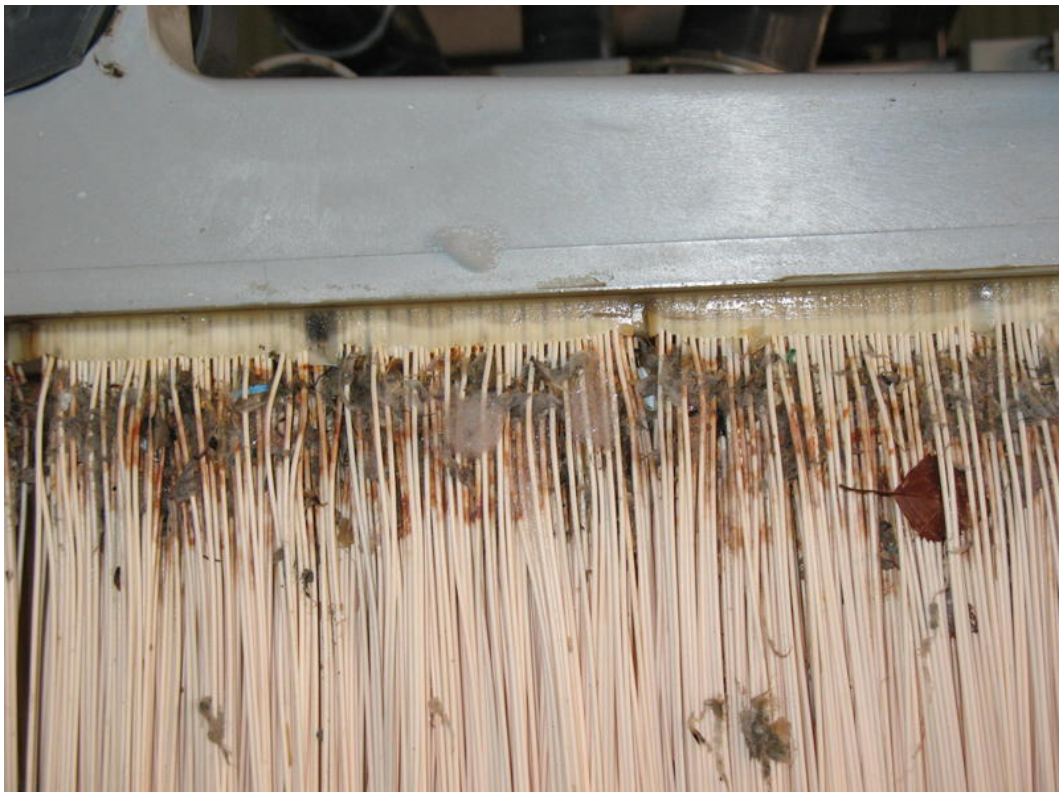


Abbildung 104: Verzopfungsbild im November 2007



Abbildung 105: Verzopfungsbild im Mai 2010

Klar zu erkennen ist das erhöhte Maß an Verzopfungen, welches nach der Inbetriebnahme der neuen Siebe an den Membranmodulen zu verzeichnen ist. Die grundlegende Zopfstruktur, gebildet aus Haaren und faserigen Störstoffen, ist inklusive der sich auf den Verzopfungsstrukturen ablagernden Verschlämmungen deutlich zu sehen. Die Verschlämmungen sind derart massiv, dass sie den oberen Teil der Hohlfaserbündel von innen auseinander drücken. Es ist davon auszugehen, dass die Anteile der Membranflächen nicht filtrationswirksam sind.

Demgegenüber weist das Membranmodul zum Zeitpunkt 11/2007 ein geringeres Maß an Verzopfungen auf. Deutlich zu sehen ist das Blatt eines Strauches oder Baumes (sicherlich nicht siebgängig), welches vermutlich im Bereich der offenen Belebungsbeckenzonen in das Becken gelangt ist. Haare und Fasern sind deutlich schwerer auszumachen. Die Ablagerungen erwecken eher das Bild eines Filzbelages denn einer Verzopfung geschweige denn Verschlämmung. Abbildung 106 als Ausschnitt von Abbildung 104 hebt diesen Aspekt nochmals hervor.



Abbildung 106: Ausschnitt aus dem Verzopfungsbild im November 2007

13.2.2 Diskussion der Messphasen 6 bis 8 für die Feststoffentnahme des SFF

13.2.2.1 Übersicht

In den Messphasen 6 bis 8 wurden unterschiedliche betriebliche Einstellungen für den SFF untersucht. Tabelle 13 gibt einen Überblick. Abbildung 107 und Abbildung 108 zeigen im Vergleich die jeweils entnommenen AFS-Frachten und die darauf basierende prozentuale Leistungsfähigkeit.

Tabelle 13: Parametereinstellungen in den Messphasen 6 bis 8

Messphase	SFF-Belüftung	SFF-Durchflusszeit (TW)
	[Nm ³ /(m ³ *h)]	[min.]
MP 6	1,5	50
MP 7	0,8	50
MP 8	0,45	22

Erfvtverband: Optimierung mechanischer Abwasservorreinigung (Abschlussbericht)

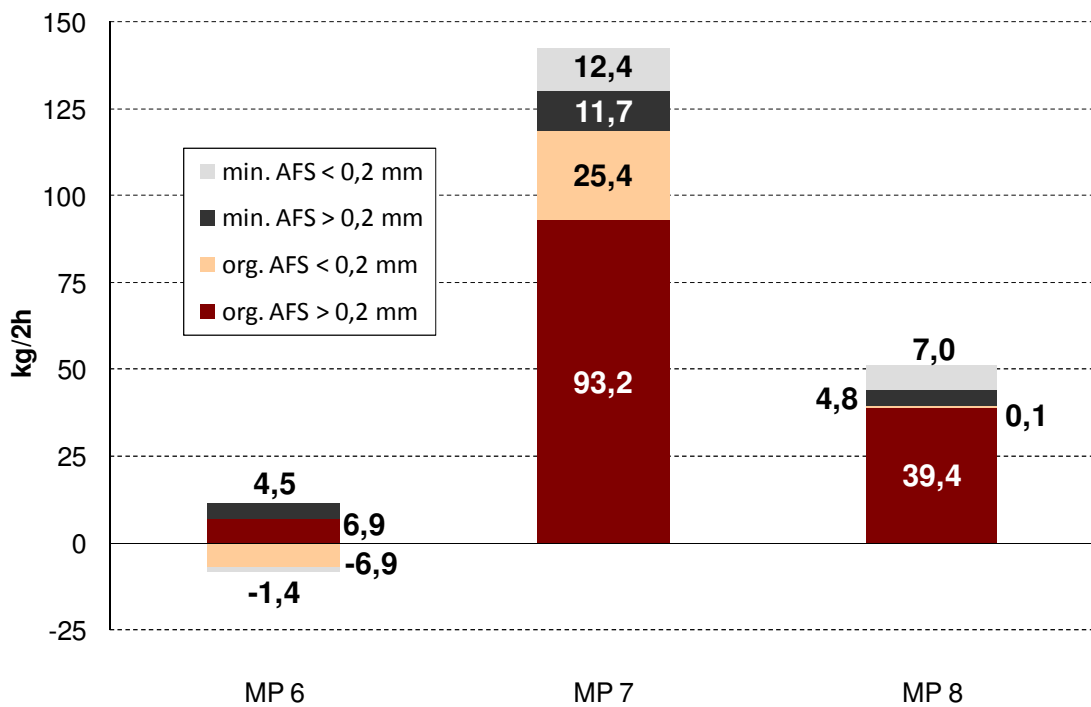


Abbildung 107: Vergleich der im SFF entnommenen AFS-Frachten in den Messphasen 6 bis 8

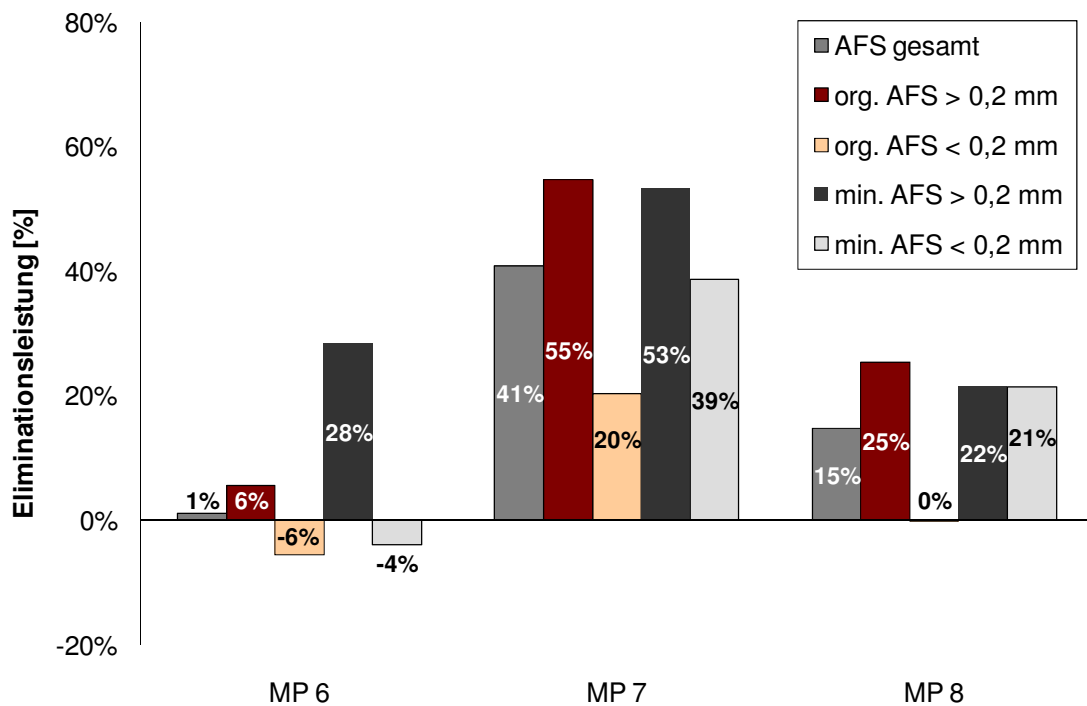


Abbildung 108: Vergleich der prozentualen AFS-Leistungsfähigkeit des SFF in den Messphasen 6 bis 8

13.2.2.2 Mineralische Feststoffkonzentration im SFF-Zulauf

Zuerst muss auf das sehr niedrige Konzentrationsniveau der mineralischen AFS-Anteile hingewiesen werden. Im Mittel aller Analysen der Messphasen 6 bis 8 im Zulauf zum SFF lag die Konzentration mineralischer Feststoffe bei nur 78 mg/l (minimal bei 2 mg/l, maximal bei 438 mg/l). Im Ablauf der in den Messphasen jeweils belüfteten SFF-Kammern betrug dieser Wert 59 mg/l (minimal bei 1 mg/l, maximal bei 324 mg/l), von denen 20 mg/l auf die Korngrößen $> 0,2$ mm und 39 mg/l auf die Korngrößen $< 0,2$ mm entfallen.

Der Einfluss der Sandkonzentration (mineralische Feststoffe) auf den Abscheidegrad bzw. die Abhängigkeit des Abscheidegrades von der Sandkonzentration wird auch in der Literatur kommentiert. Hirschbeck (2010) berichtet von großtechnischen Versuchen auf 5 Kläranlagen, bei denen die Gesamtabscheidegrade bei Trockenwetter zwischen 24% und 55% lagen und die Abscheidegrade der Korngrößen $\geq 0,2$ mm zwischen 20% und 87%. Die geringen Abscheidegrade bei Trockenwetter waren bedingt durch sehr niedrige Sandkonzentrationen im Zulauf der Sandfänge. Die Betrachtung einzelner Messwerte zeigte, dass insbesondere bei höheren gemessenen Sandkonzentrationen von 900 mg/l und 1.200 mg/l der nach DIN 19569-2 (2002) geforderte Abscheidegrad von 95% der Korngrößen $\geq 0,2$ mm eingehalten wird. Der beste Abscheidegrad wurde demnach bei den höchsten Sandkonzentrationen erreicht. In Anbetracht der vergleichsweise niedrigen Konzentrationen mineralischer Feststoffe auf dem GWK Nordkanal ist daher eine prozentual derart hohe Entnahme mineralischer Feststoffe der Korngrößen $\geq 0,2$ mm nicht zu erwarten.

Die SFF-Zulaufverhältnisse in der Messphase 7 lagen auf einem gegenüber den Messphasen 6 und 8 deutlich erhöhten AFS-Niveau. Infolgedessen wurden numerisch höhere AFS-Frachten entnommen, aber auch die prozentuale Leistungsfähigkeit bezogen auf die Zielfraktion mineralische AFS ($> 0,2$ mm) konnte gesteigert bzw. etwa verdoppelt werden, was jedoch nach wie vor nicht den bemessungstechnischen Anforderungen entspricht. Zusätzlich wurden auch relevante Mengen der übrigen AFS-Fractionen entnommen.

13.2.2.3 Energieeintrag

Vergleicht man weiterhin wegen des ähnlichen AFS-Zulaufkonzentrationsniveaus die Messphasen 6 und 8, kann geschlussfolgert werden, dass durch die hohe Belüftungsintensität in der Messphase 6 großkörnige Partikel zerschlagen werden und in die Fraktion der Feststoffe $< 0,2$ mm übergehen. Eine Nettoelimination ergibt sich ausschließlich für mineralische Feststoffe $> 0,2$ mm. Es kann vermutet werden, dass von dieser Fraktion unter den gegebenen Belüftungsbedingungen v.a. großkörnige ($>> 0,2$ mm), schwere Feststoffe absinken können. Demgegenüber erfolgte in der Messphase 8 auch eine Entnahme organischer Feststoffe, lediglich die Fraktion der organischen Feststoffe $< 0,2$ mm blieb unverändert. Bei Berücksichtigung der vorliegenden MAV-Konzeption mit einer nachfolgenden

rung des Lufteintrages. Dauerhaft kann aber auch eine Verringerung der Einblastiefe, durch Setzen der Belüfter auf eine höhere Position, bessere Abscheidegrade bewirken.

13.2.2.4 Fazit

Schlussfolgernd wird für den Betrieb auf dem GWK Nordkanal empfohlen, die Belüftungsintensität der Messphase 6 mit $1,5 \text{ Nm}^3/(\text{m}^3\cdot\text{h})$ zu reduzieren, um nach Möglichkeit höhere Abscheidegrade zu erreichen. Eine Reduzierung auf das Maß der Messphase 7, also ca. $0,8 \text{ Nm}^3/(\text{m}^3\cdot\text{h})$, erscheint nach den vorliegenden Ergebnissen zu weitgehend. In jedem Fall sollten bei Veränderung der Belüftungsintensität begleitende Messungen nach dem in den Messphasen 6 bis 8 durchgeführten Untersuchungskonzept vorgenommen werden, um die Veränderungen der einzelnen AFS-Fractionen zu kontrollieren.

Im Weiteren wäre betrieblich und messtechnisch zu prüfen,

- ➔ wie sehr sich eine Verkürzung bzw. Halbierung der SFF-Durchflusszeit unter Trockenwetterbedingungen, wie sie in Messphase 8 umgesetzt wurde, zusätzlich positiv auswirkt
- ➔ welche Leistungsfähigkeit die „neue“ Siebstufe unter den vorgenannten Betriebsbedingungen erreicht.

13.2.3 Fette

Abbildung 110 zeigt

- ➔ das Längsprofil der Fette (gesamt, emulgiert, nicht emulgiert)
- ➔ die eliminierten Fettfraktionen bezogen auf den gesamten Durchfluss
- ➔ die darauf basierenden prozentualen Eliminationsleistungen

Zunächst kann konstatiert werden, dass mit ca. $50 \text{ kg}/2\text{h}$ in der Messphase 8 die Fettfrachten auf einem identischen Niveau zu verzeichnen waren wie in der Messphase 6. Sie teilen sich im Verhältnis 45% zu 55% auf die Fraktionen der emulgierten und der nicht emulgierten Fette auf.

Auch die ermittelten Eliminationsraten bewegen sich auf dem gleichen Niveau wie in Messphase 6. Gesamtfette werden zu knapp 6% eliminiert. Analog zu Messphase 6 verhalten sich die Fraktionen der emulgierten und der nicht emulgierten Fette entgegengesetzt: emulgierte Fette nehmen um ca. 20% ab, nicht emulgierte Fette nehmen um 6% zu. Die für die Messphase 6 geäußerte Vermutung, dass die durch die hohe Belüftungsintensität eingetragenen Turbulenzen ein gezieltes Abtreiben der nicht emulgierten Fette in die Fettfangtasche verhindern, kann für die Messphase 8 mit der geringsten Belüftungsintensität der

Messphasen 6 bis 8 nicht gelten, um so mehr, wenn Messphase 7 zusätzlich in Betracht gezogen wird. Dies wird im nachfolgenden Kapitel diskutiert.

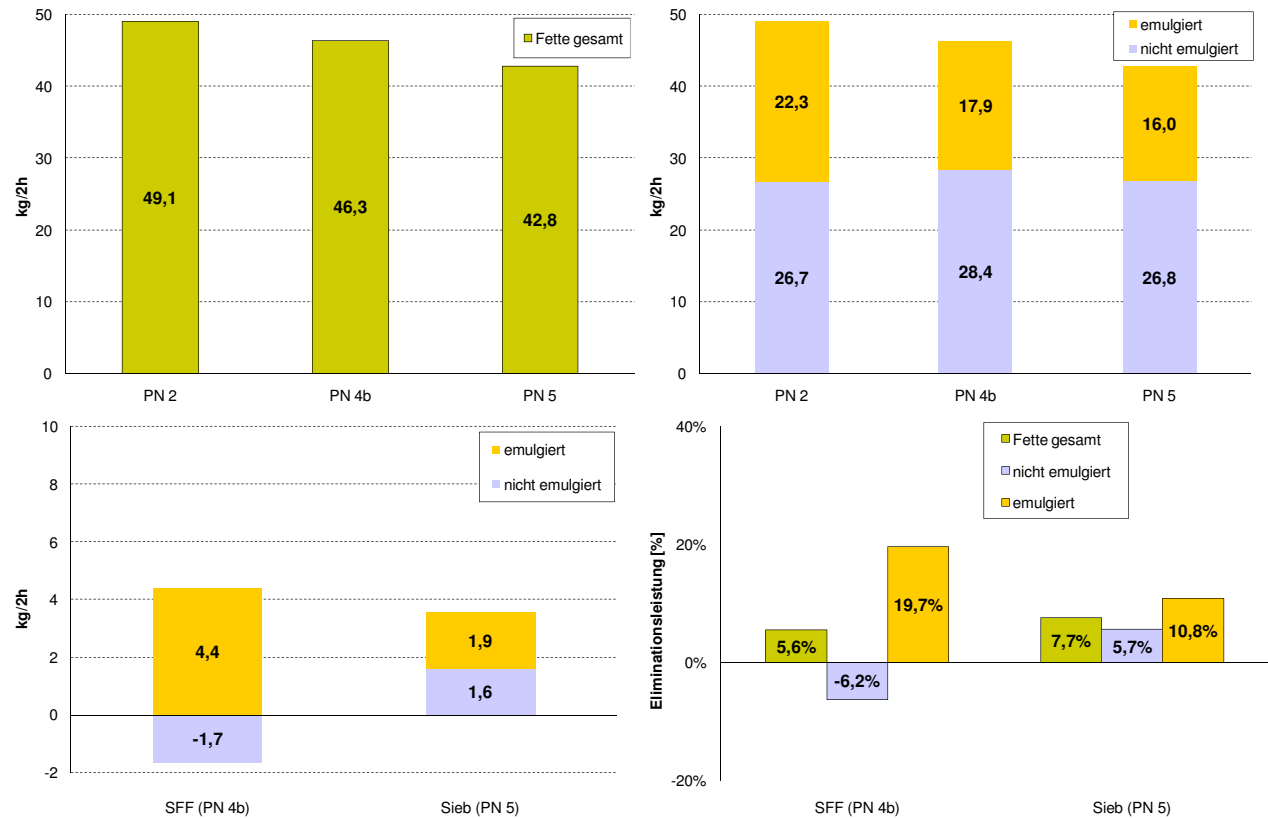


Abbildung 110: Fettfraktionierung und Fettelimination (MP 8)

In den Kap. 13.2.1 und 13.2.2 wurde auf die Bedeutung der nachfolgenden Siebstufe hingewiesen. Auch hinsichtlich der Fettelimination trägt die Siebstufe zur Reduzierung bei, allerdings in deutlich geringerem Umfang. Gemessen wurde in Messphase eine Fettentnahme von knapp 8%. Grundsätzlich führen Fette auf der Siebbespannung eher zu betrieblichen Problemen (schwer abzureinigende Verkrustungen, Verkleinerung der Öffnungsweite). Daher sollte die Siebstufe nicht als „Puffer“ zur Fettentnahme angesehen werden.

13.2.4 Diskussion der Messphasen 6 bis 8 für die Fettentnahme des SFF

Tabelle 13 gibt einen Überblick über die unterschiedlichen betrieblichen Einstellungen für den SFF in den Messphasen 6 bis 8. Abbildung 111 und Abbildung 112 zeigen im Vergleich die jeweils entnommenen Fett-Frachten und die darauf basierende prozentuale Leistungsfähigkeit.

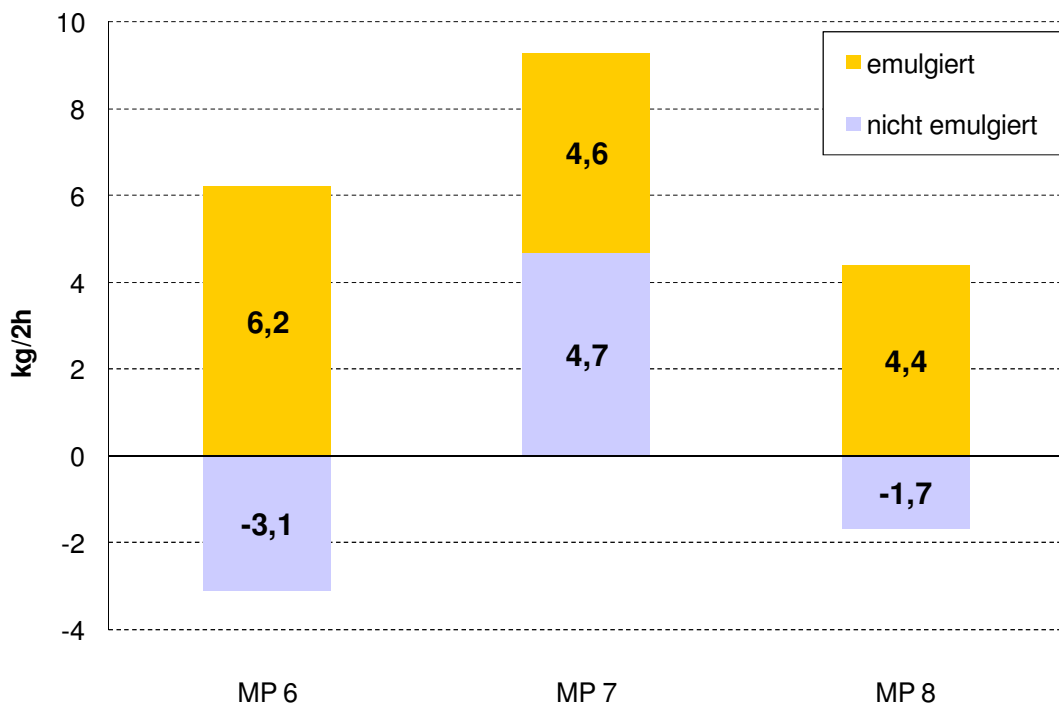


Abbildung 111: Vergleich der im SFF entnommenen Fett-Frachten in den Messphasen 6 bis 8

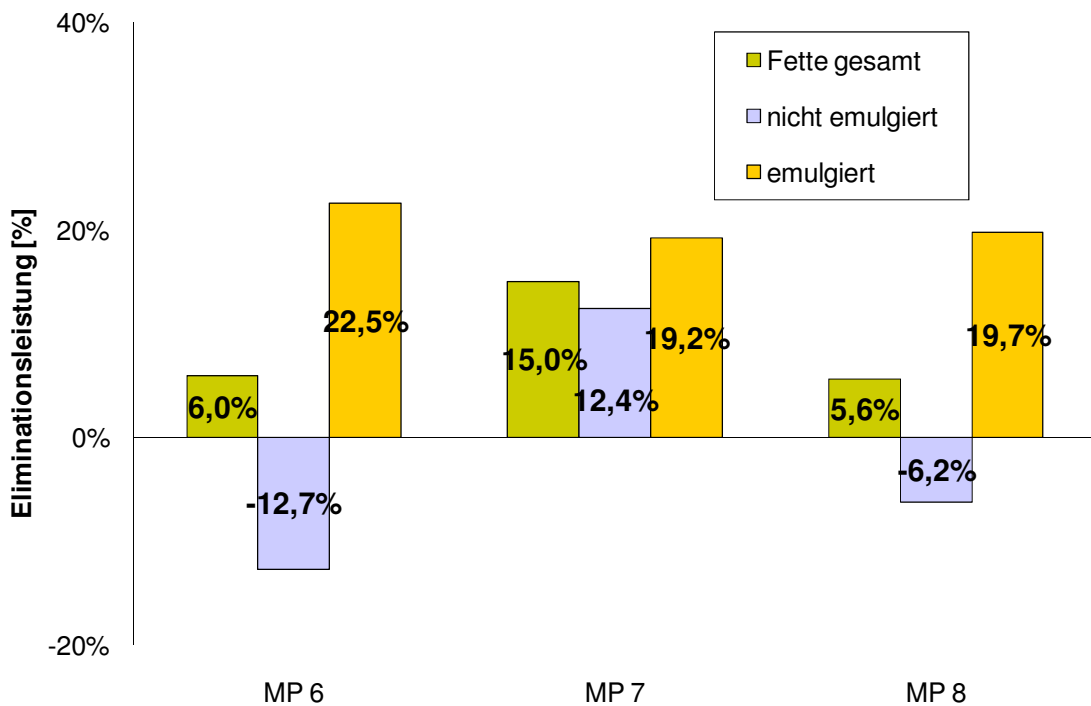


Abbildung 112: Vergleich der prozentualen Fett-Leistungsfähigkeit des SFF in den Messphasen 6 bis 8

Vergleicht man zuerst wegen des ähnlichen Fett-Zulaufkonzentrationsniveaus die Messphasen 6 und 8, ergibt sich qualitativ ein vergleichbares Eliminationsbild bezogen auf die

Fettfraktionen. Nicht emulgierte Fettanteile nehmen zu, während emulgierte Fettanteile abnehmen. Beide Messphasen unterscheiden sich grundlegend in den betrieblichen Parametern sowohl bezüglich der Belüftungsintensität als auch der SFF-Durchflusszeit. In Anbetracht der quantitativen Fraktionsanteile kann geschlussfolgert werden, dass sich bei deutlich geringerer Belüftung in der Messphase 8 ($0,45 \text{ Nm}^3/(\text{m}^3\cdot\text{h})$) weniger emulgierte Fette entmischen. Die entnommene Fracht an nicht emulgierten Fetten bewegt sich mit $3,1 \text{ kg}/2\text{h}$ (Messphase 6) und $2,7 \text{ kg}/2\text{h}$ (Messphase 8) in der gleichen Größenordnung, so dass nicht von einem negativen Einfluss der in Messphase 8 verkürzten SFF-Durchflusszeit auszugehen ist.

Die SFF-Zulaufverhältnisse in der Messphase 7 lagen auf einem gegenüber den Messphasen 6 und 8 leicht erhöhten Fett-Niveau. Die Belüftung des SFF war weniger stark reduziert ($0,8 \text{ Nm}^3/(\text{m}^3\cdot\text{h})$) gemessen an Messphase 6. In dieser Messphase erfolgte die höchste Gesamtfettelimination mit $9,3 \text{ kg}/2\text{h}$, die sich hälftig auf die emulgierten und die nicht emulgierten Fettfraktionen aufteilt. Da in dieser Messphase der Anteil der eliminierten emulgierten Fette dem Anteil der emulgierten Fette aus der nachfolgenden Messphase 8 entspricht, kann ein günstiger Einfluss einer längeren SFF-Durchflusszeit (wie in Messphase 7) angenommen werden, um bessere Randbedingungen für die nicht emulgierten Fettanteile zum Abtreiben in die Fettfangkammer zu schaffen.

In den 3 Optimierungsmessphasen 6 bis 8 wurden Fettentnahmen bezüglich der Gesamtfette zwischen 6% und 15% gemessen. Botsch (2010) schreibt im Kontext einer Auswertung von 24 Fettfängen auf österreichischen Kläranlagen: Zitat: „Bei der Fettabscheidung zeigte sich ein unerwartet niedriger Wirkungsgrad (10% - 15%)...“ Zitat Ende. In dieses Spektrum passen auch die Ergebnisse auf dem GWK Nordkanal.

Allerdings offenbaren diese Betrachtungen auch das betriebliche Spannungsfeld eines belüfteten SFF, um einerseits mineralische Feststoffe absinken zu lassen, organische Feststoffe in Schwebe zu halten und andererseits flotierbare Fette auftreiben zu lassen.

14 ZUSÄTZLICHE UNTERSUCHUNGEN ZUR SULFIDFÄLLUNG

14.1 Probenahme im Zulaufbereich des GWK Nordkanal

Im Rahmen einer Vor-Ort-Begehung der Rechenhalle am 2. Juni 2010 wurde im Zulaufbereich vor den Rechen eine starke Verfärbung des Abwassers festgestellt. Offenbar erfolgte eine chemische Reaktion, hervorgerufen durch Inhaltsstoffe im zulaufenden Abwasser (das Abwasser wird über eine zweisträngige, ca. 2 km lange Druckrohrleitung dem GWK Nordkanal zugeführt) und im Trübwasser. Das Trübwasser, bestehend aus dem Zentrat der Zentrifuge sowie das Überstandswasser des Überschussschlammeindickers, wird zeitlich unregelmäßig in den Zulaufbereich vor den beiden Rechen eingeleitet.

Als Reaktion des Mischens des Trübwassers (Färbung: gelb-orange) und des kommunalen Zulaufs (Färbung: gelb) entstand eine tiefschwarze Abwasserfahne, die im Weiteren die Abwasserfärbung im gesamten MAV-Bereich über den SFF bis zu den Sieben bestimmte. Abbildung 113 und Abbildung 114 illustrieren die Situation und zeigen das Ergebnis der chemischen Reaktion.

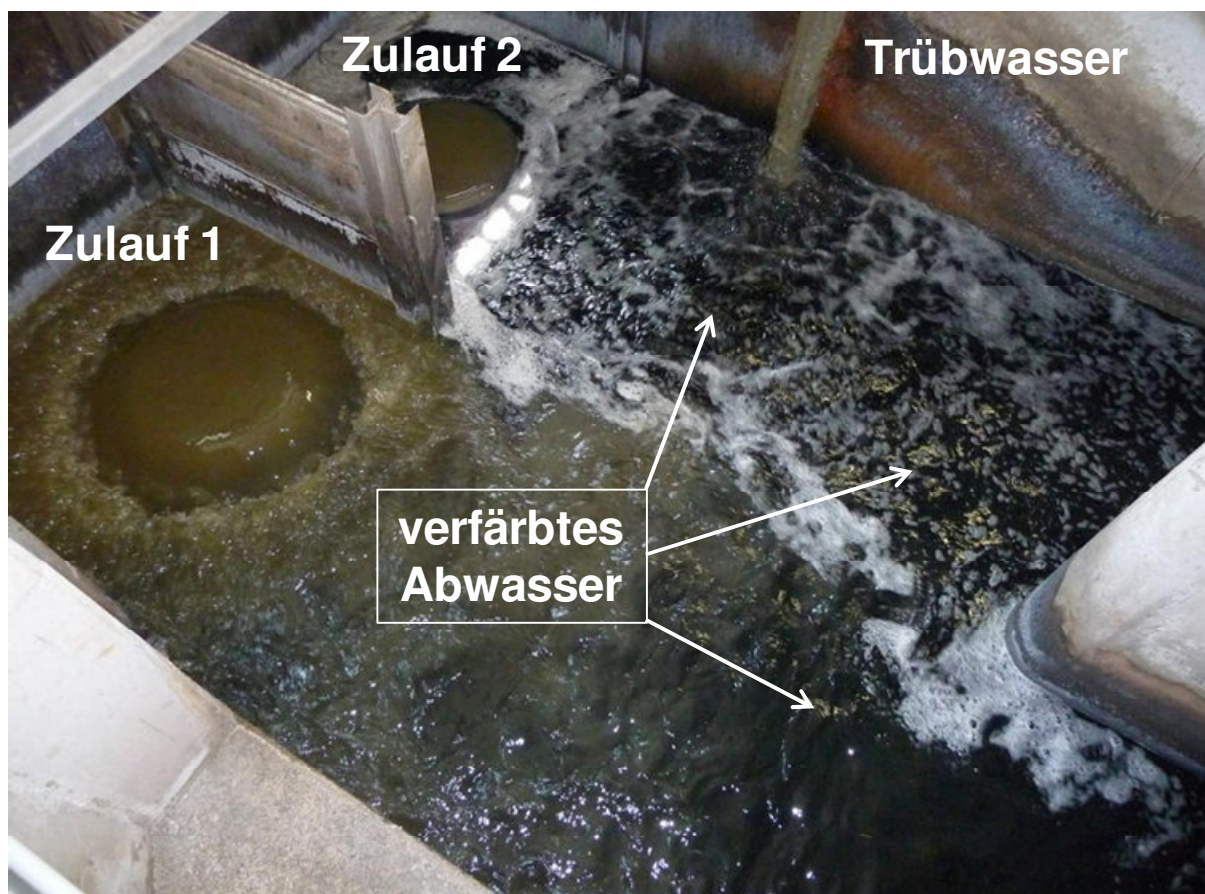


Abbildung 113: Fällungsreaktion im Zulaufbereich (Foto aufgenommen am 02.06.2010)

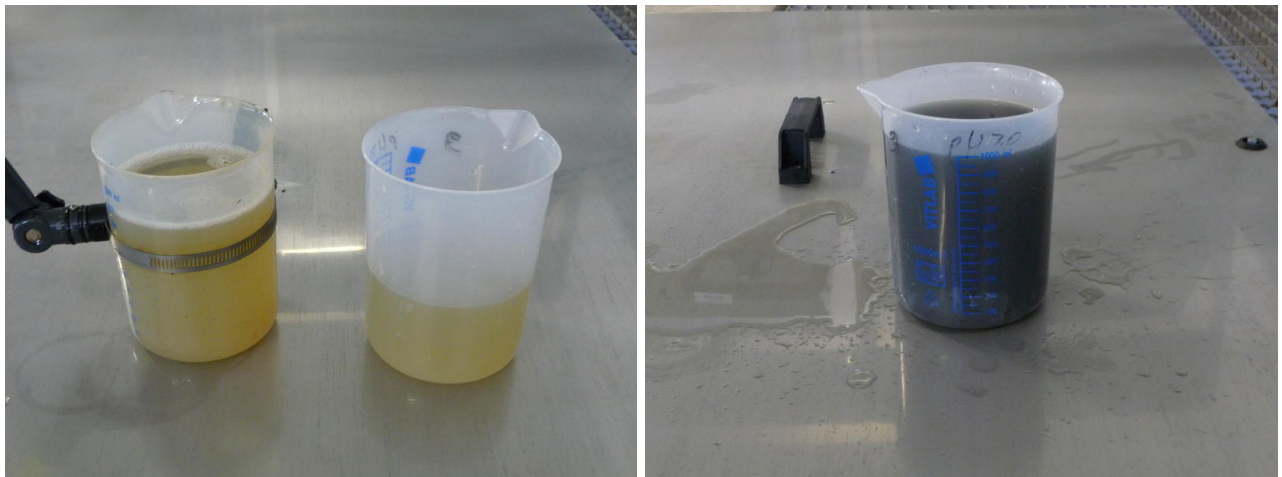


Abbildung 114: links: Trübwasser (links) und Zulaufwasser (rechts)
rechts: unmittelbar nach der Vermischung

Grundsätzlich war eine intensive Schwarzfärbung des Abwassers im Bereich des SFF bereits bei früheren Gelegenheiten festgestellt und nach Rückfrage beim Betreiber ausschließlich auf den Einfluss entleerter Regenbecken, die der Kläranlage vorgelagert sind und automatisiert entleert oder gereinigt werden, zurückgeführt worden. Im Übrigen kann davon ausgegangen werden, dass auch unter solchen Randbedingungen sulfidreiches Abwasser zur GWK Nordkanal gelangt.

Vermutet wurde nun aufgrund der Schwarzfärbung (im Ergebnis einer spontan im Zulaufbereich ablaufenden chemischen Reaktion) eine Metallsulfidfällung, wenn sulfidhaltiges Zulaufwasser und eisenhaltiges Trübwasser gemischt werden und miteinander reagieren. Im Ergebnis werden gelöste Metallverbindungen als Metallsulfide ausgefällt und somit Feststoffe produziert. Ebenfalls wurde vermutet, dass dieser Fällungsprozess nicht direkt im Bereich der Rechenstufe abgeschlossen ist, sondern sich auch in den Bereich des SFF verlagert. Dies wäre dann auch ein starkes Indiz für die unter Trübwassereinfluss zunehmenden AFS-Konzentrationen hinter dem SFF.

Bei einer erneuten Sichtung der Projektunterlagen wurde festgestellt, dass diese vermutete Fällungsreaktion bereits zu früheren Zeitpunkten im Zulaufbereich des GWK Nordkanal abliefern und auch dokumentiert wurden. Insofern kann vermutet werden, dass es regelmäßig zu diesen Vorgängen kam. Abbildung 115 zeigt abermals die Fällungsreaktion zum Zeitpunkt einer Trübwassereinleitung, aufgenommen vor Projektbeginn im Mai 2008.



Abbildung 115: Fällungsreaktion im Zulaufbereich (Foto aufgenommen am 28.05.2008)

Aus diesem aktuellen Anlass wurden nun zusätzlich zu den SFF-Untersuchungen der Messphase 8 an drei Tagen Stichproben vom zulaufenden Abwasser und vom täglich diskontinuierlich zugeführten Trübwasser vorgenommen, um speziell Sulfid- und Eisenkonzentrationen zu prüfen. Darüber hinaus wurden sporadisch Stichproben vom Zentrat, vom Überstandswasser des Überschussschlammeindickers sowie vereinzelt vom Zulauf und Ablauf des SFF gezogen. Tabelle 14 zeigt die Messergebnisse.

Tabelle 14: Stichproben zur Metallsulfidfällung im Zulaufbereich (GKW Nordkanal)

15.06.2010, 08:00 Uhr								
	AFS mg/l	Sulfid mg/l	Fe _{GES} mg/l	Fe _{gel} mg/l	P _{GES} mg/l	P _{ortho} mg/l	Redox mV	pH ---
Zul. Rechen	172	13,2	0,41	< 1	10,1	7,9		
Trübw	197	0,02	95,7	26,2	1,87	0,02		
Zentrat	379	0,04	177	86,7	7,52	0,09		
Überstw	160	0,02	53,3	51,0	3,99	0,52		
16.06.2010, 06:00 Uhr								
Zul. Rechen	97,7	9,9	0,43	< 1	9,27	8,04	-333	7,56
Trübw	278	0,12	97,7	49,3	3,41	0,08	-117	6,52
16.06.2010, 08:45 Uhr								
Zul. Rechen	156	7,73	< 1	< 1	9,28	7,50	-335	7,69
Trübw	1.398	1,51	197	65	27,5	0,47	-88	6,69
Zentrat	380	0,11	145	72,6	5,8	0,31	-83	6,55
Überstw	355	0,13	96	59,6	7,8	0,39	-77	6,74
Zul. SFF	82,4	6,12	0,3	< 1	8,56	6,7	-317	7,72
Abl. SFF	185	0,79	5,86	< 1	9,76	6,3	-212	7,75
16.06.2010, 16:00 Uhr								
Zul. Rechen	355	9,01	0,91	< 1	11,5	7,46	-339	7,58
Trübw	1.288	1,68	188	52,2	22,8	0,17	-117	6,60
Zul. SFF	315	6,74	0,66	< 1	11,0	7,45	-312	7,60
Abl. SFF	313	7,27	1,15	< 1	10,9	7,15	-316	7,66
17.06.2010, 08:45 Uhr								
Zul. Rechen	108	6,73	< 0,3	< 1	9,1	7,54	-327	7,55
Trübw	214	0,04	81,9	22,2	1,53	0,01	-94	6,53
Zentrat	342	0,60	107	39,2	5,06	0,40	-83	6,46
Überstw	158	0,06	35,3	3,9	5,21	0,10	-77	6,74
Zul. SFF	143	5,51	1,27	< 1	9,76	7,89	-310	7,57
Abl. SFF	239	7,52	0,37	< 1	9,70	7,70	-320	7,52

Mit Blick auf Tabelle 14 lassen sich folgende Aussagen treffen:

➔ Sulfid im Zulauf

Es existieren in der Literatur keine Faustwerte über Sulfidgehalte im Kläranlagenzulauf genannt. Zietz (1979) nennt Konzentrationen im Bereich von 1,3 mg/l bis 7,2 mg/l. Die Ergebnisse der Stichprobenanalysen im Zulauf des GKW Nordkanal bewegen sich in einem deutlich höheren Konzentrationsbereich, nämlich zwischen 6,7 mg/l und 13,2 mg/l. Es kann

vermutet werden, dass diese hohen Konzentrationen die Folge längerer Abwasseraufenthaltszeiten in der Druckrohrleitung sind, wo unter anaeroben Bedingungen Sulfid entsteht.

➔ Eisen im Trübwasser

Im Kläranlagenzulauf lagen keine relevanten Eisenkonzentrationen vor. Im Trübwasser wie auch in beiden Trübwasserteilströmen wurden hohe Konzentrationen an gelöstem und partikulärem Eisen festgestellt.

Die verwendeten Konditionierungsmittel für den Überschussschlammeindicker und die Zentrifuge sind nicht eisenhaltig, sondern es handelt sich dabei um ein polymeres Flockungshilfsmittel (CE 684L und CE 364 der Fa. Nerolan).

Ursache kann demnach nur das zur Phosphatfällung eingesetzte eisenbasierte Fällmittel sein. Verwendet wird Eisen-III-Chlorid (PIX111) der Fa. Kemira.

Tabelle 15 zeigt eine Beispielrechnung zur Ermittlung des Fällmittelbedarfs. Verwendet wurden dafür die P_{GES} und CSB-Konzentrationen im Ablauf der Siebstufe (PN 5, entspricht Zulauf Biologie) aus der Messphase 1. Es wurden drei Belastungen hinsichtlich der P_{GES} und CSB-Konzentrationen einander gegenübergestellt: minimale Konzentrationen, Konzentrationsmittelwerte, maximale Konzentrationen.

Tabelle 15: Berechnung des Fällmittelbedarfs nach ATV-DVWK-A 131 (2000)

		MIN	MW	MAX	
C _{P,ZB}	mg/l	4,6	7,7	10,2	Zulauf Biologie
C _{P,AN}	mg/l	0,5	0,5	0,5	Ablauf Biologie
C _{CSB,ZB}	mg/l	175	433	681	CSB-Zulauf Biologie
X _{P,BM}	mg/l	0,875	2,165	3,405	Inkorporiertes P
X _{P,BioP}	mg/l	0,35	0,866	1,362	über BioP entferntes P
X _{P,Fäll}	mg/l	2,88	4,17	4,93	
Q _d	m ³ /d	9.000	9.000	9.000	täglicher TW-Zulauf
B _{d,P,Fäll}	kgP/d	25,88	37,52	44,40	tägliche P-Fracht
Bedarf kg Fe pro kg P	kgFe/kgP	1,8	1,8	1,8	
β	---	1,5	1,5	1,5	
Fe-Bedarf	kgFe/d	69,86	101,31	119,87	
Molmasse	kgFe/kmolFe	55,8	55,8	55,8	
benötigte Molmenge	mol/d	1.252	1.816	2.148	
Dichte FeCl ₃ -Lösung	kg/L	1,43	1,43	1,43	
mol Fe/L FeCl ₃ -Lsg	mol/L	3,58	3,58	3,58	
FM-Bedarf FeCl₃-Lsg	l/d	350	507	600	volumenbezogen
FM-Masse FeCl ₃ -Lsg	kg/d	500	725	858	massebezogen
	t/a	183	265	313	massebezogen

Der volumenbezogene Fällmittelbedarf an FeCl_3 variiert zwischen 350 l/d und 600 l/d. Es gibt sicherlich Variationen, bspw. eine hohe P_{GES} -Konzentration verbunden mit einer mittleren CSB-Konzentration, für die sich ein höherer täglicher FM-Bedarf verrechnen würde. Gemäß Informationen vom GWK Nordkanal werden dort täglich ca. 750 l/d FeCl_3 in den Quelltopf vor der Denitrifikationszone dosiert. Diese Fällmittelmenge birgt sicherlich die Gefahr einer permanenten Überdosierung, woraus sich erhöhte Eisengehalte im Trübwasser erklären könnten. Ein weiteres Indiz dafür ist die jährlich verbrauchte Fällmittelmenge auf dem GWK Nordkanal mit ca. 500 t/a bis 550 t/a (Informationen vom GWK Nordkanal).

Bedingt durch die Stichprobencharakteristik der Untersuchungen sind die Messergebnisse nicht durchgehend konsistent. Das beste Beispiel für die vermuteten Abläufe stellen die Messungen vom 16.06.2010 um 08:45 Uhr dar. Sulfid ist im Zulauf vorhanden – Eisen ist im Trübwasser vorhanden – im SFF-Zulauf finden sich immer noch ein relevanter Sulfid- und ein üblicher AFS-Gehalt – im SFF-Ablauf finden sich ein deutlich erhöhter AFS-Gehalt und ein deutlich reduzierter Sulfidgehalt.

14.2 Orientierende Labortests

Die gemessenen Sulfidkonzentrationen im Zulauf und Eisenkonzentrationen im Trübwasser sind geeignet, die eingangs erläuterten Vermutungen zu bestätigen.

Zusätzlich wurden deswegen orientierende Laborversuche durchgeführt, die Aufschlüsse über den zeitlichen Ablauf der Fällungsreaktion bringen sollten. Damit sollte die Frage beantwortet werden, ob die Fällungsreaktion vor dem SFF abgeschlossen ist, oder, wie vermutet, mehrheitlich im SFF abläuft und die AFS-Bilanz entsprechend negativ beeinflusst.

Zu diesem Zweck wurden Proben von den verschiedenen Medien (Abwasserzulauf, Trübwasser und Trübwasserteilströme (Zentrat, Überstandswasser)) in ausreichenden Mengen entnommen, konserviert, ins Labor des FG SWW nach Kassel transportiert und dort in orientierenden Labortests verwendet.

Die Versuchsdurchführung erfolgte folgendermaßen:

- ➔ Die Anfangskonzentrationen der verschiedenen Medien wurden bestimmt
- ➔ Abwasserzulauf wurde mit Trübwasser oder mit Zentrat oder mit Überstandswasser vermischt
- ➔ Das Mischungsverhältnis wurde variiert (zu der Unterscheidung zwischen den Teilströmen siehe o.s. Anmerkung).
 - Verhältnis Abwasserzulauf : Trübwasser zwischen 1:5 und 1:100
 - Verhältnis Abwasserzulauf : Zentrat zwischen 0,06:10 und 1:10

- Verhältnis Abwasserzulauf : Überstandswasser zwischen 0,04:10 und 1:10

Die Unterscheidung zwischen Trübwasser und den beiden Teilströmen ist nicht zwingend erforderlich, da mittlerweile klar ist, dass der hohe Eisenanteil im Trübwasser bereits mit dem Überschussschlamm in den Eindicker gelangt, entsprechend also bereits im Überstandswasser des Eindickers, im nachfolgenden Zentrat und so wieso in der Mischung beider Teilströme enthalten ist. Diese Erkenntnisse lagen bei Beginn der Versuche noch nicht so eindeutig vor. Auch im Bereich der Zentrifuge wird kein weiteres eisenhaltiges Konditionierungsmittel ergänzt.

Insgesamt wurden 14 Versuche durchgeführt. Für die statistische Auswertung in Tabelle 16 wurde der Mittelwert der 14 Versuche verwendet.

- ➔ Die Mischkonzentrationen wurden nach Vorlage der Analysenergebnisse errechnet
- ➔ Die gemischten Proben wurden gerührt
- ➔ Nach 5 Minuten und nach 1 Stunde wurden Proben gezogen und der Parameter AFS bestimmt.

Die beiden Zeiten wurden in Anlehnung an die Vorstellung gewählt, dass das Zulaufabwasser-Trübwasser-Gemisch nach maximal 5 Minuten den SFF erreicht und nach ca. 1 Stunde aus dem SFF abfließt. Letzteres gilt für die Trockenwetterverhältnisse und Versuchsbedingungen, unter denen die Messphasen 1, 3, 5, 6 und 7 stattgefunden haben. Die Fließdauer vom Rechen bis zum SFF dürfte unter Trockenwetterverhältnissen sogar deutlich kürzer als 5 Minuten sein.

Tabelle 16 zeigt die statistischen Ergebnisse der Sulfid-Labortests.

Tabelle 16: Statistische AFS-Daten der Sulfid-Labortests in [mg/l]

Parameter	AFS-Konzentration				
	Start	5 Min.	Differenz	1 Std.	Differenz
Anzahl	14	14	---	14	---
min	99	104	5,1%	108	9,1%
Mittelwert	161	165	2,5%	182	13,3%
max	294	283	-3,7%	345	17,3%

Die Daten belegen erwartungsgemäß, dass infolge des Fällungsprozesses ein Zuwachs an Feststoffen zu verzeichnen ist. Bezogen auf die Konzentrationsmittelwerte aller Messreihen war nach 5 Min. eine durchschnittliche AFS-Zunahme von 2,5% zu verzeichnen, nach 1 Stunde von über 13%.

Erftverband: Optimierung mechanischer Abwasservorreinigung (Abschlussbericht)

Insofern kann geschlussfolgert werden, dass für den Sulfid-Fällungsprozess eine zeitliche Spanne erforderlich ist, die in jedem Fall größer ist als die maximale Fließdauer des Abwassers zwischen Einlaufbauwerk/Trübwasserzugabestelle und Zulaufbereich SFF.

Dies ist ein sehr wichtiger Hinweis bezüglich vieler Messergebnisse der Messphasen 1 und 3, während derer hinter dem SFF höhere AFS-Konzentrationen festgestellt wurden als vor dem SFF.

15 ZUSAMMENFASSUNG

Die Bedeutung der mechanischen Abwasservorreinigung (MAV) auf konventionellen Kläranlagen wird allgemein unterschätzt bzw. auch nicht in die Überlegungen eingeschlossen, wenn betriebliche Störungen auftreten oder auch die Frage nach einem möglichen Ertüchtigungspotenzial einer Kläranlage gestellt wird. Statt dessen wird eher sogar in Kauf genommen, Verfahrensstufen wie Belebungsbecken oder Faulbehälter gelegentlich für Revisionsarbeiten, deren Ursache im ungenügenden Betrieb der MAV zu sehen ist, außer Betrieb nehmen zu müssen.

Für den sicheren Betrieb von Membranbelebungsanlagen ist eine über den Einsatz üblicher Rechen- und Sand-/Fettfanganlagen hinausgehende MAV erforderlich betrieben wird. Insbesondere Haare und faserige Abwasserinhaltsstoffe führen zu Verzopfungen und infolgedessen zu Verschlammungen an den Membranmodulen. Die hydraulische Leistungsfähigkeit wird reduziert. Es entsteht zusätzlicher betrieblicher Aufwand bei der Reinigung. Beschädigungen an der Membran sind nicht auszuschließen.

Die Diskussionen um die MAV bei Einsatz des Membranbelebungsverfahrens in der kommunalen Abwassertechnik wurden fälschlicherweise häufig auf den Verfahrensschritt der zusätzlich erforderlichen Siebung des Abwassers verengt. Tatsächlich ist hierzu eine ganzheitliche Betrachtung der MAV notwendig, um die Interaktionen zwischen Rechen, belüftetem Sand- und Fettfang (SFF) und Sieb zu erfassen. Insbesondere dem Betrieb des Sand- und Fettfangs kommt hierbei eine große Bedeutung zu. Dabei richtet sich der Focus auch auf den Parameter „Fett“ (Gesamtfette und Fettfraktionen) bzw. „schwerflüchtige lipophile Stoffe“ und deren Entnahme im Fettfang. Denn es ist unbedingt erforderlich, Fette von den Filtrationseinheiten der Membranbelebungsanlagen und nach Möglichkeit auch bereits von den Sieben fernzuhalten.

Motivation dieses Forschungsvorhabens war es,

- ➔ alle Verfahrensstufen der mechanischen Abwasservorreinigungsstufe eingehend (Eliminationsleistung, Gesamteliminationsleistung, Interaktionen) zu beleuchten
- ➔ entsprechende Messdaten zur Beeinflussung der Feststoff- und Fettfraktionen im Durchlauf durch die mechanischen Abwasserreinigungsstufen zu gewinnen, die bislang in der Literatur auch nur äußerst spärlich publiziert sind; insbesondere der Parameter „Fette“ wird bislang kaum genannt
- ➔ aus den Untersuchungen Optimierungsmaßnahmen sowohl für konventionelle als auch für weitergehende mechanische Abwasservorreinigungsstufen abzuleiten

Die Untersuchungen wurden beim Erftverband auf dem Gruppenklärwerk Nordkanal und auf der Kläranlage Rödingen durchgeführt. Die insgesamt 9 einzelnen Messphasen lassen sich wie folgt kategorisieren:

- ➔ Status Quo-Ermittlungen der Leistungsfähigkeit der MAV auf dem GWK Nordkanal und auf der KA Rödingen
- ➔ Untersuchungen zur stofflichen Leistungsfähigkeit unterschiedlicher Siebssysteme
- ➔ Untersuchung der Einflussgrößen eines Sand- und Fettfangbetriebes

Die Status Quo-Ermittlungen auf dem GWK Nordkanal und auf der KA Rödingen haben eindeutig ergeben, dass beide Anlagen nicht zu hoch belastet werden. Für die untersuchten Parameter liegen die einwohnerspezifischen Belastungen teilweise deutlich unterhalb der Literaturdaten (CSB, lipophile Stoffe, P_{GES}), teilweise auf einem vergleichbaren Niveau (AFS, TN_b). Die in Kap. 1 beschriebenen Betriebsprobleme auf dem GWK Nordkanal im Bereich der Siebung sind keinesfalls auf eine stoffliche oder hydraulische Überlastung der Kläranlage zurückzuführen.

Bei den Untersuchungen zur stofflichen Leistungsfähigkeit unterschiedlicher Siebssysteme hat sich in allen Untersuchungen die Betriebstauglichkeit des getesteten Bandsiebes der norwegischen Firma Salsnes-Filter gezeigt. Dies kann auch für den Langzeitbetrieb attestiert werden mit der zeitlichen Einschränkung, dass die entsprechende Testphase im Rahmen dieses Projektes ca. 5 Monate andauerte.

Mit einem 0,35 mm – Siebband wurden AFS_{GES}-Entnahmeleistungen zwischen 40% und 45% gemessen. Die darin enthaltene AFS-Fraktion > 0,2 mm wurde nahezu komplett zurückgehalten. Mit einem 0,84 mm – Siebband wurde in einer kurzzeitigen Startmessung eine AFS_{GES}-Entnahmeleistung von 30% gemessen, allerdings bei im Vergleich deutlich höheren AFS-Zulaufkonzentrationen. In diesem Fall wurde die darin enthaltene AFS-Fraktion > 0,2 mm um 70% reduziert, bezogen auf die erzielte Konzentrationsdifferenz war die Leistungsfähigkeit sogar höher als mit dem 0,35 mm – Siebband. Insofern bleibt die Frage unbeantwortet, welche Leistungsfähigkeit bei den Zulaufverhältnissen in Kap. 9.5 mit einem 0,35 mm – Siebband zu erreichen wären.

Die nachstehende Abbildung 116 enthält einen Überblick über alle Siebuntersuchungen bezogen auf die AFS_{GES}-Entnahmeleistung, die vom FG SWW bislang seit dem Jahre 2003 auf verschiedenen europäischen Membranbelebungsanlagen durchgeführt wurden.

Erfvtverband: Optimierung mechanischer Abwasservorreinigung (Abschlussbericht)

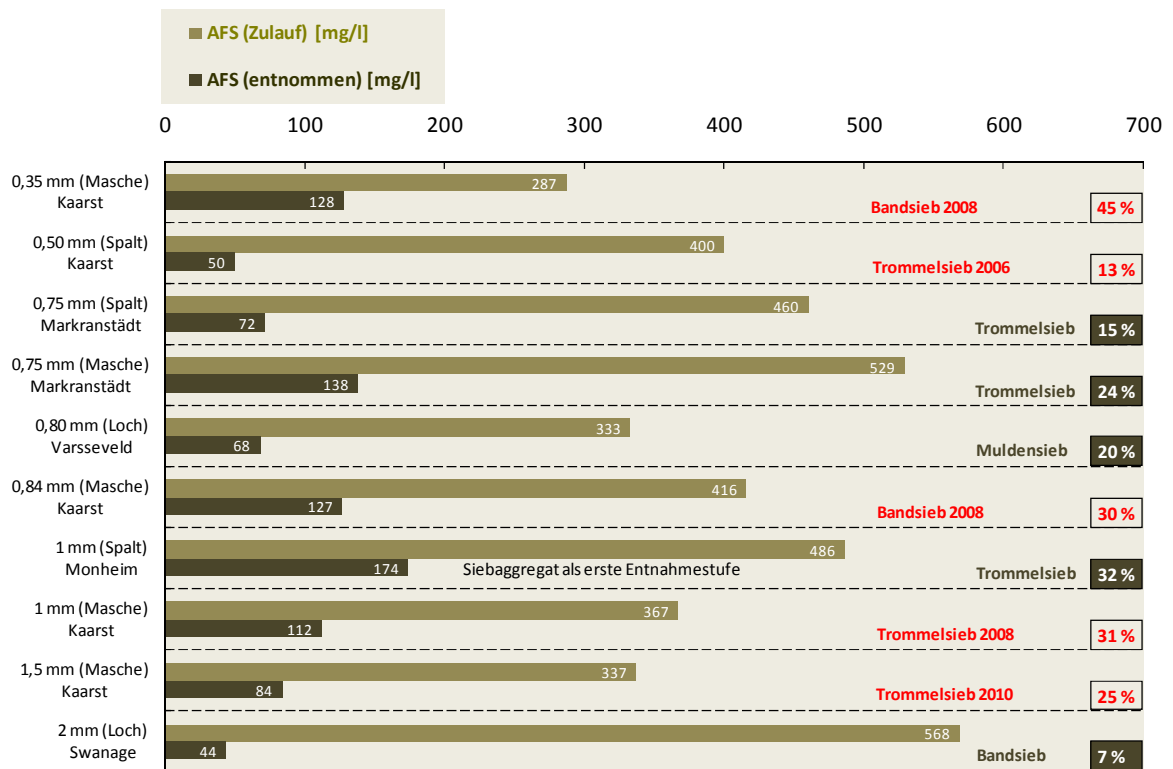


Abbildung 116: Untersuchungsergebnisse des FG SWW zum AFS-Entnahme von Sieben

Folgende Aussagen lassen sich speziell im Hinblick auf die in diesem Projekt untersuchten Siebe treffen:

- ➔ Das Bandsieb mit einem 0,35 mm – Siebband zeigte die größte prozentuale Entnahmeleistung in den bisherigen Untersuchungen, weist jedoch auch die kleinste bisher untersuchte Öffnungsweite auf. Die AFS-Zulaufkonzentrationen waren von allen durchgeführten Untersuchungen in dieser Messphase am niedrigsten.
- ➔ Ausgenommen eindimensionale Öffnungsweiten zeigte das Bandsieb mit einem 0,84 mm – Siebband in der Öffnungsweitenklasse von 0,5 mm bis 1 mm die größte Entnahmeleistung. Insbesondere der Vergleich mit dem Trommelsieb in Markranstädt bzw. mit dem Muldensieb in Varsseveld deutet die betriebliche Qualität des untersuchten Bandsiebes an. Es sei jedoch nochmals darauf hingewiesen, dass lediglich eine zweitägige Messphase durchgeführt werden konnte.
- ➔ Bestätigt wird die bereits bekannte Annahme, dass zweidimensionale Öffnungsweiten (Loch, Masche) effektiver in Bezug auf die AFS-Entnahme sind als eindimensionale Öffnungsweiten (Spalt).

Im Folgenden wird in Abbildung 117 ein Vergleich zwischen einer MAV-Stufe inkl. Vorklä- rung mit Bezug zum ATV-DVWK-Arbeitsblatt-A 131 (2000) und einer MAV-Stufe inkl. den

zuvor untersuchten Bandsieben dargestellt. Dabei wurde zu den Eliminationsleistungen der Abbildung 116 eine vorhergehende AFS-Entnahme durch Rechen und SFF gemäß den Untersuchungsergebnissen der Messphase 1 von 20% hinzu addiert.

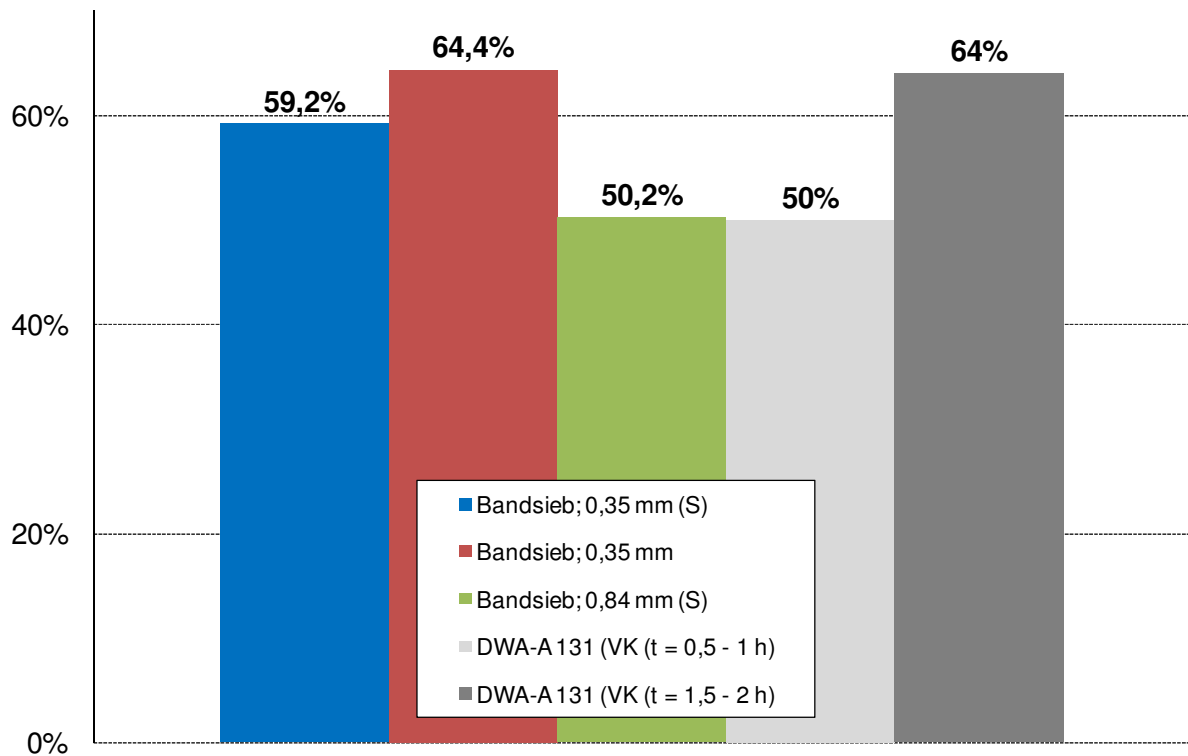


Abbildung 117: MAV-Vergleich der AFS-Entnahme: Sieb - Vorklärung

Es wird deutlich, dass sich die AFS-Leistungsfähigkeiten einer MAV-Stufe mit den untersuchten Bandsieben in der gleichen Größenordnung bewegen wie MAV-Stufen mit Vorklärbecken. Nur unter Berücksichtigung des Parameters AFS bedeutet dies, dass diese Bandsiebe eine verfahrenstechnische Möglichkeit darstellen, im Ertüchtigungsfall Vorklärbecken zu ersetzen.

Für die übrigen Parameter CSB, TN_b und P_{GES} wird ein Vergleich in Abbildung 118 gezogen. Hier sind für eine MAV-Stufe inkl. Vorklärung die Angaben des ATV-DVWK-Arbeitsblattes-A 131 (2000) den Eliminationsraten, die für die bestehende MAV des GWK Nordkanal in der Status-Quo-Messphase ermittelt wurden, gegenübergestellt.

Von diesen Parametern ist speziell der CSB als Substratstoff für die nachfolgende biologische Stufe von Interesse. Die Befürchtung kann darin bestehen, mit Sieben zu viel CSB zu entnehmen und der biologischen Reinigung somit vorzuenthalten. Diese Befürchtung hat sich in den Untersuchungen auf dem GWK Nordkanal nicht bestätigt wie im Übrigen auch bei früheren Siebuntersuchungen nicht. Die ermittelten Eliminationsraten liegen mit 20% deutlich unterhalb der Literaturangaben des A 131 (ATV-DVWK, 2000). Zur Ergänzung sei

angeführt, dass die höchste jemals vom FG SWW festgestellte CSB-Eliminationsrate bei 27% lag, erzielt mit einem Mulden- bzw. Halbschalensieb (0,8 mm Lochgeometrie).

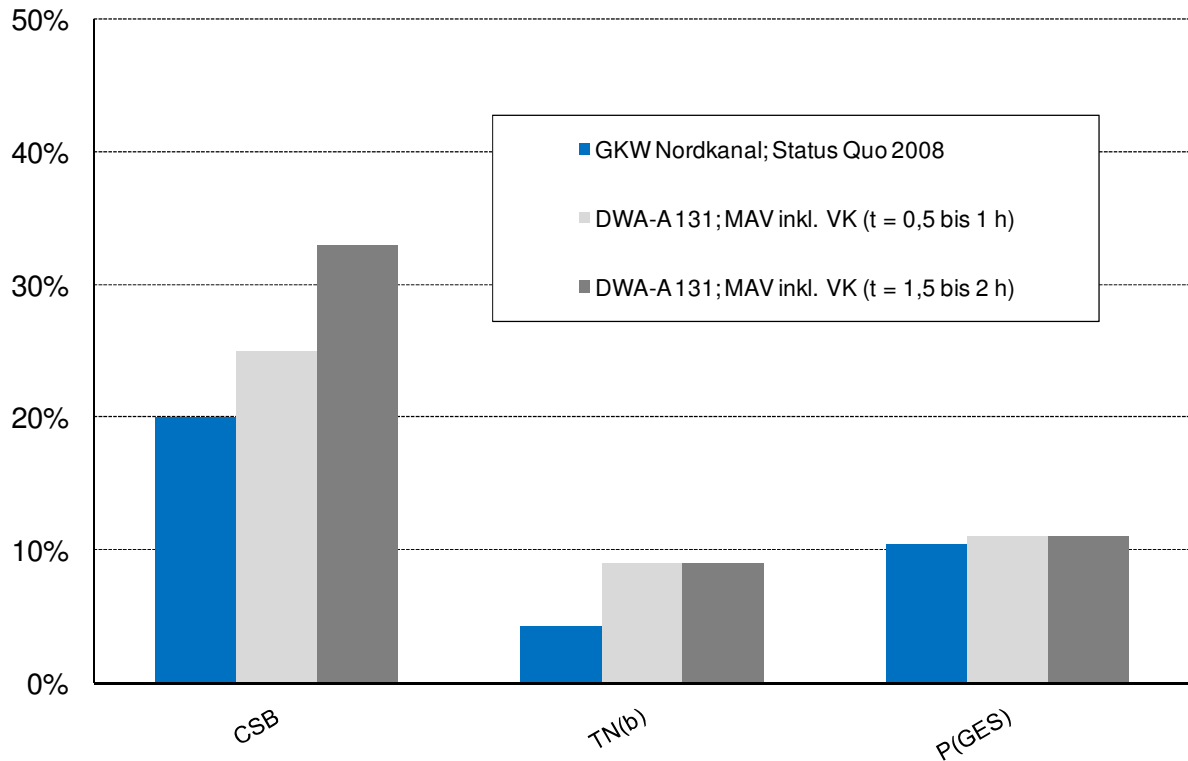


Abbildung 118: MAV-Vergleich Sieb – Vorklärung für CSB, TN_b und P_{GES}

Im Rahmen des Forschungsprojektes hat sich der Betrieb des belüfteten SFF immer mehr als Kern-Untersuchungsobjekt herauskristallisiert. Insofern war es zwingend erforderlich, verschiedene Untersuchungen der Einflussgrößen des Sand- und Fettfangbetriebes durchzuführen.

Diverse Faktoren beeinträchtigen den bestimmungsgemäßen Betrieb des SFF. In den frühen Messphasen 1 und 3 wurden fast durchgehend höhere AFS-Konzentrationen hinter dem SFF als vor dem SFF gemessen. Diesem Phänomen nachzugehen war eine Kernfrage des Projektes. Entsprechend beeinflussten diese Untersuchungsergebnisse den Messphasenablauf, der, verglichen mit dem Ursprungsplan, auf dieses Untersuchungsziel anzupassen war. Es wurden folgende Teilaspekte untersucht:

- ➔ Einfluss der Zulaufbeschaffenheit hinsichtlich einer Metallsulfidfällung
- ➔ Einfluss bzw. Variation der SFF-Betriebsparameter Belüftung und Durchflusszeit

- ➔ Ergebnisvergleich unterschiedlicher Probenahmestellen des SFF-Ablaufes zwischen SFF und Sieb

Alle untersuchten Aspekte haben sich als relevant für die Leistungsfähigkeit des SFF herausgestellt.

Die Variation der Durchflusszeit kann dabei nicht separat bewertet werden, weil in der zugehörigen Messphase auch die Belüftungsintensität verändert wurde. Trotzdem ist eindeutig, dass der SFF hinsichtlich seiner hydraulischen Auslegung (Durchflusszeit bei Trockenwetter/Regenwetter: $t_{SFF} = 20 \text{ min./}10 \text{ min.}$) gemäß den a.a.R.d.T. bemessen worden ist. Allerdings zeigte sich an allen Trockenwetteruntersuchungstagen dieses Projektes, an denen zwischen 8 Uhr und 16 Uhr die Probenahme stattfand, dass mindestens in diesem Zeitraum die Durchflusszeiten im Bereich von 40 bis 60 Minuten lagen. Die Option einer Reduzierung der Durchflusszeiten erscheint vor diesem Hintergrund in jedem Fall sinnvoll. Erreicht werden kann dies bspw. durch die Installation eines im Zulaufbereich des SFF derart justierten Zungenwehrs, dass erst ab einer vorzugegebenden Zulaufwassermenge die zweite SFF-Kammer zusätzlich beschickt wird. Bei Nacht- und mittlerem Trockenwetterzufluss (und diese Zulaufverhältnisse überwiegen) würde jedoch nur eine SFF-Kammer beschickt und die Durchflusszeit entsprechend halbiert werden.

Die nachfolgende Abbildung 119 versucht, die vielfältigen Einflussfaktoren zusammenzufassen.

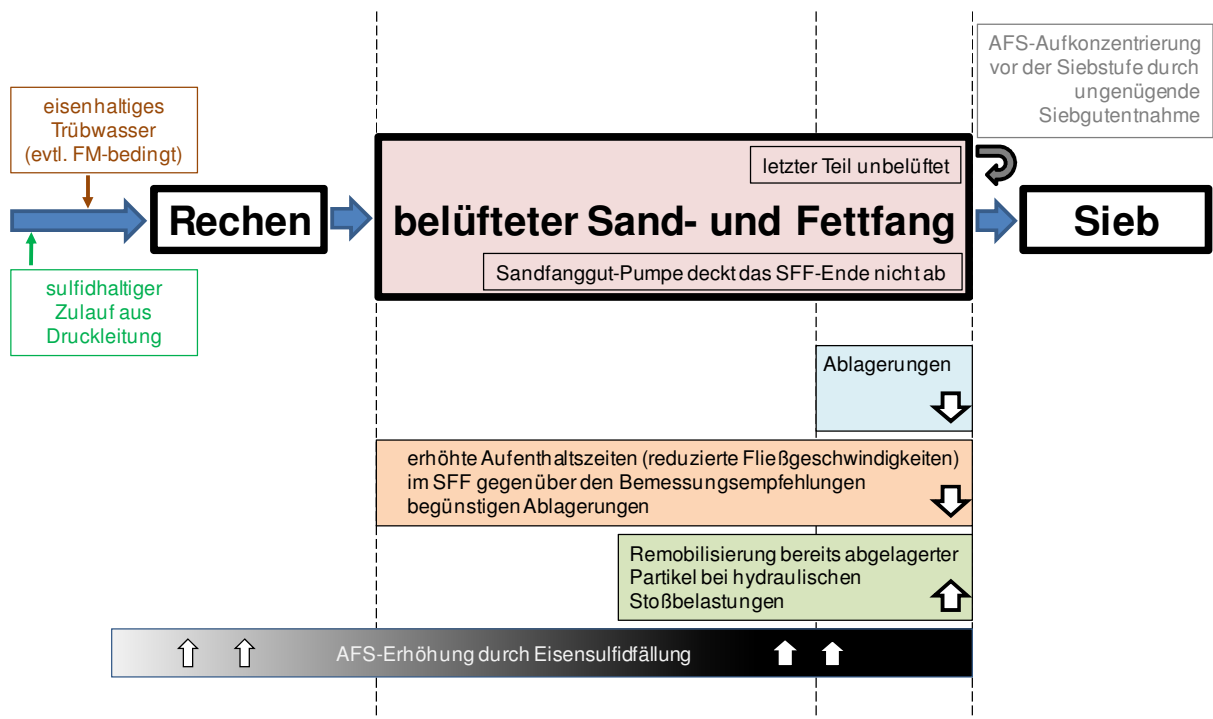


Abbildung 119: Betriebliche und verfahrenstechnische Einflussfaktoren auf den SFF

Als Fazit kann folgendes für den SFF-Betrieb auf dem GWK Nordkanal konstatiert und folgende Maßnahmen empfohlen werden:

- ➔ Aufgrund der Vermischung sulfid- und phosphathaltigen Abwassers aus den zulaufenden Druckrohrleitungen mit eisenhaltigem Trübwasser aus der Schlammbehandlungsstufe wird im Zulaufbereich des GWK Nordkanal eine chemische Fällungsreaktion initiiert, welche partikuläre Stoffe bildet und sich mindestens über den Bereich Rechen/SFF erstreckt. Labortests haben diesen zeitlichen Verlauf bestätigt. Insofern ist hierin eine Teilursache der gemessenen Feststoffzunahme hinter dem SFF zu sehen.
Um Abhilfe zu schaffen, wird einerseits empfohlen, die Aufenthaltszeiten des Abwasser in der zweisträngigen Zulauf-Druckrohrleitung zu verkürzen, um eine Sulfidbildung unter anaeroben Zuständen zu vermeiden. Andererseits ist die Dosierung der eisenhaltigen Fällmittel am tatsächlichen Bedarf (A 131, ATV-DVWK 2000) zu orientieren. Es wird vermutet, dass Überdosierung die Ursache für die erhöhten Eisengehalte im Trübwasser sind.
- ➔ Es wird empfohlen, die Belüftungslänge über den gesamten SFF auszudehnen. Eine verkürzte Belüftung auf ca. 75% der SFF-Länge, wie sie während der Untersuchungen betrieben wurde, ist sicherlich energetisch sinnvoll.
Da jedoch bereits die Ablagerungen im Endbereich des SFF aus konstruktiven Gründen nicht von der Sandfanggut-Pumpe abgesaugt werden können und dieser Bereich auch nicht belüftet werden kann, sollte die Betriebsweise einer verkürzten SFF-Belüftung, die tendenziell Sedimentationsvorgänge im Endbereich des SFF eher begünstigt, aufgehoben werden. Diese Maßnahme reduziert Ablagerungen im Endbereich des SFF und führt dort zu einem kontinuierlicheren Austrag der Feststoffe. Hydraulische Tagesspitzen bis hin zu hydraulischen Stoßbelastungen verursachen in der Folge nicht mehr derartige Feststoff-Frachtspitzen vor der Siebstufe, wie sie in der Vergangenheit häufiger auftraten und regelmäßig zwischen ca. 10 Uhr und 14 Uhr zum Anlaufen des Notsiebes führten. Insofern ist hierin eine weitere Teilursache der gemessenen Feststoffzunahme hinter dem SFF zu sehen.
Zusätzlich kann von dieser Maßnahme erwartet werden, dass die Leistungsfähigkeit des SFF bezüglich der Fettentnahme zunimmt.
- ➔ Die zuvor angesprochenen Feststoff-Frachtspitzen wurden zusätzlich durch eine unzureichende Siebgutentfernung bzw. -ausschleusung durch die Siebe begünstigt. Es bildet sich im Übergangsbereich zwischen SFF und Siebstufe ein Feststoff-Konzentrationsgradient aus, ansteigend zur Siebstufe hin. Dies stellte sich durch Vergleichsmessungen verschiedener Probenahmestellen zwischen SFF und Siebstufe heraus. Die seinerzeit vorhandene Siebstufe (Trommelsiebe, 1 mm Masche) konnte die zurückgehaltenen Feststoffe nicht in vollem Umfang entnehmen. Dies wirkte sich am stärksten direkt vor den Sieben aus, wo in den frühen Messphasen

die Probenahmestelle eingerichtet war. Somit wurde die Leistungsfähigkeit des SFF zu negativ bewertet und die gleichzeitig die Leistungsfähigkeit der Siebstufe zu positiv.

Im Frühjahr 2010 wurden die Siebe ausgetauscht (neu: Trommelsiebe, 1,5 mm Masche). Die Überlaufszenerarien vor der Siebstufe haben sich deutlich reduziert.

Allerdings wird seit der Inbetriebnahme der neuen Siebe nun wieder ein deutlich erhöhtes Maß an Verzopfungen an den Membranen festgestellt. Dies ist als Indiz dafür zu werten, dass beim Betrieb von Hohlfasermembranen eine zweidimensionale Sieb-Öffnungsweite > 1 mm zu unbefriedigenden Entnahmeleistungen bezüglich der bekannten Störstoffe Haare und Fasern führt.

- ➔ Hinsichtlich der Belüftungsintensität wurden drei Einstellungen ($1,5 \text{ Nm}^3/(\text{m}^3\cdot\text{h})$; $0,8 \text{ Nm}^3/(\text{m}^3\cdot\text{h})$ und $0,45 \text{ Nm}^3/(\text{m}^3\cdot\text{h})$) untersucht. Die Entnahmeleistung bezogen auf die Gesamtfeststoffe steigt mit reduziertem Belüftungseintrag an. Die AFS-Fraktionierung in den betreffenden Messphasen zeigte jedoch eindeutig, dass bei einer hohen Belüftungsintensität ($1,5 \text{ Nm}^3/(\text{m}^3\cdot\text{h})$) das beste AFS-Eliminationsbild insofern erzielt wurde, als v.a. mineralische Feststoffe $> 0,2$ mm entnommen wurden, aber kaum organische Feststoffe. Dies ist dann von primärem Interesse, wenn, wie auf dem GWK Nordkanal, das Sandfanggut deponiert werden soll und dementsprechend einen maximalen oTR-Gehalt von nur 5% aufweisen darf. An dieser Stelle zeigte sich zudem, dass es in der Literatur und in den a.a.R.d.T. nur sehr spärliche Hinweise auf die Bemessung von Sandklassierern, Sandwaschanlagen oder die Kombination beider Aggregate zu finden gibt.
- ➔ Gilt im Falle eines alternativen Entsorgungskonzeptes das Deponierungskriterium von 5% oTR nicht und folgt, wie auf dem GWK Nordkanal, eine Siebstufe, die ohnehin einen hohen Wirkungsgrad bei der Feststoffentnahme erreicht, ist eine fraktionsgerechte AFS-Entnahme am vorgelagerten SFF weniger entscheidend. Dies wiederum gilt nicht für mechanische Abwasservorreinigungsstufen, die hinter dem SFF eine Vorklärung betreiben und deren Primärschlamm zur energetischen Verwertung hohe organische Anteile aufweisen soll.
- ➔ Nach den im Rahmen dieses Projektes durchgeführten Recherchen und Untersuchungen muss die grundsätzliche Bemerkung vorangestellt werden, dass in der Fachliteratur und in den Regelwerken nur äußerst spärliche Hinweise auf die Bemessung eines Fettfangs bzw. einer Fettfangtasche neben einem belüfteten Sandfang existieren. Ein gleiches Bild ergibt sich hinsichtlich wissenschaftlicher Auseinandersetzungen mit diesem Thema sowie praktischer Erfahrungsberichte. Gelegentlich finden sich „Angaben“ oder „Hinweise“, vielfach ohne Begründung oder praktischen Beleg bis hin zur Verzichtsempfehlung für einen Fettfang wegen mangelnden Wirkungsnachweises (Botsch 2010). Vor diesem Hintergrund überraschen die geringen mittleren Wirkungsgrade des Fett-

Erftverband: Optimierung mechanischer Abwasservorreinigung (Abschlussbericht)

fangs auf dem GWK Nordkanal nicht. In den 3 Optimierungsmessphasen 6 bis 8 (Kap. 11 bis Kap. 13) wurden Fettentnahmen bezüglich der Gesamtfette zwischen 6% und 15% gemessen. In der Literatur (Botsch, 2010) wird dieses Spektrum an niedrigen Wirkungsgraden bestätigt.

Im Vergleich der 3 angesprochenen Messphasen kann angenommen werden, dass sich eine reduzierte SFF-Belüftung ($0,8 \text{ Nm}^3/(\text{m}^3 \cdot \text{h})$) gemäß Messphase 7) sowie eine verlängerte Aufenthaltszeit im SFF, gemessen an den Bemessungsvorgaben, günstig auf die Gesamtfettentnahme auswirken.

Allerdings offenbaren alle diese Betrachtungen das betriebliche Spannungsfeld eines belüfteten SFF, um einerseits mineralische Feststoffe absinken zu lassen, organische Feststoffe in Schwebelage zu halten und andererseits flotierbare Fette aufzutreiben zu lassen.

Kassel, im Dezember 2010

(Prof. Dr. F.-B. Frechen)

(Dr. W. Schier)

(Dipl.-Ing. H. Exler)

16 LITERATUR

- [1] ATV (1998)
Arbeitsbericht des FA 2.5 (Sandfänge): Sandabscheideanlagen (Sandfänge und Sandfanggut-Aufbereitungsanlagen, Korrespondenz Abwasser 1998 (45) Nr. 3, Hennef
- [2] ATV-DVWK (2003)
Merkblatt-M 369, Infrastrukturabfälle: Abfälle aus der Reinigung von Kanälen, Sinkkästen und Regenbecken – Abfälle aus Abwasserbehandlungsanlagen (Rechen- und Sandfanggut), Hennef, Mai 2003 ISBN 3-924063-61-3
- [3] ATV-DVWK (2004)
Arbeitsbericht des AG 5.1 (Sandfänge): Sandfanggutaufbereitung, KA-Abwasser, Abfall 2004 (51) Nr. 5, Hennef
- [4] Botsch, Bertram (2010)
Sandfang und Fettfang – Hydraulik und Verfahrenstechnik - Neue Bemessungsansätze; Vulkan Verlag GmbH Essen, ISBN 978-3-8027-2559-3
- [5] DIN 19569 Teil 2 (2002)
Kläranlagen: Baugrundsätze für Bauwerke und technische Ausrüstungen, Teil 2: Besondere Baugrundsätze für Einrichtungen zum Abtrennen und Eindicken von Feststoffen; Normenausschuss Wasserwesen (NAW) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.
- [6] DIN EN ISO 14688-1 (2002)
Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden - Teil 1: Benennung und Beschreibung; Beuth
- [7] Hirschbeck, Christina (2010)
Untersuchungen zur Leistungsfähigkeit von belüfteten Sandfängen auf Kläranlagen; Universität der Bundeswehr München, Institut für Wasserwesen, Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik, Mitteilungen Heft 104/2010, Shaker Verlag Aachen, ISBN 978-3-8322-9093-1
- [8] DWA (2010)
Merkblatt-M 227, Membranbelebungsanlagen (Entwurf des Fachausschusses KA-7 "Membranbelebungsanlagen"), Hennef, 2010
- [9] Thistlethwayte, D.K.B. (1979)
Sulfide in Abwasseranlagen - Ursachen, Auswirkungen, Gegenmaßnahmen; Beton-Verlag GmbH Vulkan Verlag GmbH Essen, ISBN 3-7640-0131-3