



OPTIMIERUNG EINER SBR - ANLAGE ZUR REINIGUNG HOCHBELASTETER ABWÄSSER AUS DER GETRÄNKEINDUSTRIE

Diplomarbeit zur Erlangung des akademischen Grades Diplomingenieur

eingereicht von:

Roger Ulrike

Betreuer: Univ. Prof. DI Dr. Haberl Raimund

Mitbetreuer: DI Dr. Weissenbacher Norbert

VORWORT

Vielen Dank meinen Eltern, die mir mein Studium ermöglichten.

Diese Arbeit wurde am Institut für Siedlungswasserbau, Department Wasser-Atmosphäre-Umwelt, der Universität für Bodenkultur durchgeführt. Im Zusammenhang mit dieser Arbeit besonders bedanken möchte ich mich bei Hr. DI Thomas Pötsch für die Möglichkeit bei diesem Projekt mitzuarbeiten und bei Hr. DI Dr. Norbert Weissenbacher für seine Unterstützung bei der Durchführung des Versuchsbetriebes und der Erstellung dieser Arbeit.

INHALT

VORWORT	I
INHALT	II
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	V
ABSTRACT	VI
KURZFASSUNG	VII
1. Einleitung	1
1.1 Allgemeines	1
1.2 Abwässer aus der Getränkeherstellung	2
1.3 Rechtliche Rahmenbedingungen	4
2. Aufgabenstellung und Zielsetzung	6
3. Grundlagen der industriellen Abwasserreinigung	7
3.1 Die Grundlagen der Abwassercharakterisierung	7
3.2 Chemisch-physikalische Verfahren	9
3.2.1 Mechanische Verfahren	9
3.2.2 Neutralisation	10
3.2.3 Flotation	10
3.2.4 Oxidation und Katalyse	11
3.2.5 Membranverfahren	12
3.3 Biologische Verfahren	14
3.3.1 Aerobverfahren	15
3.3.1.1 Belebungsanlagen	19
3.3.1.2 Belebungsanlagen im Aufstaubetrieb	20
3.3.1.3 Membranbioreaktoren	22
3.3.1.4 Festbettreaktoren	23
3.3.2 Anaerobverfahren	24
3.3.2.1 Anlagenarten	27
3.3.2.2 Aufwärtsdurchströmtes anaerobes Schlammbett (UASB)	28
3.3.2.3 Expanded Granular Sludge Bed	29
3.3.2.4 Festbettreaktoren	29
3.4 Praxisbeispiele	30

3.4.1	Belebensverfahren in der Getränkeindustrie	32
3.4.2	Membranbioreaktoren in der Getränkeindustrie	33
3.4.3	Anaerobverfahren in der Getränkeindustrie	34
4.	Material und Methoden.....	36
4.1	Voruntersuchung und Verfahrensauswahl	36
4.2	Behördliche Vorgaben.....	37
4.3	Abwasseranfall / Abwasserzusammensetzung	38
4.4	Anlagenbetrieb	38
4.5	Aufbau der Versuchsanlage	39
4.6	Integration der Versuchskläranlage in das Abwassersystem	40
4.7	Probenahme.....	44
4.8	Analytik.....	44
4.8.1	Laboranalytik.....	44
4.8.2	Online - Messungen	48
4.8.2.1	Chemischer Sauerstoffbedarf	49
4.8.2.2	Sauerstoff.....	52
4.8.2.3	Durchfluss	52
4.8.3	pH-Wert.....	52
4.9	Betrieb der Versuchsanlage	53
4.10	Sauerstoffeintrag.....	54
4.11	CSB-Bilanzierung	56
4.12	Dimensionierungsgrundlagen für SBR-Anlagen.....	58
5.	Ergebnisse und Diskussion	60
5.1	Abwasseranfall / Abwasserzusammensetzung	60
5.2	Betrieb der Versuchskläranlage	67
5.3	Betriebsergebnisse.....	76
5.3.1	Reinigungsleistung.....	76
5.3.2	Belebtschlammeigenschaften	86
5.3.3	Abfiltrierbare Stoffe	95
5.3.4	Tenside und freies Chlor	99
5.4	Online Messungen	100

5.4.1	CSB-Messung	100
5.4.2	Sauerstoffmessungen	102
5.4.3	Induktive Durchflussmessung	104
5.5	pH-Wert Messungen	104
5.6	Sauerstoffeintragsversuche.....	106
5.6.1	Sauerstoffeintragsversuche in Reinwasser	106
5.6.2	Sauerstoffeintragsversuch in Belebtschlamm	108
5.6.3	Grenzflächenfaktor α	110
5.6.4	CSB-Bilanz.....	112
5.7	Abschätzung der Dimensionierung der SBR-Anlage.....	114
6.	Zusammenfassung und Schlussfolgerung.....	120
7.	Literaturverzeichnis	123
8.	Abbildungsverzeichnis.....	129
9.	Tabellenverzeichnis.....	132
10.	Anhang.....	134
10.1	Auswertungsdatenblätter.....	134
10.2	Berechnungen.....	134
10.3	Sicherheitsdatenblätter.....	134
10.4	Curriculum Vitae.....	134

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

α	-	Grenzflächenfaktor
AFS	g/L od. mg/L	Abfiltrierbare Stoffe
B_R	kg/(m ³ *d)	Raumbelastung
BSB ₅ / BOD ₅	mg/L	Biologischer Sauerstoffbedarf / biological oxigen demand
CH ₄		Methan
C:N:P		Kohlenstoff:Stickstoff:Phosphor
CO ₂		Kohlendioxid
CSB / COD	mg/L	Chemischer Sauerstoffbedarf / chemical oxigen demand
DO		Dissolved Oxygen (gelöster Sauerstoff)
EGW	g/(EW*d)	Einwohnergleichwert
ISV	mL/g	Schlammindex
k_{LaT}	h ⁻¹	Belüftungskoeffizient für Reinwasser bei T °C
O_{ah}	%/m	Sauerstoffausnutzung in Reinwasser und Standardbedingungen (T=20 °C, p ₀ =1013hPa, C=0)
OC	kg/h	Sauerstoffzufuhr in Reinwasser unter Standardbedingungen
OC _{L,h}	g/(m ³ _N *h)	Spez. Sauerstoffzufuhr in Reinwasser unter Standardbedingungen
OP	kg/kWh	Sauerstoffertrag in Reinwasser unter Standardbedingungen
OV _{d,C}	kg/d	Täglicher Sauerstoffverbrauch für die Kohlenstoffelimination
Q _{Lmax}	L/min	Maximaler Luftvolumenstrom
Q _{ÜS,d}	m ³ /d	Täglicher Überschussschlammabzug
SBR		Sequencing Batch Reactor
SV	mL/L	Schlammvolumen
TS _{BB} / DS	g/L od. kg/m ³	Trockensubstanzgehalt im Belebungsbecken / total solids in the reactor
ÜS _{C,BSB5}	kg/kg	Schlammproduktion aus der C-Elimination, bezogen auf BSB ₅
ÜS _d	kg/d	Tägliche Schlammproduktion
UV-VIS		Ultraviolett-Visible (ultravioletter und sichtbarer Bereich)

ABSTRACT

Beverage production leads to wastewaters with high quality (2500–25000mgCOD/L) and quantity (5–21m³/d) variations. In a case study the pre-treatment of such wastewaters in a single stage activated sludge tank was to be investigated with the goal to optimise the biological pretreatment before discharge to the public municipal sewer system to reduce wastewater discharge fees. Therefore, a SBR-reactor was applied in which the original high COD concentrations should be reduced to about 1000mg/L. The wastewater stream was solely loaded with organics, the pH ranged from 3-6 and the averaged proportion of C:N:P was 100:0,0:0,4. Conditioning was required. The averaged COD/BOD₅ ratio of the influent was 2. A pilot sequencing batch reactor was operated over a period of about seven months to obtain the necessary information for the SBR full scale design and operation. The operation of the pilot plant was continuously monitored by analysing samples of the raw wastewater, the plant influent as well as the pretreated effluent. After start up by inoculation with sludge from the public WWTP, the pilot plant was operated under steadily increasing sludge loadings from 0,004 to 0,9kgCOD/(kgDM*d). A maximum COD-elimination rate of 99% was achieved at a sludge loading rate of 0,1kgCOD/(kgCOD*d), the mean elimination rate was 71%. To safely achieve the discharge limit of 1000mgCOD/L a mean sludge loading rate of 0,2kgCOD/(kgDM*d), temporarily 0,4kgCOD/(kgCSB*d), was feasible. To prevent the exceedance of the discharge limit under higher loading rates due to peak concentrations and to optimise the metering of nutrients, the application of adapted control using UV-VIS and DO probes was tested. An oxygen based control was evaluated using a COD mass balance. UV-VIS is a promising online technology indicating COD load but the calibration of the system for wastewaters from different beverages turned out to be difficult and should be subject of further investigation.

KURZFASSUNG

Das hochkonzentrierte und starken Schwankungen in Qualität (2500-25000mgCSB/L) und Quantität (5-21m³/d) unterliegende Abwasser eines Getränke herstellenden Betriebes sollte aufgrund der hohen Abwassergebühren vor der Einleitung in die Kanalisation einer Teilreinigung in einer einstufigen aeroben Belebungsanlage nach dem SBR- Verfahren unterzogen werden. Die CSB-Konzentration sollte dabei auf ca. 1000mg/L vermindert werden. Das ausschließlich organisch verunreinigte saure (pH3-6) Abwasser wies ein durchschnittliches C:N:P- Verhältnis von 100:0,0:0,4 auf, eine Konditionierung des Abwassers vor der biologischen Behandlung war daher nötig. Das CSB/BSB₅-Verhältnis lag bei ca. 2. Zur Auffindung der Anlageneckdaten sowie des Nährstoff- und Neutralisationsmittelbedarfes wurde über einen Zeitraum von ca. 7 Monaten eine Versuchskläranlage betrieben. Nach Beimpfung der Anlage mit Belebtschlamm aus einer kommunalen Kläranlage wurden die Schlammbelastungen von 0,004 bis 0,9kgCSB/(kgTS*d) kontinuierlich gesteigert. Bei einer Schlammbelastung (B_{TS}) von 0,1kgCSB/(kgTS*d) wurde eine maximale CSB-Elimination von 99% (durchschnittlich 71%) erreicht. Die maximale B_{TS} , bei der die Ablaufkonzentration von ca. 1000 mg/L im stabilen Betrieb erreicht wurde, betrug 0,2kgCSB/(kgTS*d). Kurzzeitig waren Schlammbelastungen von bis zu 0,4kgCSB/(kgTS*d) möglich ohne die geforderte Ablaufkonzentration signifikant zu übersteigen. Die Prozessstabilität der VKA wurde durch laufende Laboranalysen des Rohabwassers, des Anlagenzulaufes als auch des Anlagenablaufes kontrolliert. Um ein Überschreiten der gewünschten Ablaufkonzentrationen zu vermeiden und die Nährstoffdosierung zu optimieren wurde eine dynamische Messeinrichtung erprobt. Zur Anwendung kam eine UV-VIS Sonde, mit der CSB- als auch Sauerstoffmessungen durchgeführt werden konnten. Die Kalibration der CSB-Messung via UV-VIS gestaltete sich als schwierig. Die Sauerstoffmessungen wurden zur Durchführung einer CSB-Bilanz gemessen.

1. Einleitung

1.1 Allgemeines

Aufgrund des Anwachsens der Ballungsräume und des gleichzeitigen Anstiegs des Lebensstandards sowie der industriellen Produktion, stieg der Wasserverbrauch und damit auch der Anfall von Abwasser stetig seit dem Beginn des vorigen Jahrhunderts. Durch die Einleitung von organisch verschmutztem Abwasser in Gewässer tritt Sauerstoffzehrung ein, da die vorhandenen Mikroorganismen aufgrund der verstärkten Nährstoffzufuhr ihre Stoffwechsellätigkeit verstärken aber der benötigte Sauerstoffeintrag in das Gewässersystem zu gering ist. Gleichzeitig verursachen die im Übermaß vorhandenen Nährstoffe eine Eutrophierung und führen zu einer übermäßigen pflanzlichen Produktion. Die im Gewässer vorhandene Biozönose, deren Spektrum an ganz bestimmte Lebensbedingungen gebunden ist, wird plötzlich mit neuen Umweltbedingungen wie beispielsweise einer Änderung des pH-Wertes, der Temperatur oder des Sauerstoffgehaltes konfrontiert (DEPANERI, 2007). Die Folgen der Eutrophierung äußern sich in durch Algen verursachter Sekundärverschmutzung durch Eintrag von organischem Kohlenstoff, verstärkten pH-Wert Schwankungen und Sauerstoffmangel, in Verlandung, Verkrautung und der Ablagerung von Schlamm, in der Artenverschiebung durch den veränderten Nährstoffgehalt und in einer nachfolgenden Nutzungsbeeinträchtigung als Trink- oder Badewasser für den Menschen. Um den Eintrag von Nährstoffen und Schadstoffen aus Abwassereinleitungen in die Gewässer weitgehend zu verhindern, ist die Abwasserreinigung sowohl auf kommunaler als auch industrieller Ebene notwendig.

Die Hauptbestandteile organisch verschmutzten Abwassers stellen organischer Kohlenstoff (C_{org}), Nitrat (NO_3), Ammonium (NH_4) und Phosphor (P) dar.

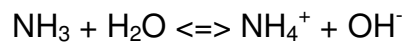
Im Zuge natürlicher Abbauvorgänge entsteht Nitrit (NO_2) bei der Oxidation von NH_4 als auch bei der Reduktion von NO_3 . Neben dem Beitrag zur Eutrophierung von Gewässern wirkt NO_2 toxisch für verschiedene Fischarten. Die toxische Wirkung der Nitritkonzentration wird dabei stark von der Chloridkonzentration beeinflusst – weshalb die Beurteilung in Abhängigkeit des Chloridgehaltes und jeweils die Toxizität gegenüber dem empfindlichsten Lebewesen betreffend erfolgt. Die Zielvorgaben für Fließgewässer werden deshalb in Abhängigkeit der Chloridkonzentration wie folgt beurteilt (AWEL, s.a.):

Chloridkonzentration <10 mg/L = 0,02 mg/L NO_2 -N/L

Chloridkonzentration 10-20 mg/L = 0,05 mg/L NO_2 -N/L

Chloridkonzentration >20 mg/L = 0,10 mg/L NO_2 -N/L

Zwischen Ammoniak und Ammonium besteht ein Dissoziationsgleichgewicht, welches vom pH-Wert und der Temperatur abhängig ist:



NH₃ wirkt ab einer Dosis von 0,05 mg/L auf verschiedene Fischarten toxisch. Typische Reaktionen in Gewässern sind dabei Tod, Wachstumsreduktionen, verminderte Reproduktion, Missbildungen und Organschäden (KOPF, 1993). Neben der toxischen Wirkung von Ammoniak führen NH₃ und NH₄ in Gewässern außerdem zu Sauerstoffzehrung durch Nitrifikation. Toxische Stoffe können Schädigungen oder Vergiftungen der aquatischen Organismen bewirken oder sich in der Nahrungskette anreichern und so über diese wiederum dem Menschen selbst schaden.

In den letzten Jahrzehnten gab es große Anstrengungen die Qualität der Gewässer zu erhalten bzw. zu verbessern. Dies ist dem flächendeckenden Bau von kommunalen und industriellen Kläranlagen zu verdanken. Heute liegt die Problematik der Wasserverschmutzung nicht mehr hauptsächlich bei den Oberflächengewässern sondern beim Grundwasser, das in vielen Gegenden Österreichs als Trinkwasser genutzt wird.

Aufgrund der starken landwirtschaftlichen Nutzung traten hier in den letzten Jahren vor allem NO₃- Probleme in den Vordergrund (MENGIS u. WEHRLI, 1998) aber auch die Bedrohung durch Altablagerungen und Deponien (SABBAS, et.al., 1998) stellt ein nicht zu unterschätzendes Risiko für das Grundwasser dar.

1.2 Abwässer aus der Getränkeherstellung

Industrielle Abwässer unterscheiden sich in Abhängigkeit von den jeweils angewendeten Produktionsmitteln und der Produktpalette sehr stark und können organische oder anorganische, schwer abbaubare oder toxische Verbindungen beinhalten. Industrieabwasser unterliegt gesonderten gesetzlichen Bestimmungen (Kap.1.3). Es besteht die Möglichkeit, gereinigte Industrieabwässer direkt in Gewässer oder indirekt über kommunale Kläranlagen in Gewässer einzuleiten. Vielfach ist vor der Einleitung in die kommunale Kläranlage eine Konditionierung entsprechend dem Stand der Technik vorzunehmen, die je nach Branche in der Elimination toxischer Stoffe, der Anhebung des pH-Wertes, der Einstellung des Nährstoffverhältnisses oder der Anwendung weiterer chemischer oder physikalischer Verfahren bestehen kann (Kap.3).

Abwässer aus der Lebensmittelindustrie bestehen hauptsächlich aus organischen, leicht abbaubaren Substraten die bis zu einem gewissen Grad mit Reinigungsmitteln verunreinigt sind. Zumeist sind diese Abwässer aufgrund betriebsinterner Maßnahmen zur Reduzierung des Abwasseranfalles hoch konzentriert und bedürfen zumindest einer Vorreinigung zu Reduktion der organischen Fracht. Aufgrund der

großen Unterschiede in der Qualität und im Anfall von industriellem Abwasser ist eine Anlagendimensionierung im Einzelfall mithilfe von Pilotierungen im technischen Maßstab durchzuführen. Dadurch kann die Effizienz und Sicherheit des Reinigungsprozesses unter Praxisbedingungen als Ausgangsbasis für die Festlegung von Dimensionierungsparametern verwendet werden.

Organisch hoch belastete Abwässer resultieren vor allem aus der Lebensmittel verarbeitenden Industrie, wie z.B. aus Zucker-, Stärke- und Hefefabriken, Melassebrennereien, milch-, fisch-, fleisch- und gemüseverarbeitenden Betrieben und der Getränkeindustrie.

Erfrischungsgetränke werden auf Wasserbasis hergestellt, enthalten höchstens zwei Gramm Alkohol pro Liter und können Aromen, Zuckerarten, Fruchtsaft aus Konzentraten, Säuerungsmittel und Kohlensäure enthalten (SCHÖFFL, 2004). Zu den Erfrischungsgetränken gehören Fruchtsaftgetränke, Fruchtnektar, Limonaden und Brausen.

Kohlenhydrate und Eiweißverbindungen stellen die Hauptbestandteile des Abwassers aus der Getränkeindustrie für alkoholfreie Getränke dar. Die Abwasserinhaltsstoffe stammen aus Zuckern die aus fruchthaltigen Produktresten aus der Produktion, der Lagerung und der Abfüllung stammen. Sie fallen meist in Verbindung mit Reinigungslaugen oder -säuren aus der Rohrleitungs- und Behälterreinigung an. Zusätzlich kommen Eiweißverbindungen aus Etikettenleim, Kettengleit- und Bandschmiermitteln aus dem Flaschentransportbereich sowie ölhaltige Kompressorkondensate aus der Druckluftherzeugung vor (AUSTERMANN - HAUN und ROSENWINKEL, 2000).

Abwässer aus Industriezweigen mit organisch hoch belasteten Abwasserströmen zeichnen sich zumeist durch vom Neutralpunkt mehr oder weniger stark abweichende pH-Werte und das Fehlen eines oder mehrerer Nährstoffe wie z.B. Stickstoff und Phosphor aus, ohne die der biologische Abbau nur sehr langsam oder gar nicht vor sich geht.

Aufgrund der verschiedenen Produktionszyklen unterliegen die Tagesabwassermengen starken Schwankungen in Qualität sowie in Quantität. Das Abwasser ist dabei zusätzlich in unterschiedlicher Höhe mit Tensiden und adsorbierbaren organischen Halogeniden (AOX) verunreinigt, die aus Wasch- und Reinigungsmitteln stammen. Außerdem ist der tägliche Abwasseranfall stark von der praktizierten Abfüllungsart abhängig (RÜFFER und ROSENWINKEL, 1991). Aus Betrieben, die ihre Produkte in wieder verwendbare Glasflaschen abfüllen, ergeben sich weitaus höhere Abwassermengen. Während die organischen Belastungen aufgrund der Verdünnung deutlich geringere Werte aufweisen als in vergleichbaren Betrieben mit Abfüllung in Einweggebinden, können durch die Reinigung der Glasflaschen erhebliche Konzentrationen an Reinigungsmitteln im Abwasser

vorliegen. In Abhängigkeit des verwendeten Reinigungsmittels liegt der pH-Wert der anfallenden Abwässer im alkalischen oder saueren Bereich.

Im Allgemeinen ist das Abwasser aus der Getränkeindustrie nach Neutralisation und dem Ausgleich des Nährstoffverhältnisses von Kohlenstoff zu Stickstoff zu Phosphor (C:N:P) aufgrund des Gehaltes an leicht abbaubaren Kohlenhydraten sehr gut biologisch abbaubar.

1.3 Rechtliche Rahmenbedingungen

Prinzipiell kann eine Einleitung in ein Gewässer direkt, d. h. über betriebseigene Kanäle und/oder Abwasserbehandlungsanlagen, oder indirekt über Zuleitung der Abwässer zu einer öffentlichen Kläranlage erfolgen. Abhängig vom Einleiterstatus (direkt / indirekt) werden unterschiedliche Anforderungen an die Qualität des Abwassers und somit an die Behandlung beim Verursacher gestellt.

In der Europäischen Union (EU) gilt die Richtlinie des Rates (1991) über die Behandlung von kommunalem Abwasser (91/271/EWG) deren Ziel es ist, die Umwelt vor schädlichen Auswirkungen, hervorgerufen durch kommunales sowie durch Industrieabwasser zu schützen. Biologisch abbaubares Industrieabwasser, das nicht in kommunalen Kläranlagen behandelt wird, muss vor der Einleitung in Gewässer bestimmte Voraussetzungen erfüllen. Die Voraussetzungen, die Betriebe mit mehr als 4000 Einwohnergleichwerten (EGW) zu erfüllen haben, werden von der zuständigen Behörde festgesetzt. Anhang 1 C der Richtlinie beschreibt die Anforderungen von Industrieabwasser vor der Einleitung in eine kommunale Abwasserbehandlungsanlage. EU-Richtlinien haben Verfassungsstatus und müssen durch entsprechende Gesetze in den einzelnen Mitgliedsländern umgesetzt werden.

In Österreich wird der EU-Richtlinie und somit dem Schutz der Gewässer vor Verunreinigung und Übernutzung in erster Linie durch das Wasserrechtsgesetz (WRG, BGBl I 65/2002) Rechnung getragen. So sind Einwirkungen auf Gewässer, die deren Beschaffenheit beeinträchtigen, nur nach wasserrechtlicher Bewilligung zulässig. Ausgenommen sind geringfügige Einwirkungen wie sie die Land- und Forstwirtschaft darstellen.

Das WRG besagt, dass bei Einleitung von Abwasser in Gewässer (Direkteinleitung) oder die öffentliche Kanalisation (Indirekteinleitung) die nach dem Stand der Technik mögliche Begrenzung von Frachten und der Anteil schädlicher Abwasserinhaltsstoffen durch die Behörde vorzuschreiben sind. Emissionsbegrenzungen entsprechend der Abwasseremissionsverordnungen gelten für den Fall der Direkteinleitungen als auch für die Indirekteinleitung, sofern für die Indirekteinleitung nicht die Vorgaben der Indirekteinleiterverordnung anzuwenden sind.

In der allgemeinen Abwasseremissionsverordnung (AAEV, BGBl. 186/1996) werden die Anforderungen an Abwasser bei der Einleitung in eine öffentliche Kanalisation ebenso wie für die Einleitung in Fließgewässer definiert. Es werden generelle Anforderungen bezüglich der Behandlung, der Emissionen und der Überwachung von Abwasser gestellt. Die AAEV beinhaltet unter anderem die Verpflichtung zur sparsamen Wasserverwendung und zur Behandlung des Abwassers nach dem Stand der Technik. Die Wasserrechtsbehörde muss jene Parameter auswählen, welche zur Überwachung der Abwasserbeschaffenheit des betreffenden Abwassers eingesetzt werden. Außerdem werden die Probenhäufigkeit und die Einhaltung der Emissionsbegrenzungen für Eigen- und Fremdüberwachung definiert. Ausgehend von der AAEV ist für Abwässer aus Siedlungsgebieten mit über 50 EW₆₀ die 1. AEV anzuwenden. Für von kommunalen Abwässern stark verschiedene Abwässer sind branchenspezifische Abwasseremissionsverordnungen (AEV) gültig. Diese beschäftigen sich eingehend mit den Abwasserparametern der einzelnen Industriezweige und legen darauf basierend die Grenzwerte für die Direkt- oder Indirekteinleitung fest. Kann ein Betrieb einer der gelisteten Branchen zugeordnet werden, gelten die Regelungen der entsprechenden branchenspezifischen AEV. Andernfalls gelten die Vorgaben lt. AAEV. Die Grenzwerte für die Einleitung von Abwasser in Fließgewässer oder die öffentliche Kanalisation aus der Erfrischungsgetränkeherstellung und Abfüllung werden durch die branchenspezifische Emissionsverordnung (Verordnung des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus der Herstellung von Erfrischungsgetränken und der Getränkeabfüllung, BGBl. Nr. 1077/1994; Anlage A) festgesetzt. Bei der Einleitung in einen Vorfluter sollte stets die Größe und Aufnahmekapazität des Vorfluters selbst in der so genannten Immissionsbetrachtung berücksichtigt werden. Derzeit gibt es keine gültige Rechtsvorschrift; zur Beurteilung der Auswirkungen auf den Vorfluter im Hinblick auf einige wichtige chemische und physikalische Parameter wird die vorläufige Immissionsrichtlinie aus dem Jahr 1987 herangezogen. Um den immissionsseitigen Ansatz in der Gesetzgebung zu berücksichtigen, wurden in der Vergangenheit bei der jeweiligen Bewilligung (Einzelfallbeurteilung) bei Bedarf strengere Auflagen erteilt als in der jeweiligen Abwasseremissionsverordnung festgelegt (Siebenter Umweltkontrollbericht, s.a.).

Für die Einleitung von betrieblichen Abwässern in die öffentliche Kanalisation (Indirekteinleitung) gilt die Indirekteinleiterverordnung (IEV, BGBl. II Nr.222/1998). Gemäß dieser Verordnung sind jene Indirekteinleiter bewilligungspflichtig, die in der Anlage A der IEV genannt sind oder die einen in Anlage B genannten Schwellenwert überschreiten. Da es sich bei dem bei der Herstellung und Abfüllung von Erfrischungsgetränken anfallenden Abwasser ausschließlich um leicht abbaubare organische Verbindungen handelt, die Branche weder in Anlage A genannt oder einen in Anlage B genannten Schwellenwert überschreitet, stellt diese Industriebranche einen nicht bewilligungspflichtigen Indirekteinleiter dar. Die

Indirekteinleitung ist jedoch nach der Indirekteinleiterverordnung (BGBl. II Nr.222/1998) vor der erstmaligen Einleitung dem Kanalisationsunternehmen mitzuteilen und darf, um eine etwaige Überlastung der kommunalen Kläranlage zu verhindern, nicht ohne dessen Zustimmung durchgeführt werden. Generell müssen Indirekteinleiter, deren Abwässer sich von häuslichem Abwasser mehr als geringfügig unterscheiden, vor Beginn der Einleitung dem Kanalisationsunternehmen die einzubringenden Stoffe, die Frachten, die Abwassermenge sowie andere Einleitungs- sowie Überwachungsgegebenheiten mitteilen. Weiters muss der Indirekteinleiter in Abständen, die von der Abwassermenge abhängig sind, einen Nachweis durch einen Befugten über die Beschaffenheit des Abwassers erbringen.

2. Aufgabenstellung und Zielsetzung

Die hoch belasteten Abwässer eines Getränkeherstellers wurden bisher unbehandelt der kommunalen Kläranlage zugeführt. Durch die hohen Abwasserabgaben wurde die Möglichkeit einer Vorreinigung der Abwässer durch eine eigene Betriebskläranlage in Betracht gezogen.

Ziel der Arbeit war es, die Anlageneckdaten einer biologischen Vorreinigung dieser Abwässer zum Zweck der Indirekteinleitung mittels klärtechnischer Untersuchungen im halbtechnischen Maßstab zu ermitteln. Der Anlass zur Durchführung dieser Untersuchungen waren die Auflagen der Wasserrechtsbehörde und die Voruntersuchungen zur biologischen Abbaubarkeit der vorliegenden Abwässer.

Demnach war über einen Zeitraum von mindestens sechs Monaten eine biologische Versuchskläranlage (VKA) zu betreiben. Der Versuchsbetrieb sollte mit einer SBR Kleinkläranlage durchgeführt werden, deren Betriebsparameter durch Variation der Sauerstoffzufuhr, der Nährstoffgaben, des Trockensubstanzgehaltes und der Schlammbelastung an die Abwassercharakteristik anzupassen waren.

Mit Hilfe der unter kontinuierlichen Bedingungen betriebenen VKA sollten Rückschlüsse auf die Systemgrenzen (insbesondere aufgrund von Stoßbelastungen) der biologischen Abwasserreinigung gezogen werden. Unter den vorliegenden Bedingungen der produzierten Abwassermenge und der vorhandenen Nährstofffracht war die Abbauleistung an die behördlichen Vorgaben anzupassen und der Betriebsmittelbedarf zu ermitteln.

Während des gesamten Versuchsverlaufes sollte neben der Anlagenoptimierung eine quantitative als auch qualitative Erfassung des Gesamtabwasserstromes durchgeführt werden. Um auf die starken Belastungsschwankungen im Kläranlagenzulauf zu reagieren, war es ein weiteres Ziel, die Möglichkeiten einer dynamischen, belastungsabhängigen Anlagensteuerung zu untersuchen. Dabei sollte eine die CSB- und die Sauerstoffkonzentration messende Sonde erprobt werden, welche für eine belastungsabhängige Zyklensteuerung (Beschickung und

Belüftung der Kläranlage) sorgen sollte und in weiterer Folge mit einer automatischen, von der jeweils gemessenen CSB-Konzentration abhängigen, Chemikalien - Dosiereinheit gekoppelt werden sollte. Mit Hilfe dieser Sonde sollten die Abbaubedingungen und die Belüftungsraten optimiert und der Chemikalienbedarf reduziert werden.

3. Grundlagen der industriellen Abwasserreinigung

Die Behandlung von Industrieabwasser erfordert zumeist spezifische Problemlösungen, da die Abwasserverhältnisse selbst innerhalb ein und derselben Industriebranche starke Unterschiede aufweisen können. Eine Reihe von Verfahren steht entsprechend der Abwassermenge und der Qualität zur Auswahl. Die Anwendbarkeit auf das jeweils vorliegende Abwasser muss meist durch Versuchsanlagen im halbertechnischen oder technischen Maßstab erprobt werden. Die in der Getränkeindustrie implementierten Verfahren der Abwasserreinigung werden in den nachstehenden Kapiteln diskutiert.

3.1 Die Grundlagen der Abwassercharakterisierung

Die Gesamtkonzentration an organischer Substanz im Abwasser wird mit dem Summenparameter chemischer Sauerstoffbedarf (CSB) charakterisiert. Der CSB ist ein Äquivalent für die Menge an Sauerstoff, die zur Oxidation der gesamten organischen Verbindungen des Abwassers nötig ist. Als Oxidationsmittel wird meist eine definierte Menge an Kaliumdichromat verwendet, das die organische Substanz aufschließt. Nach dem Aufschluss wird aus der verbrauchten Menge an Kaliumdichromat das Sauerstoffäquivalent zur Oxidation der vorhandenen Organik bestimmt (NEUMANN S. s.a.).

Der biochemische Sauerstoffbedarf (BSB_5) charakterisiert die Menge an gelöstem Sauerstoff, die zum biologischen Abbau gelöster organischer Verbindungen nötig ist (GREENBERG et.al., 1992). Die Analyse des BSB_5 ist vom biologischen Umsatz und daher auch von der Zeitdauer des Ansatzes abhängig. In Europa ist die 5 Tage-Analyse als BSB_5 üblich.

In kommunalem und einigen industriellen Abwässern ist das Verhältnis CSB: BSB_5 ca. 2:1. Ein Verhältnis von CSB/ BSB_5 von bis zu 2 deutet auf biologisch gut abbaubares Abwasser hin; je größer das Verhältnis wird, desto schlechter wird die Abbaubarkeit (N.N., 2000). Der Parameter CSB dient als Überwachungswert für Kläranlagen und stellt, neben den Stickstoff- und Phosphatparametern, den maßgeblichen Parameter in Regel- und Gesetzeswerken dar. Des Weiteren wird der CSB zur Beschreibung von Abwasserreinigungsprozessen und zur Erstellung von

Modellen mit Hilfe von Massenbilanzen verwendet (REICHERT, 1994 in DOCKHORN, 1999), der er als Sauerstoffequivalent zusammen mit dem Sauerstoffeintrag geschlossen bilanziert werden kann.

Eine Möglichkeit der überschlägigen Bestimmung des CSB im belebten Schlamm ist die Bestimmung des Glühverlustes. Dabei geht man davon aus, dass die nach Ausglühen bei ca. 500 °C zurückbleibenden Feststoffe die gesamten fixierten, gelösten oder suspendierten Feststoffe beinhalten. Die flüchtigen Feststoffe liefern eine grobe Abschätzung der Menge an organischer Substanz, wobei der Glühverlust nicht ausschließlich den Gehalt an organischer Substanz (oTS) charakterisiert, sondern auch die verflüchtigten mineralischen Salze einschließt (GREENBERG et.al., 1992). Dabei geht man davon aus, dass einem Gramm organischer Trockensubstanz (oTS) etwa 1,45 g CSB entsprechen (MUDRACK und KUNST, 2003).

Phosphor- (P) und Stickstoffverbindungen (N) sind wichtige Nährstoffe, die zur Durchführung des Baustoff- und Energiestoffwechsels nötig sind. Für optimale Verhältnisse zum Aufbau von Zellsubstanz der autotrophen Mikroorganismen wird von einem Verhältnis von P:N von 1:10 ausgegangen (MUDRACK und KUNST, 1994).

Die Konzentrationen und Frachten des industriellen Abwassers werden mit dem so genannten Einwohnergleichwert (EGW) definiert. Dieser repräsentiert das Äquivalent zur Schmutzfracht welche im Durchschnitt pro Tag von einem Erwachsenen produziert wird (Einwohnerwert, EW). Die Konzentration der Inhaltsstoffe wird in Milligramm je anfallendem Liter Abwasser (mg/L), Frachten in Gramm pro Erwachsenen und Tag ($\text{g}/\text{E} \cdot \text{d}^{-1}$) angegeben. Der Tabelle 1 kann die Definition des EW für die verschiedenen Abwasserparameter entnommen werden.

Tabelle 1 Definition des Einwohnerwertes (EW) für kommunales Abwasser (nach GEROLF, s. a.)

Bezeichnung	Fracht	Einheit	Konzentration	Einheit
BSB ₅	60	$\text{g}/(\text{E} \cdot \text{d})$	200-400	mg/L
CSB	120	$\text{g}/(\text{E} \cdot \text{d})$	400-800	mg/L
N _{ges}	11	$\text{g}/(\text{E} \cdot \text{d})$	30-75	mg/L
P _{ges}	1,8	$\text{g}/(\text{E} \cdot \text{d})$	5-12	mg/L
Abfiltrierbare Stoffe (AFS)	70	$\text{g}/(\text{E} \cdot \text{d})$	-	-

Auf diese Weise können die Frachten und Konzentrationen industrieller Abwässer mit denen kommunaler Abwässer verglichen werden.

Die Schlammeigenschaften beim Belebungsverfahren erfordern je nach Prozessschritt unterschiedliche Verhältnisse. Während für den Abbau eine möglichst

große Oberfläche und Flocken, die leicht in Schwebelage gehalten werden, von Vorteil sind, sollten die Flocken in der nachfolgenden Absetzphase kompakt sein, um leicht zu sedimentieren und so vom gereinigten Abwasser leicht abzutrennen sind. Vor allem Abwässer, die ein C:N:P- Verhältnis aufweisen, das stark von 100:5:1 abweicht, neigen zu leichten Flocken mit großer Oberfläche, die schlechte Absetzeigenschaften aufzuweisen.

In der Praxis wird die Absetzeigenschaft von belebtem Schlamm mit dem Schlammindeks (ISV) charakterisiert. Der ISV gibt das Volumen an, das ein Gramm Schlammtrockensubstanz in Wasser nach einer Absetzzeit von 30 Minuten einnimmt. Je schlechter der Schlamm eindickt desto höher ist der ISV und desto schlechter sind die Absetzeigenschaften (MUDRACK und KUNST, 2003). Der ISV errechnet sich aus dem Schlammvolumen dividiert durch den Trockensubstanzgehalt. Seine Einheit ist mL/g.

Erreicht der ISV Werte im Bereich von 50-100 so spricht man von gut absetzbarem Schlamm, erreicht der ISV jedoch Werte von mehr als 150 mL/g so spricht man von Blähschlamm. Dieser weist schlechte Absetzeigenschaften auf und führt zu Schlammabtrieb. Schlammabtrieb ist unerwünscht, da die im belebten Schlamm enthaltenen Mikroorganismen Schmutzfrachten (Kohlenstoff, Stickstoff und Phosphor) mit sich führen und so zur Verunreinigung des Vorfluters führen (GRAY, 1990).

Entsprechend der Abwassercharakteristik stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung, die im Folgenden behandelt werden.

3.2 Chemisch-physikalische Verfahren

3.2.1 Mechanische Verfahren

Die mechanische Abwasserreinigung dient dem Abtrennen von ungelösten Stoffen, die im Weiteren einer Verwertung oder Entsorgung zugeführt werden können. Gebräuchliche Systeme sind Grob- und Feinrechen, Siebanlagen, Fett- und Sandfänge, Flotationsanlagen und Absetzsysteme (WIENHUSEN, 1997). Für die Getränkeindustrie ist vor allem die Abtrennung von Scherben, Schraubverschlüssen und Etiketten sowie bei der fruchtverarbeitenden Industrie die Abtrennung von nicht gelösten Rohstoffen von Relevanz. Der Abwasserbehandlungsanlage vorangehend sollten deshalb immer Grob- und Feststoffabscheidseinrichtungen mit integrierter Presse zur Entwässerung vorgesehen werden (RÜFFER und ROSENWINKEL, 1991).

3.2.2 *Neutralisation*

Zur Vermeidung von Schäden in abwasserführenden Systemen durch Korrosion bei pH-Werten unter pH 6, der Leistungsverminderungen der Reinigung in der biologischen Kläranlage bei Abweichungen des pH-Wertes von pH 6,5-9 und der Störung der Selbstreinigung von Gewässern bei starkem Abweichen des pH-Wertes vom Neutralpunkt (pH 7) müssen Abwässer vor der Einleitung neutralisiert werden.

Für den Großteil der bei der aeroben biologischen Abwasserreinigung mitwirkenden Mikroorganismen ist ein Bereich von pH 6,0 bis 8,5 günstig, da hier keine Verminderung der biologischen Aktivität zu erwarten ist (MUDRACK und KUNST, 1994).

Es ist grundsätzlich zwischen physikalischer und chemischer Entsäuerung zu unterscheiden. Bei der physikalischen Entsäuerung wird durch Lufteintrag die gelöste Kohlensäure gestrippt. Die Neutralisation kann aber auch chemisch mit Basen oder Säuren erfolgen. Zur Neutralisation von sauren Abwässern werden vor allem Natronlauge (NaOH) und Kalkmilch ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) aber auch Calciumcarbonat (CaCO_3), Dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) oder Magnesiumhydroxid ($\text{Mg}(\text{OH})_2$) eingesetzt. Basische Abwässer werden mit Salzsäure (HCl), Schwefelsäure (H_2SO_4) oder Kohlendioxid (CO_2) neutralisiert (RUDOLPH, 1999).

Der Neutralisationsmittelbedarf ist berechenbar, da es sich um eine stöchiometrisch ablaufende Reaktion handelt. Dabei ist jedoch die genaue Kenntnis der chemischen Zusammensetzung nötig, da Abwässer Puffersysteme ausbilden und sich der pH-Wert in Folge nicht entsprechend der dosierten Wasserstoff- bzw. Hydroxidionen ändert. In der Praxis wird der Neutralisationsmittelbedarf deshalb häufig experimentell bestimmt (KERMER, 1987b).

3.2.3 *Flotation*

Die Flotation bewirkt die Anreicherung von schwach benetzbaren Bestandteilen an der Grenzfläche Luft / Flüssigkeit, die durch die unterschiedliche Benetzbarkeit der Komponenten der zu trennenden Suspension hervorgerufen wird. Um die Flotation schwerer Teilchen zu erreichen, werden Flotationshilfsmittel aus einer polaren Gruppe und einer unpolaren Kohlenwasserstoffkette bestehende anionen- oder kationenaktive Verbindungen, zugegeben. Durch die gerichtete Anlagerung an der Grenzfläche fest / flüssig, bei der der unpolare Molekülanteil ins Wasser weist und die aktive Gruppe mit dem Feststoffteilchen in Wechselwirkung tritt, wird die Oberfläche der zu eliminierenden Substanz hydrophob und mit Luft oder durch andere Gase zur Oberfläche transportiert. Weitere Flotationshilfsmittel sind Schäumer, die ein Zusammenfließen der Gasbläschen während des Aufstieges verhindern und den Schaum an der Phasengrenze Luft/Flüssigkeit stabilisieren

damit dieser abgestreift werden kann. Bei der für Industrieabwasser eingesetzten Flotation werden vor allem durch Überdruckflotation neben der Verringerung der abfiltrierbaren Stoffe (AFS) BSB₅- Eliminationen zwischen 60 % und 95 %, Wertstoffrückgewinnung und das Eindicken von Belebtschlamm erzielt (KERMER, 1987a). Großtechnisch werden Flotationsanlagen vor allem in Fruchteverarbeitungsbetrieben angewendet (AUSTERMANN-HAUN und ROSENWINKEL, 2000).

3.2.4 *Oxidation und Katalyse*

Durch Oxidation und Katalyse können konzentrierte, biologisch schwer abbaubare oder toxische Industrieabwässer gereinigt werden (KERMER, 1987b).

Bei der Oxidation werden Elektronen von einem Atom oder Ion abgegeben während bei der Reduktion Elektronen aufgenommen werden. Diese Reaktionen laufen immer zusammen ab und bilden eine Redoxreaktion. Die Ziele der Oxidation bestehen darin anorganische Verbindungen in eine ökologisch verträgliche Form bzw. in eine gut eliminierbare Wertigkeitsstufe umzuwandeln. Das Ziel der Oxidation organischer Stoffe ist die Umwandlung in eine abbaubare Form durch Teiloxidation oder die Mineralisierung durch Totaloxidation. Die Verfahrensvarianten der Oxidation sind die Oxidation unter 100°C, die Nassoxidation bei höheren Temperaturen und Drücken zur Behandlung hochbelasteter Abwasserteilströmen, eventuell unter Einsatz von Katalysatoren, sowie die Oxidation in der Flamme (Abwasserverbrennung) (RUDOLPH, 1999).

Unter Katalyse versteht man die Durchführung einer Reaktion mit Hilfe von Katalysatoren die die Reaktionsgeschwindigkeit beeinflussen ohne dabei die Reaktion selbst zu verändern. Der Ablauf einer Reaktion wird durch einen positiven Katalysator beschleunigt, durch einen negativen Katalysator verlangsamt. Der Wirkungsgrad von Katalysatoren ergibt sich aus dem Verhältnis der katalysierten und unkatalysierten Geschwindigkeitskonstanten der Reaktion.

Grundsätzlich ist zwischen homogener und heterogener Katalyse zu unterscheiden. Bei der homogenen Katalyse wird eine langsame Reaktion durch mehrere, insgesamt schneller ablaufende Reaktionen unter Bildung von instabilen Zwischenprodukten, die im Weiteren unter Rückbildung des Katalysators in die Endprodukte zerfallen, ersetzt. Bei der heterogenen Katalyse wird durch den Katalysator die chemische Bindung der Reaktanden gelockert und als Folge eine höhere Reaktionsgeschwindigkeit erreicht.

Advanced Oxidation Processes (AOP) zerstören organische Schmutzstoffe durch Oxidation. AOP beinhalten die Oxidation mit ultravioletem (UV) Licht, Ozon und Wasserstoffperoxid (CPEO, s.a.).

3.2.5 Membranverfahren

Vereinfacht ist das Membranverfahren eine Filtration, das heißt die Trennung verläuft rein physikalisch ohne die Komponenten thermisch, chemisch oder biologisch zu verändern. Bedeutung für die Abwasserreinigung haben die druckbetriebenen Verfahren der Mikro- und Ultrafiltration, der Nanofiltration und der Umkehrosmose sowie der Elektrodialyse (Abbildung 1).

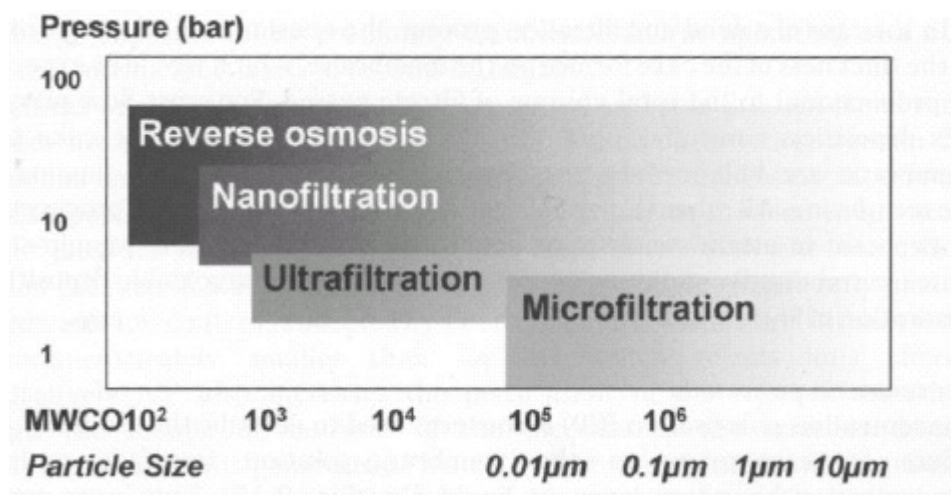


Abbildung 1 Betriebsdrücke verschiedener Membranprozesse (JUDD und JEFFERSON, 2003)

Während die Mikrofiltration bei der Konzentrierung von Suspensionen (Rückhalt von Partikeln > 0,1 µm, z.B. Öle) ihren Einsatz findet, wird die Ultrafiltration (Rückhalt von Partikeln von 0,01 - 0,1 µm) zur Fraktionierung von niedermolekularen gelösten Stoffen und Makromolekülen eingesetzt (Abbildung 2). Es werden Porenmembranen verwendet, in denen ein konvektiver Transport stattfindet. Dabei werden alle Partikel, die größer als die Membranporen sind, vollständig zurückgehalten. Mikro- und Ultrafiltration können entweder als Dead-End-Filtration (orthogonale Durchströmung der Membran unter Bildung eines anwachsenden Filterkuchens) oder als Cross-Flow (membranparallele Überströmung, siehe Abbildung 3) betrieben werden (RAUTENBACH, 1999).

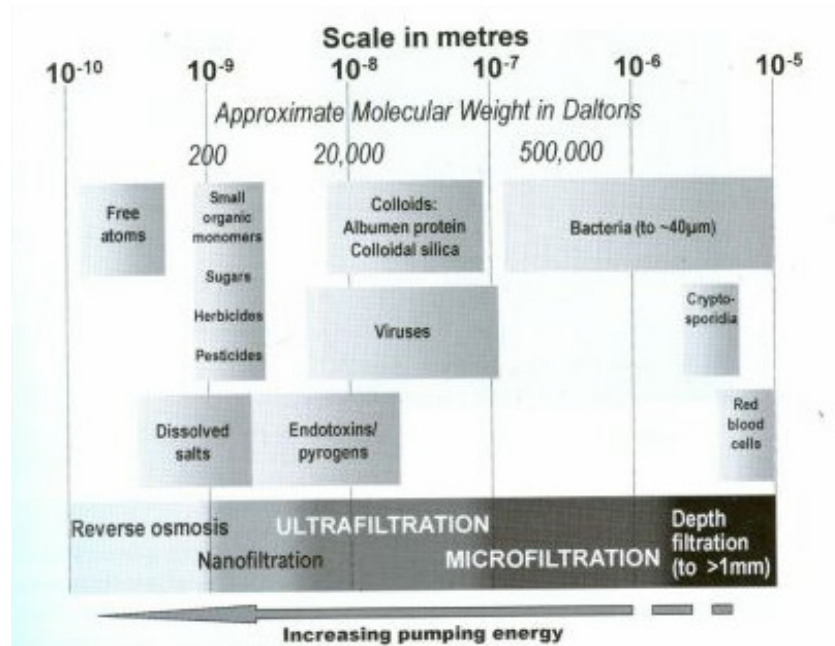


Abbildung 2 Überblick über die Membrantrennverfahren (STEPHENSON, 2000 in JUDD und JEFFERSON, 2003).

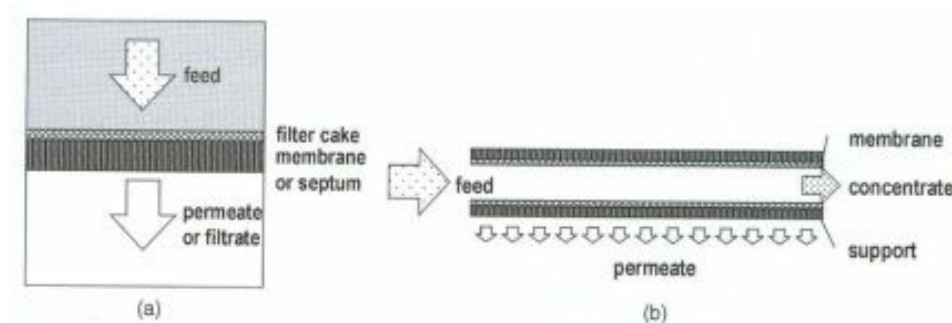


Abbildung 3 (a) Dead-End und (b) Cross-Flow Filtration (JUDD und JEFFERSON, 2003).

In der Abwasserreinigung werden die Ultra- und die Mikrofiltration bei membranparalleler Überströmung in Membranbelebungsverfahren eingesetzt, wo sie in der Abtrennung der Biomasse Verwendung finden. In getränkeverarbeitenden Betrieben können derartige Membranen zur Aufkonzentrierung von Wasser/Öl-Emulsionen, beispielsweise aus der Druckluftherzeugung, angewandt werden.

Bei der Nanofiltration werden Feststoffe mit einem Durchmesser von $0,01 - 0,001 \mu\text{m}$ bzw. gelöste Stoffe mit einem Molekulargewicht von $200 - 20.000 \text{ g/mol}$ (Dalton) zurückgehalten. Somit wird eine fraktionierende Ionentrennung möglich, das heißt dass zweiwertige Ionen in höherem Maße als einwertige und organische Komponenten mit Molekulargewichten von $> 200 \text{ g/mol}$ zurückgehalten werden. Bei der Umkehrosmose hingegen können auch gelöste einwertige Ionen wie Salze und Metallionen $< 0,001 \mu\text{m}$ beziehungsweise organische Komponenten mit einem

Molekulargewicht bis ca. 150 g/mol nahezu vollständig zurückgehalten werden (MUNLV, 2003).

Für die Nanofiltration und die Umkehrosmose werden asymmetrisch aufgebaute Lösungs-Diffusionsmembranen eingesetzt, die ausschließlich im Cross-Flow- Modus betrieben werden. Die Membranen bestehen aus der eigentlichen Trennschicht, diese ist porenfrei und Selektivität und Fluss maßgebend, und einer porösen Stützstruktur. Anionen und Kationen werden aufgrund der Elektroneutralität zu beiden Seiten der Membran gleich stark zurückgehalten (RAUTENBACH, 1999).

Mit zunehmender Betriebsdauer findet bei allen Membranarten eine Deckschichtbildung statt, die sich in der Erhöhung des Filterwiderstandes äußert und bis zu einem gewissen Grad erwünscht ist. Ist dieser Punkt jedoch überschritten muss die Membran gespült werden (Permeatrückspülung). Lässt sich der ordnungsgemäße Betrieb nicht durch Rückspülung wiederherstellen, so sind die Membranen einer chemischen Reinigung zu unterziehen.

Unerwünschte Nebenerscheinungen sind Fouling und Scaling. Bei Fouling kommt es zu einer Biofilmbildung auf der Membranoberfläche, Scaling wiederum sind Ausfällungen anorganischer Inhaltsstoffe durch das Überschreiten des Löslichkeitsproduktes und tritt nur bei Nanofiltrations- und Umkehrosmosemembranen auf. Scaling und Fouling sollten durch Spülen und sorgfältige Vorbehandlung weitestgehend vermieden werden. (RAUTENBACH, 1999).

3.3 Biologische Verfahren

Die biologische Abwasserreinigung entspricht der zeitlich und räumlich konzentrierten, natürlichen Selbstreinigung von Gewässern. Diese basiert auf dem Wachstum von Mikroorganismen unter idealisierten Randbedingungen. Das Ziel der biologischen Behandlung ist die Umwandlung organischer Abwasserinhaltsstoffe durch Oxidations- oder Reduktionsvorgänge in eine für die Umwelt weniger belastende Form (BRAHA und GROZA, 2006).

Die organischen Inhaltsstoffe des Abwassers dienen den Mikroorganismen als Nahrungsquelle und werden auch als Substrat oder Nährstoffe bezeichnet. Die Abwasserinhaltsstoffe können in drei große Gruppen unterteilt werden: Kohlenhydrate, Fette und Eiweißstoffe. Der biologische Ab- und Umbau dieser Abwasserinhaltsstoffe kann je nach Sauerstoffverhältnissen und der Natur des anfallenden Abwassers aerob (unter Beisein von Sauerstoff), anaerob (unter Ausschluss von Sauerstoff) oder anoxisch (unter Verwendung des gelösten Sauerstoffes ohne dabei zu belüften), als Einzelmaßnahme oder auch in Kombination mit chemisch-physikalischen Verfahren erfolgen. Im aeroben sowie im

anaeroben Milieu werden wahlweise Anlagen in denen die Biomasse in Wasser suspendiert vorliegt oder Festbettreaktoren mit auf einem Trägermaterial festsitzenden Mikroorganismen angewandt. Mischformen wie z.B. schwebendes Festbett sind ebenso möglich.

Organismen beziehen die Energie zur Erhaltung ihrer Lebensfunktionen aus dem Ab- und Umbau organischer und anorganischer Substanz. In Tabelle 2 sind verschiedene Ernährungsweisen und die bei der Abwasserreinigung erforderlichen Prozesse einander gegenübergestellt.

Tabelle 2 Ernährungsweisen und Abbauprozesse (RÖSKE u. UHLMANN, 2004).

Ernährungsweise	Energiequelle	C-Quelle	H-Quelle	Prozess
Heterotrophie	org. Substanz	org. Substanz (Säuren, Alkohole, Zucker u.a.)	org. Substanz (Säuren, Alkohole, Zucker u.a.)	Kohlenstoffabbau
Autotrophie	anorg. Substanz	CO ₂	anorg. Substanz (H ₂ , H ₂ O, H ₂ S u.a.)	Nitrifikation Denitrifikation Biologische Phosphorentfernung

3.3.1 Aerobverfahren

Aerobe Reinigungsverfahren werden vor allem in der kommunalen Abwasserreinigung aber auch zur Vorbehandlung oder Endreinigung von Industrieabwässern angewandt.

Das Verhältnis von Kohlenstoffverbindungen (als C) zu Stickstoff für den mikrobiellen Abbau sollte etwa 100:5 betragen. Stickstoff ist ein wichtiger Bestandteil zum Aufbau neuer Zellsubstanz (Eiweiß). Demnach verschlechtert sich bei Stickstoffmangel die Reinigungsleistung und die Blähschlammentwicklung nimmt zu. Wird jedoch zuviel Stickstoff in Form von reduzierten Verbindungen (z.B. Harnstoff) zugeführt, kann sich das in der Belebungsanlage durch zusätzlichen Sauerstoffbedarf aufgrund von Nitrifikation, in der Beeinträchtigung der Reinigungsleistung durch Absinken des pH-Wertes oder durch Anreicherung von Nitrit auswirken (MUDRACK und KUNST, 1994).

Auch Phosphor ist ein wichtiger Nährstoff, der zur Durchführung des Baustoff- und Energiestoffwechsels der Mikroorganismen nötig ist. Für ein optimales Wachstum (Aufbau von Zellsubstanz) der autotrophen Mikroorganismen gehen MUDRACK und KUNST (1994) von einem Verhältnis der P- zu den N- Verbindungen von 1:10 aus. Der pH-Wert sollte beim aeroben Abbau im Bereich von 6,5 bis ca. 9 liegen.

Durch aeroben Um- und Abbau organischer Substanz wird ca. die Hälfte der Schmutzstoffe im Baustoffwechsel in Biomasse umgewandelt. Der Rest wird im

Energiestoffwechsel unter Energiegewinn und Sauerstoffverbrauch zu anorganischen Endprodukten (CO_2 , H_2O) umgebaut, die entweder als Gase entweichen oder im Ablauf als Salze gelöst vorliegen (KAYSER et al., 1997).

Der aerobe Abbau hochmolekularer organischer Substanz (Fette, Proteine) wird, wie beim anaeroben Abbau, durch die Hydrolyse eingeleitet. Dabei werden die Verbindungen durch extrazelluläre Enzyme der Mikroorganismen in niedermolekulare Bruchstücke (Glucose) gespalten und dem weiteren Ab- oder Umbau verfügbar gemacht (LECHNER, 2004).

Durch den Abbau von Glucose (z.B. Sechsfachzucker C_6) (siehe Abbildung 4) wird erreicht, dass fixierte Energie freigesetzt und als Adenintriphosphat (ATP) gespeichert wird. Weiters wird der C_6 -Körper in kleinere C-Körper (Pyruvat) zerlegt. Dabei wird die Zelle mit Ausgangsstoffen für den Baustoffwechsel versorgt. Die oxidative Decarboxylierung führt das Pyruvat ohne Energiegewinn in aktivierte Essigsäure (Acetyl-CoA) über, das die Ausgangssubstanz für den Zitronensäurezyklus darstellt. Im Zitronensäurezyklus (oder „Citratzyklus“) werden beim weiteren Abbau des Acetyl-CoA nach und nach C-Atome und immer mehr H-Atome abgespalten. Dabei wird der größte Teil des reduzierten Nicotinamid Adenindinukleodid ($\text{NAD} + \text{H}^+$) gebildet. In der Atmungskette werden die aus der Glycolyse, der oxidativen Decarboxylierung und aus dem Zitronensäurezyklus stammenden 24 $\text{NADH} + \text{H}^+$ wieder vom Wasserstoff entladen. Die Elektronen des Wasserstoffs werden auf den Sauerstoff, der als terminaler Elektronenakzeptor fungiert, übertragen. Dabei werden große Mengen an Energie frei, die zur Selbsterhitzung des Systems führen. Die Produkte der gesamten Reaktion sind H_2O , CO_2 und NAD^+ (MUDRACK u. KUNST, 2003).

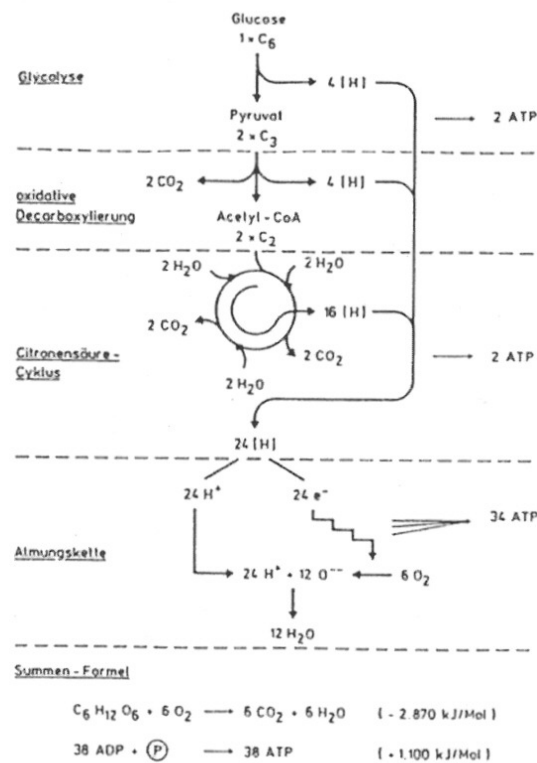


Abbildung 4 Schema des vollständigen aeroben Abbaus von Glucose (MUDRACK u. KUNST, 2003).

Stickstoff- und Phosphorverbindungen sind wichtige Nährstoffe für das Pflanzenwachstum. Konzentrierte Einträge sollten jedoch verhindert werden um ein unkontrolliertes Wachstum und somit die Eutrophierung zu vermeiden. Stickstoffverbindungen stammen aus organischen Verbindungen (z.B. Harnstoff) und aus mikrobiellen Abbauprozessen. Sie sind ein wesentlicher Baustein von Biomasse als Bestandteil von Aminosäuren, Proteinen, Amiden und organischen N- Basen (RÖSKE und UHLMANN, 2005).

In der Hydrolyse wird organischer Stickstoff zu Ammonium umgewandelt (Ammonifikation). Bei der Nitrifikation wird Ammonium (NH₄) von den zwei Bakteriengruppen Nitrosomas und Nitrobacter zu NO₃ oxidiert (Tabelle 3). Dabei wird das NH₄ von Nitrosomas zu Nitrit (NO₂) und von Nitrobacter weiter zu Nitrat (NO₃) oxidiert. Durch die Abgabe von Wasserstoffionen durch Nitrosomas wird der pH-Wert abgesenkt, und Sauerstoff (O₂) wird verbraucht. Da der Energiegewinn aus der Oxidation anorganischer Stoffe sehr gering ist, resultiert aus der Nitrifikation ein im Gegensatz zu den kohlenstoffabbauenden, heterotrophen Mikroorganismen langsames Wachstum (MUDRACK und KUNST, 1994).

Bei der Denitrifikation hingegen erfolgt die Reduktion der oxidierten Stickstoffverbindungen zu elementarem Stickstoff (N₂) (Tabelle 3). Das NO₃ dient dabei an Stelle des Luftsauerstoffes als terminaler Wasserstoffakzeptor. Die Denitrifikation

erfolgt nur bei Sauerstoffmangel und Anwesenheit von Nitrat und/oder Nitrit; man spricht von anoxischen Milieubedingungen (MUDRACK und KUNST, 1994).

Tabelle 3 Reaktionen des Stickstoffabbaus (BITTON, 1999).

Reaktionschritt	Organismen		Sauerstoffbedarf
Ammonifikation		$\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NH}_3 + \text{CO}_2$ $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{HCO}_3^-$	
Nitrifikation:	Nitrosomas:	$\text{NH}_4^+ + 3/2 \text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_2^- + 2\text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}$	+ 3,43 gO ₂ /gN
	Nitrobacter:	$\text{NO}_2^- + 1/2 \text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_3^-$	+ 1,14 gO ₂ /gN
Denitrifikation	fak. aerobe MO's:	$2\text{NO}_3^- + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{N}_2^\uparrow + \text{H}_2\text{O} + 5/2 \text{O}_2$	- 2,86 gO ₂ /gN

Die biologische Phosphorelimination oder Luxury Uptake (Abbildung 5) basiert auf dem Wechsel zwischen anaeroben und aeroben Verhältnissen. Dabei wird in der anaeroben Phase von den fakultativ anaeroben Mikroorganismen Substrat in Form von kurzkettigen Fettsäuren aus dem Abbau der Abwasserinhaltsstoffe hergestellt. Die obligat aeroben Mikroorganismen können unter anaeroben Bedingungen ihren Phosphatspeicher als Energiequelle nutzen, um das aufgenommene Substrat zu verarbeiten, wobei Phosphat (PO₄) im Abwasser rückgelöst wird. Das PO₄ wird von den obligat aeroben Mikroorganismen in der aeroben Phase in erhöhtem Maße aufgenommen und führt so zu einer Nettoelimination von PO₄. So können von bestimmten Bakterien unter aeroben Bedingungen 0,4-0,5 mmol P/gTS in der Stunde aufgenommen werden während unter anaeroben Bedingungen nur 0,015 mmol/gTS in der Stunde wieder freigesetzt werden (BITTON, 1999).

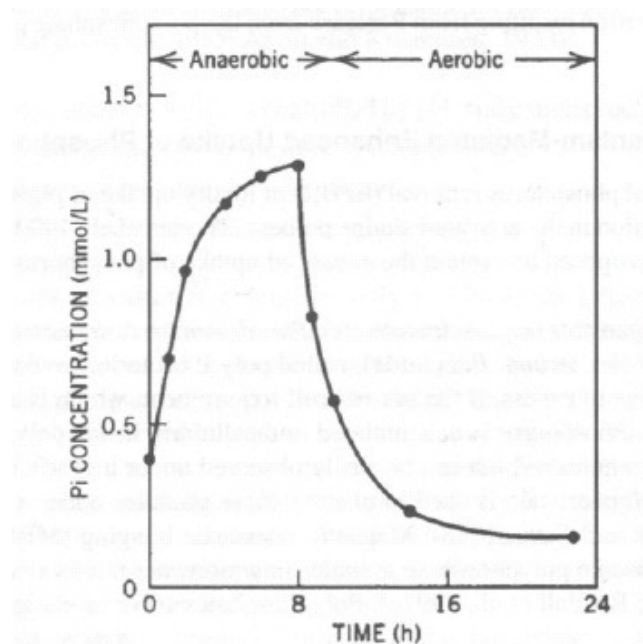


Abbildung 5 Phosphorelimination durch anaerobe und aerobe Milieubedingungen („Luxury Uptake“) (BITTON, 1999).

Vielfach wird jedoch eine chemische Elimination von Phosphor angewendet, bei der durch Zugabe von Eisen- oder Aluminiumsalzen eine Fällung der Phosphorverbindungen erfolgt. Die Fällung kann als Vor-, Simultan- oder Nachfällung betrieben werden und hat eine starke Erhöhung der Schlamm-mengen zur Folge (HARTMANN, 1997).

Da bei der konventionellen biologischen Abwasserbehandlung im Rahmen des Kohlenstoffabbaus nur 25 % des Stickstoffes (N) und ca. 40 % des Phosphors (P) von der Biomasse ab- und umgebaut wird, muss zum Schutz der Gewässer eine weitergehende Behandlung in Form optimierter Milieubedingungen (Nitrifikation-Denitrifikation, siehe oben) und einer chemischen Elimination von Phosphor erfolgen (RÖSKE und UHLMANN, 2005). Die Dimensionierung von kommunalen Belebungsanlagen erfolgt gemäß ATV 131 (2000) anhand der maßgebenden Belastung und der geforderten Reinigungsleistung in Abhängigkeit von der Schlammbelastung (B_{TS}).

3.3.1.1 Belebungsanlagen

Um den konzentrierten biologischen Abbau im Reaktor zu fördern, muss die Organismendichte erhöht, der Sauerstoffbedarf gedeckt und für einen optimalen Kontakt durch Umwälzung zwischen belebtem Schlamm, Substrat und Sauerstoff gesorgt werden. Zur weitgehenden Entfernung von absetzbaren Stoffen (mineralische Stoffe, Fremdstoffe) wird das Abwasser vor Einleitung in die Belebung einem Absetzbecken, der Vorklärung, zugeführt (RÖSKE und UHLMANN, 2005).

Die im Belebungsbecken durch Ab- und Umbauprozesse gebildete Biomasse wird im darauf folgenden Nachklärbecken durch Sedimentation abgetrennt und teilweise dem Belebungsbecken rückgeführt (Abbildung 6). Um die Mikroorganismenkonzentration konstant zu halten, wird der überschüssige Schlamm (Zuwachs über die gewünschte Biomassekonzentration hinaus) als Überschussschlamm aus dem System entfernt.

Den konventionellen Belebungsverfahren stehen Verfahren im Aufstaubetrieb, in denen die Phasen Belebung, anoxisch, anaerob und Nachklärung in jeweils zeitlich voneinander getrennten Schritten in nur einem Becken stattfinden, gegenüber.

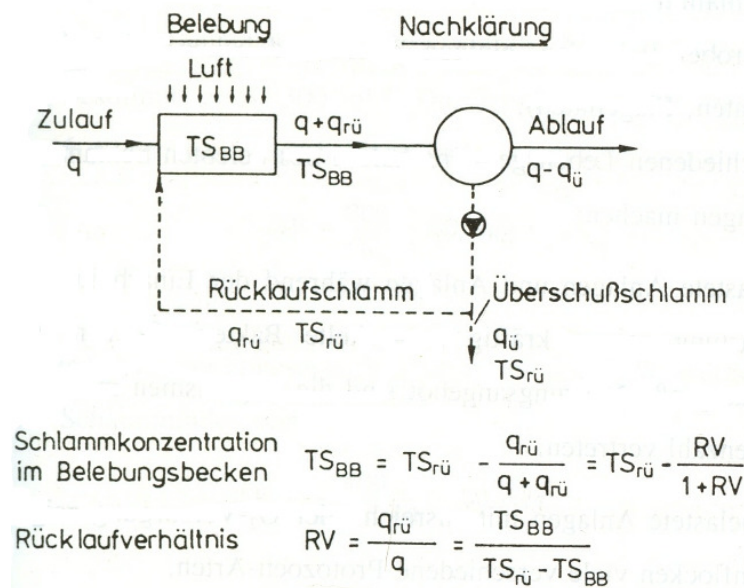


Abbildung 6 Bild Schema Belebungsanlage (PÖPPINGHAUS et.al., 1994).

3.3.1.2 Belebungsanlagen im Aufstaubetrieb

Die Belebungsanlage im Aufstaubetrieb kurz SBR- (Sequencing Batch Reactor) Technologie genannt wurde erstmals von Edward Arden und William T. Lockett 1914 angewandt. Sie fanden heraus, dass sich unter kontrollierten Bedingungen (vor allem pH-Wert und Sauerstoffgehalt) und genügend langer Aufenthaltszeit die Konzentration der Mikroorganismen erhöht und sich die organischen Belastungen im Abwasser bis zu einem Minimum verringern. Nach einer gewissen Reaktionszeit kann das gereinigte Wasser abgezogen und der Vorgang wiederholt werden. Das Verfahren wurde weiterentwickelt und bereits 1920 wurde in Großbritannien die erste großtechnische Anlage in Betrieb genommen (WIESMANN et.al., 2007).

Das SBR- Verfahren ist ein einfaches aber effizientes Verfahren zur Abwasserbehandlung. Das Abwasser wird dabei aufgestaut und in Sequenzen behandelt. Das Aufstauprinzip hat den Vorteil auf BelastungsschöÙe durch Variation der Intervalldauer besser als konventionelle Anlagen reagieren zu können. Durch die im gleichen Becken nur zeitlich getrennte Reinigung und Nachklärung des Abwassers kann der Platzbedarf deutlich verringert werden.

Um Grobstoffe zu entfernen, sollte im Zulauf eine entsprechende Vorreinigung (Kap. 3.2.1) vorgesehen werden. Die Anlage kann mehrstraßig ausgeführt werden, meist wird der Behandlung zusätzlich ein Pufferbecken vorgeschaltet, um Belastungsspitzen zu vergleichmäßigen. Das in der Anlage vorhandene Gesamtvolumen setzt sich aus dem Mindestvolumen, das den immer in der Anlage verbleibenden Belebtschlamm beinhaltet, und dem Austauschvolumen, das

Abwasser das je Intervall zugeführt und am Ende wieder abgezogen wird, zusammen (Abbildung 7).

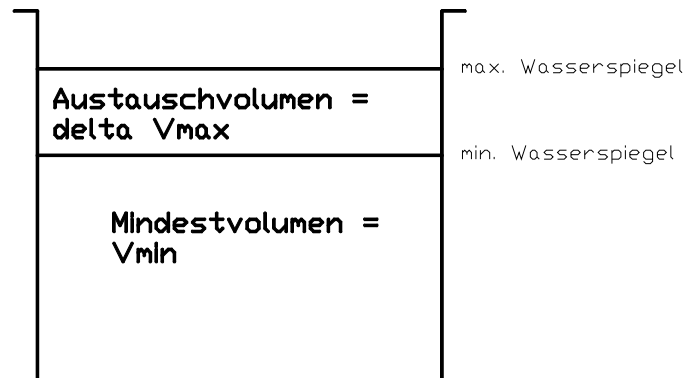


Abbildung 7 Darstellung der Volumenanteile einer SBR Anlage.

Grundsätzlich bestehen die Arbeitsphasen eines SBR- Reaktors aus Füllen, Stillstand (Anoxphase), Belüftung (Reaktionsphase), Absetzen, Klarwasser- und Überschussschlammabzug (Abbildung 8). Die Phasen werden je nach Anforderung an die Qualität der Behandlung eingesetzt.

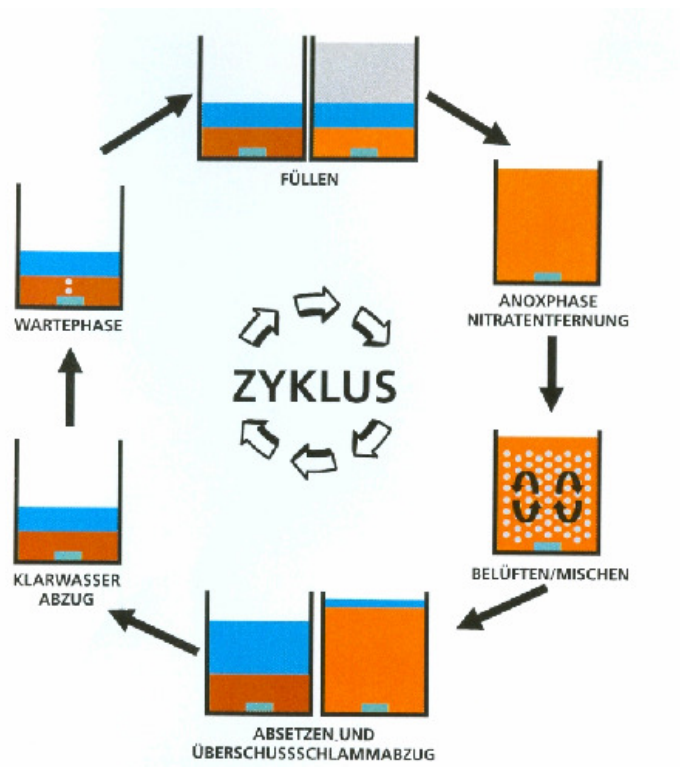


Abbildung 8 Prinzip des SBR- Verfahrens (Fa. EVN, 2004).

Die Reinigungsintervalle einer SBR-Anlage sind durch einen stetigen Wechsel von Hoch- und Schwachlastphasen gekennzeichnet. In der Füll- Phase wird die SBR-Anlage mit einer hohen Fracht beschickt, nach Durchlaufen eines Reinigungszyklus, in der die Anlage kontinuierlich oder unter Einhaltung von Stillstandszeiten betrieben wird, folgt eine Phase geringer Substratkonzentration. (WILDERER und MCSWAIN, 2004)

In der Belüftungsphase findet Kohlenstoffelimination und Nitrifikation statt. Auf diese Weise ist es möglich den Großteil der Schmutzstoffe biologisch zu entfernen. Sind jedoch höhere Anforderungen an die Gesamtstickstoffkonzentration (N_{ges}) im Ablauf gestellt (bei Direkteinleitung), ist es sinnvoll, einen Wechsel von aeroben und anoxischen Bedingungen im Reaktor durch Variation der Belüftungs- und Stillstandszeiten herbeizuführen. Das Nitrat, das in der aeroben Phase gebildet wurde, kann nun in der anoxischen Phase denitrifiziert werden. Die aerobe Phase (Belüftungsphase) beträgt dabei mindestens 50 % (gewöhnlich mehr) der Zyklusdauer, um eine Phosphatrücklösung in der anoxischen Phase zu verhindern (KENNETH et al., 1998).

In der Sedimentationsphase sinkt der Belebtschlamm ab und das gereinigte Abwasser kann dekantiert werden. Treten schlechte Absetzeigenschaften auf (Blähschlamm), kann durch Verlängerung der Absetzdauer das Ausschwemmen von Biomasse vermieden werden. Schließlich kann am Ende der Absetzphase der gebildete Überschussschlamm aus dem System entfernt werden.

SBR- Anlagen können mit Schlammkonzentrationen im Bereich von 4 - 10 g/L betrieben werden. Die Biomassekonzentration wird dabei von der Sedimentationsgeschwindigkeit und der Ausgestaltung des Reaktors beeinflusst (KENNETH et al., 1998).

3.3.1.3 Membranbioreaktoren

Membranbioreaktoren (MBR) stellen ein Hybridverfahren aus Membrantechnik und Belebtschlammverfahren dar. Die Membran kann entweder im Belebungsbecken getaucht oder der Belebung nachgeschaltet angeordnet sein.

In MBR- Anlagen dient eine Membran zur Trennung von Biomasse und behandeltem Wasser. Diese Technologie ist sowohl für den aeroben als auch für anaeroben Betrieb anwendbar. Durch die Membran kann eine weitaus höhere Biomassekonzentration erreicht werden, da eine Sedimentation des Schlammes nicht nötig und ein Ausschwemmen von Biomasse nicht möglich ist. Durch das verlängern der Aufenthaltszeiten auf ein Vielfaches können sich vor allem auch langsam wachsende Spezies wie Nitrifikanten oder Anaerobier (Methanbakterien) ansiedeln (AIM und SEMMENS, 2001).

3.3.1.4 Festbettreaktoren

Beim Festbettreaktorverfahren sind die aeroben Mikroorganismen auf festem Füllmaterial angesiedelt. Das Schmutzwasser wird dabei ständig durch Vorrichtungen über den Füllkörper verteilt und sickert aufgrund der Schwerkraft an den Mikroorganismen welche die Inhaltsstoffe abbauen vorbei. Das Füllmaterial besteht aus Materialien mit großen Hohlraumanteilen wie Schlacke, Bims oder Kunststoff. Über den Filterboden, der sich am unteren Ende des Reaktors befindet, kann Luft bzw. Sauerstoff eintreten. Auf den Füllkörpern entwickelt sich ein sogenannter biologischer Rasen welcher aus den mineralisierenden Mikroorganismen und den aus den im Abwasser befindlichen Stoffen gebildet wird (PÖPPINGHAUS et.al., 1994).

Der Rieselstromreaktor ist ein Festbettreaktorsystem bei dem sich Biomasse auf ein Aufwuchsträgermaterial (kleinkörnige Styroporkugeln) ansiedelt. Die Styroporkugeln gewährleisten eine dauerhaft lockere Schüttung des Bettes. Das zu behandelnde Abwasser wird von oben über das Trägermaterial verrieselt, während die Luft über einen Ventilator im Gegenstrom zugeführt wird. Der Reaktor ist nur im Bodenbereich mit Wasser gefüllt, das Abwasser wird durch eine vielfache Kreislaufrührung intensiv mit der Biomasse in Kontakt gebracht. Die erreichbare Raumbelastung kann aufgrund der Konzentration großer Mengen an Biomasse am Trägermaterial auf 5 bis über 10 kgCSB/m³*d ansteigen. Um eine Verblockung des Trägermaterials zu verhindern wird die überschüssige Biomasse mit einer Starkluftspülung abgerieben. In einem nachfolgenden Sedimentationsbehälter erfolgt eine Auftrennung in Klarwasser und Dünnschlamm, der als getrennt behandelt werden muss (HALDENWANG, 2002).

Das Rieselstromverfahren (Abbildung 9) wird nach HALDENWANG (2002) in zahlreichen Industriebetrieben, in denen organisch hochbelastete Abwässer anfallen, angewendet. Das Verfahren eignet sich sowohl zur Vorbehandlung als auch für die Direkteinleitung (Anwendungsbeispiele, Kap. 3.4 Tabelle 5).

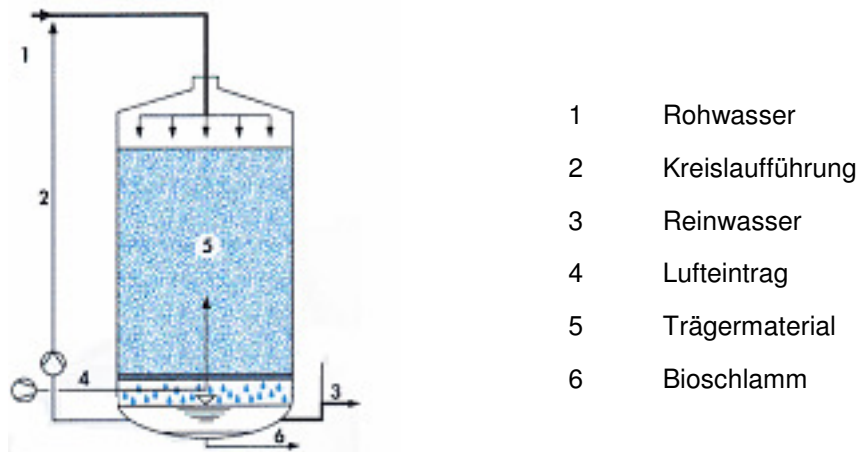


Abbildung 9 Verfahrensschema des Rieselstrom- Reaktors (Fa. Water Technology, 2007).

3.3.2 Anaerobverfahren

Anaerobverfahren werden seit langem zur Behandlung von Klärschlämmen eingesetzt. Heute werden sie vor allem auch zur Vorreinigung von hochkonzentrierten Industrieabwässern angewandt (HARTMANN, 1997). Nach MEYER et al. (2005) ist die anaerobe Abwasserreinigung derzeit hauptsächlich im Bereich der Getränke- und Lebensmittelindustrie sowie der Zellstoff- und Papierherstellung im Einsatz, grundsätzlich kann sie jedoch auch bei allen anderen organischen Industrieabwässern eingesetzt werden. Im Gegensatz zu den aeroben Verfahren zeichnen sich anaerobe Verfahren durch ihren geringen Platzbedarf (durch die höheren Raumbelastungen) und den um vieles geringeren Überschussschlammanfall aus.

In der Literatur werden Abwässer mit einer BSB₅-Konzentration von größer 1500 mg/L als besonders für eine anaerobe Behandlung geeignet empfohlen (AUSTERMANN-HAUN und ROSENWINKEL, 1997). Die Mikroorganismen anaerober Systeme sind jedoch im Gegensatz zu den Mikroorganismen aerober Systeme wesentlich empfindlicher gegenüber Stoßbelastungen und wechselnden Milieubedingungen. Aufgrund der höheren Investitionskosten und der anfallenden Betriebskosten (Gasreinigung, Energieerzeugung) muss weiters eine gewisse Anlagengröße erreicht werden, um mit aeroben Belebungsverfahren in Konkurrenz treten zu können.

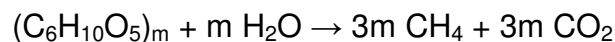
Meist werden hoch belastete Abwässer von Industriebetrieben mit anaeroben Verfahren vorbehandelt und in aeroben Reinigungsanlagen - oft zusammen mit kommunalem Abwasser - gereinigt. Auf diese Weise werden die Elimination von

Restverschmutzungen und die vollständige Elimination der Nährstoffe (Stickstoff und Phosphor) gewährleistet.

Im Gegensatz zum aeroben Stoffwechsel dienen beim anaeroben Abbau nur etwa 5-10 % der Substratenergie der Zellvermehrung, der Schlammanfall ist daher wesentlich geringer. Die restliche Substratenergie wird in Biogas (CH_4 , CO_2 ...) umgewandelt und ist somit der Verwertung (Energieerzeugung) zugänglich.

Die für den Abbau nötigen Randbedingungen setzen sich aus einem pH-Wert gemäß der Prozessphase, Luftausschluss und einem Nährstoffverhältnis von mindestens C:N:P = 800:5:1 zusammen (KROISS und SVARDAL, 2005).

Die Menge und Zusammensetzung des Biogases hängt von den spezifischen Inhaltsstoffen des Abwassers, dem Einfluss der Inhaltsstoffe (hemmende und störende industrielle Einflüsse), der Technik der Faulung (Verfahren, Faulzeit) und der Betriebsparameter ab. Die mittlere spezifische Gasausbeute von Kohlenhydraten beträgt dabei ca. 0,8 Normkubikmeter pro kg zugeführtem Substrat (NIEHOFF, 2005). Der Methangehalt liegt bei ca. 80% (AUSTERMANN und ROSENWINKEL 2000). Allgemein gilt für Kohlenhydrate die folgende Annahme (BÖHNKE 1993 in SCHMELZ 2000):



Der anaerobe Abbau erfolgt vierstufig (Abbildung 10), von Polymeren Substraten wie Kohlenhydraten, Zucker und Eiweiß zu den Endprodukten Methan (CH_4), Kohlendioxid (CO_2), elementarem Stickstoff (N_2) und Schwefelwasserstoff (H_2S). Die Hauptrolle spielen dabei drei große Bakteriengruppen, denen jeweils unterschiedliche Aufgaben zukommen. Sie stehen jedoch in enger Verbindung zueinander.

In der ersten Phase, der Hydrolyse, werden wie beim aeroben Abbau die hochmolekularen Substanzen (Fette, Eiweiß und Kohlenhydrate) durch von den acidogenen Bakterien erzeugte extrazelluläre Enzyme und Koenzyme in Bruchstücke überführt. Da die Methanbakterien nur Essigsäure, H_2 und CO_2 direkt zu CH_4 umsetzen können, müssen in der acetogenen Phase die organischen Säuren und Alkohole zuerst in Essigsäure umgewandelt werden. So werden in der Versäuerungsphase aus den in der Hydrolyse erzeugten niedermolekularen Substanzen von fakultativ oder obligat anaeroben Bakterien (acetogene Bakterien) kurzkettige organische Säuren (Butter-, Probion-, und Essigsäure), Alkohole und H_2 erzeugt. In der methanogenen Phase kann dann von den methanogenen Bakterien aus der entstandenen Essigsäure und in geringem Umfang aus H_2 und CO_2 CH_4 gebildet werden (WIESMANN et al., 2007).

Die optimalen Bedingungen für den Abbau durch versäuernde und methanogene Bakterien sind jeweils unterschiedlich. Versäuernden Bakterien haben ihr Temperaturoptimum bei 30°C, benötigen eher saure Bedingungen (pH etwa 5,3 -6,3) und sind nur bei niedrigen Wasserstoffpartialdrücken stoffwechselaktiv. Sie benötigen einen guten Kontakt zwischen Substrat und Organismen, der durch Umwälzung erzeugt werden kann. Die methanogenen Bakterien haben ihr Temperaturoptimum bei 35-37°C, benötigen einen pH-Wert von 6,8-7,2 damit die Methanbildung nicht gehemmt ist und sollten möglichst schonend umgewälzt werden. Sie benutzen Wasserstoff (H_2) als Elektronendonator. Ein niedriger H_2 -Partialdruck, der für die Stoffwechseltätigkeit der versäuernden und acetogenen Bakterien nötig ist, kann also nur durch die symbiotische Lebensgemeinschaft zwischen den einzelnen Bakteriengruppen erhalten bleiben (MUDRACK u. KUNST, 2003). Vielfach wird aufgrund der unterschiedlichen Anforderungen der Mikroorganismengruppen ein 2-stufiger Betrieb gewählt, bei dem die (Vor-) Versäuerungs- und die Methanbildungsphase getrennt betrieben werden.

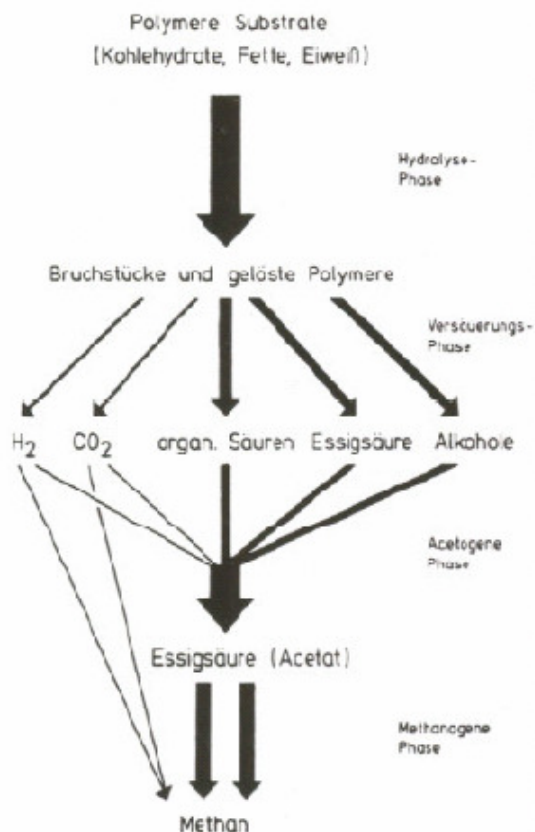


Abbildung 10 Schema des mehrstufigen anaeroben Abbaus (MUDRACK u. KUNST, 2003).

Die Dimensionierung von Anaerobanlagen erfolgt anhand der maßgebenden Belastung in Abhängigkeit von der zulässigen Raumbelastung (B_R [$kg/(m^3 \cdot d)$]). Wird die zulässige B_R überschritten wird in Folge die Methangärung aufgrund von

Überlastung gestört, wird die B_R hingegen zu niedriger angenommen wird das Reaktorvolumen nur unzureichend genutzt, eine geringere Biogasproduktivität resultiert (BRAUN, 1982).

3.3.2.1 Anlagenarten

Die als Methangärung bezeichnete Vergärung organischer Substanz kann mittels der in Tabelle 4 aufgelisteten technischen Systeme durchgeführt werden.

Tabelle 4 Einteilung der für die Methangärung angewandten Systeme nach BRAUN (1982).

Technische Systeme	Verfahrensbezeichnung	Substrat
Einstufige homogene kontinuierliche Reaktoren mit Biomasserückführung	Kontaktprozess	Substrat mit geringem Feststoffanteil (Industrieabwasser)
	Upflow Anaerobic Sludge Bed	
	Anaerobfilter Fließbettreaktor	
Nicht homogene einstufige kontinuierliche Reaktoren	Schlammbettreaktor	
Einstufige homogene kontinuierliche Reaktoren	Rührkessel	Substrat mit höherem Feststoffanteil (Mist)
Rohrreaktoren	Röhrenreaktor (Plug-Flow)	
Mehrstufige Reaktoren	Rührkesselskaskade	

Einige Anlagenbeispiele sind der Abbildung 11 zu entnehmen.

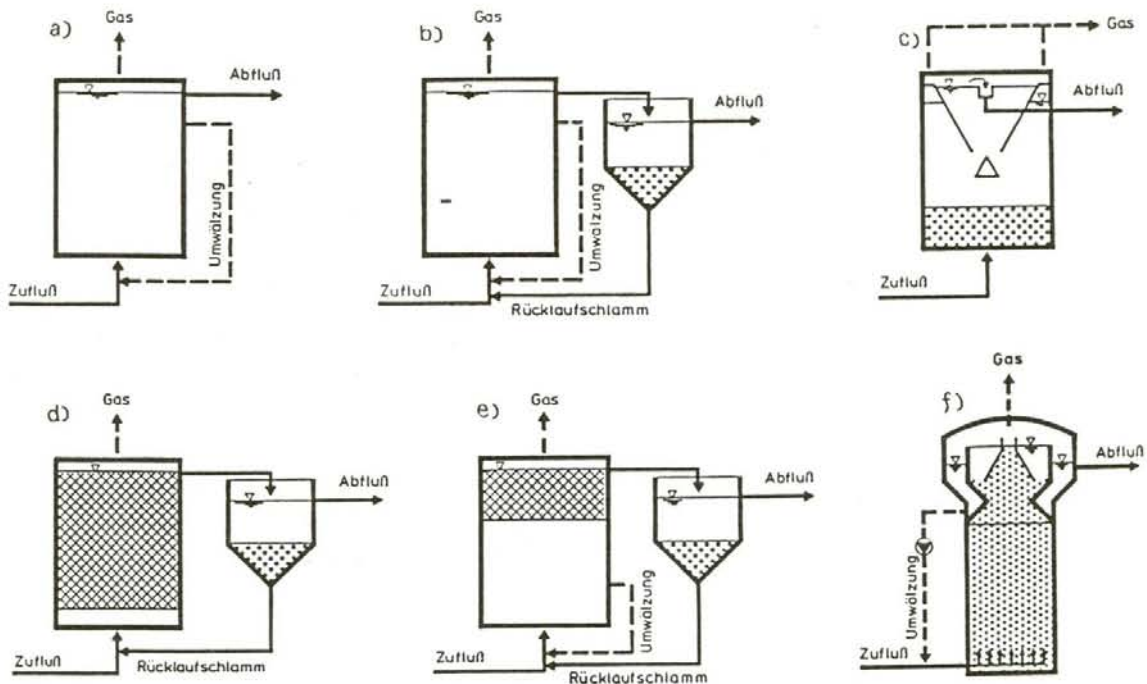


Abbildung 11 Schematische Darstellung verschiedener anaerob- Anlagentypen a) durchmischter Reaktor, b) anaerobes Belevungsverfahren, c) UASB (Upflow Anaerobic Sludge Bed), d) Festbettreaktor e) Teilfestbettreaktor und f) Wirbelbettreaktor (SEYFRIED, 1986 in HUTTER, 1988).

3.3.2.2 Aufwärtsdurchströmtes anaerobes Schlammbett (UASB)

Die Reinigung im aufwärts durchströmten anaeroben Schlammbett kurz UASB- (Upflow Anaerobic Sludge Bed) Reaktor beruht auf bestimmten anaeroben Mikroorganismen, die sich zu so genannten Pellets (feste, schwere Flocken) zusammenballen. Auf diese Weise werden sehr gute Absetzeigenschaften erreicht, welche die Anreicherung von Biomasse im Reaktor fördern. Mikroorganismen, die diese Fähigkeit nicht besitzen, werden aus dem Reaktor ausgeschwemmt. Im Schlammbett sind dadurch organische Trockensubstanzgehalte von bis zu 90 kg/m^3 möglich. Der Abwasserzufluss erfolgt von unten (Upflow), im oberen Reaktorteil befindet sich ein Dreiphasenabscheider, der die Abführung des Biogases, die Beruhigung der Wasseroberfläche und die Abscheidung der aufgetriebenen Pellets bewirkt (MEYER et al., 2005). Den Recherchen von MEYER et al. (2005) zufolge haben sich bei Abwässern aus der Erfrischungsgetränkeindustrie zweistufige Anaerobanlagen (getrennte Vorversäuerung und Methanisierung) zur Vorbehandlung als auch in Kombination mit aeroben Verfahren zur Direkteinleitung bewährt. Zumeist wurden für die zweite Reinigungsstufe UASB- Reaktoren aber vereinzelt auch Festbett- und Wirbelbettreaktoren eingesetzt.

3.3.2.3 Expanded Granular Sludge Bed

Der kurz EGSB- (Expanded Granular Sludge Bed) Reaktor ist grundsätzlich ähnlich dem UASB- Reaktor gebaut, jedoch zeichnet sich der EGSB- Reaktor durch eine größere Reaktorhöhe und eine schlankere Bauform aus. Mit diesem Verfahren sind CSB-Raumbelastungen von 15-25 kgCSB/(m³*d) erreichbar. Normalbereich angeben, sonst passt das mit unten nicht zusammen Er wird deshalb auch als Hochleistungs- UASB bezeichnet (Abbildung 12).

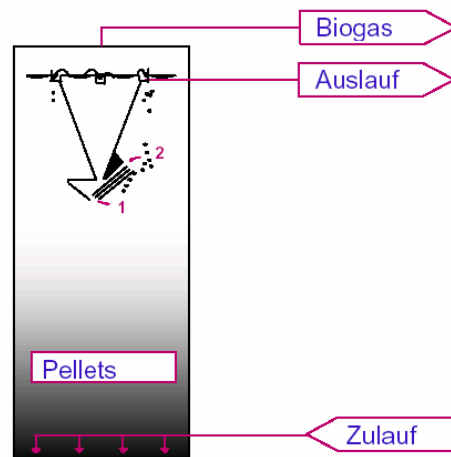


Abbildung 12 Darstellung eines EGSB, 1: Schlamm Wasser Trennzone; 2: Entgasungszone (BAIER und DELAVA, 2003).

3.3.2.4 Festbettreaktoren

Upflow Anaerobic Filter (UAF) Anlagen sind mit einem den Reaktor vollständig oder teilweise ausfüllenden Kunststofffüllkörper (Ringe oder Kugeln) ausgestattet, auf denen sich die Mikroorganismen ansiedeln können. Es handelt sich dabei um einen Festbettreaktor, bei dem im Gegensatz zum Belebungsverfahren die Biomasse auf Füllkörpern fest sitzt (Abbildung 13).

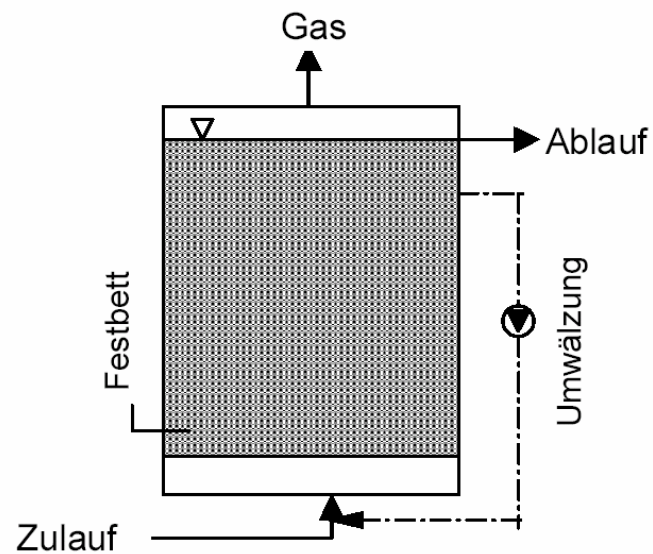


Abbildung 13 Darstellung eines UAF (BÖHNKE und SEYFRIED 1993 in SARSOOR, 2004).

3.4 Praxisbeispiele

In nachfolgender Tabelle (Tabelle 5) sind einige ausgewählte aerobe und anaerobe Behandlungsmöglichkeiten für Abwasser aus der Getränke- und Zuckerindustrie sowie aus Molkereien und deren Anlagenkennwerte zusammengestellt.

Tabelle 5 Zusammenstellung ausgewählter Behandlungsmöglichkeiten und deren Anlagenkennwerte.

Herkunft des Abwassers	Anlagentyp	CSB _{ZU} [mg/L]	TS [g/L]	B _{TS} [kgCSB/kgTS bzw oTS]	B _R [kgCSB/(m³*d)]	Reinigungs- leistung [%]	CSB _{AB} [mg/L]	CSB: BSB ₅	Größe [m³]	Quelle
<u>Anaerobe Verfahren</u>										
Fruchtsaft-Herstellung		bis 4000	40	0,1-0,2	10-17	> 80	k.a.	1,5	591	AUSTERMAN N-HAUN, ROSENWINK EL 1997
Bauerei	UASB	1700	k.a.	0,63	1,4-2	93-96	300	k.a.	1480	
Zucker		5000-2800.		0,52	4,4-9,6	80-90	250-500	k.a.	250-500	
Brauerei		2100	29,8 (oTS)	0,65	19,4	80-90	320			MEYER et.al. 2005
Fruchtsaft	EGSB	4300	30,4 (oTS)	0,40	25-15	80	850	k.a.	k.a.	
W-Stärke		4200	28,9 (oTS)	0,54	15,6	75	1080			
Zucker	anaerobe	8000-5000	25-21(oTS)	0,72-2,2	0,5-12	Ca. 95	300			KASAPGIL 2005
Molkerei	Belebung	11400	9,0 (oTS)	0,30	2,1	90	1000	k.a.	k.a.	
Molkerei	UAF	bis 6000	k.a.	k.a.	6	85	400	k.a.	Pilotanlage	
<u>Aerobe Verfahren</u>										
Getränkeherstellung und Abfüllung	MBR	2300	5,2-26	0,35	bis 8	ca. 95	< 80	1,3	Pilotanlage	Scholz 1998
Getränkeherstellung und Abfüllung	NF/UO	4000- 24000	-	-	k.a.	85	500-2300	k.a.	Pilotanlage	SCHORIES 1999
Molkerei		720 (B _d)			19,5	> 90	5000		37	HALDENWA NG 2001
Futtermittelproduktion	Rieselstrom Reaktor	450	k.a.	k.a.	17	80	2000	k.a.	27	
Brauerei		150			4	90	1000		37	
Getränkeherstellung und Abfüllung	Selektor und Belebungsanlage	2000	3,1-4,6	0,18-0,08	20 0,8	90	k.a. Vorbehandlung	1,4	250 6000	WENGER- OEHN 2005
Molkerei		1900-4000	1,5-10	0,1-1,4	k.a.	90-99	50-250	0,5	bis 30000 EGW	EKKERLEIN 2001
Brauerei	SBR	1600-200	3,5-5	0,12-0,17	0,38-0,53	99	40-200	1,5	bis 33000 EGW	

3.4.1 *Belebungsverfahren in der Getränkeindustrie*

SBR- Anlagen eignen sich sehr gut für Abwässer aus der Lebensmittelindustrie, da mit dem Verfahren auf die dort herrschenden Randbedingungen mit leicht abbaubaren Substraten und diskontinuierlichem Abwasseranfall mit starken Konzentrationsschwankungen optimal eingegangen werden kann. EKKERLEIN (2001) beschreibt verschiedene Milch verarbeitende Betriebe und Brauereien in Bayern, welche die SBR- Technologie mit Erfolg einsetzen. So wurden die Abwässer aus Molkereien, welche CSB- Belastungen von 1900 bis 4000 mg/L aufwiesen, bis zu einer Ablaufkonzentration von 30 mgCSB/L gereinigt. Die SBR- Anlagen wurden dabei mit einer Schlammbelastung von 0,1 bis 1,4 kgCSB/(kgTS*d) betrieben, der Trockensubstanzgehalt betrug 1,5 bis 10 g/L. Durch die unterschiedliche Zusammensetzung der Prozessabwässer traten bei Molkereiabwässern Schlammindizes bis 130 ml/g auf. Die Abwässer aus den Brauereien, die eine CSB- Belastung von 1600 bis 2000 mg/L aufwiesen, wurden in SBR-Anlagen bei Schlammbelastungen von 0,12 bis 0,17 kgBSB₅/(kgTS) gereinigt. Die CSB- Elimination lag dabei bei mindestens 90 %.

WENGER-OEHN et al. (2005) stellen die Erfahrungen aus 2 Jahren Anlagenbetrieb, einer Belebungsanlage zur Reinigung der Abwässer aus der Getränkeindustrie, vor. Der tägliche Abwasseranfall belief sich auf 2500 m³/d mit einer CSB-Konzentration von ca. 2000 mg/L. Das auf 1 mm Siebweite vorgeseiebte Abwasser wurde über einen belüfteten Selektor (hoch belastete Kontaktstufe) in ein Rundbecken eingeleitet. Dieses wurde als schwach belastete Belebungsanlage das heißt, dass aufgrund der geringen Schlammbelastung ein größeres Beckenvolumen nötig ist betrieben. Aufgrund des zur Blähschlamm Bildung neigenden Abwassers wurde für die Biomasseabscheidung das Verfahren einer Druck- Entspannungsflotation gewählt. Dabei wurde dem belebtem Schlamm in einem der Belebung nachgeschalteten Becken ein druckbeaufschlagtes (5 - 7 bar) Luft-Wasser-Gemisch beigemischt. Durch die Entspannung des Gemisches, das im Zulauf durch Injektionsdüsen eingebracht wurde, entstanden Mikrobläschen, die Auftrieb erzeugten. Gleichzeitig wurde eine Entwässerung des belebten Schlamms auf ca. 2,8 bis 3,6 Prozent TS erzielt (Schema, Abbildung 14). Dieses Verfahren konnte erfolgreich für die Reinigung des Abwassers zur Direkteinleitung eingesetzt werden.

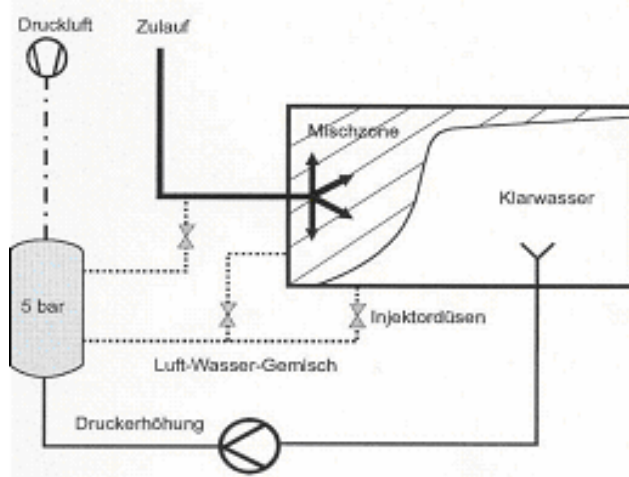


Abbildung 14 Schema der Druck- Entspannungsflotation.

3.4.2 Membranbioreaktoren in der Getränkeindustrie

SCHOLZ (1998) führte Untersuchungen im Klein- und Technikummaßstab mit Membranbioreaktoren (Abbildung 15) durch. Es erfolgte die Behandlung von Abwässern aus der Getränkeindustrie, die Direkteinleiterqualität erreichen sollten. Das Abwasser resultierte aus der Produktion, der Abfüllung und der Flaschenreinigung und wies CSB-Konzentrationen von durchschnittlich 2300 mg/L bei einem Volumenstrom von 666 m³/d auf. Die Biomassekonzentrationen im Membranbioreaktor lagen im Bereich von 5,5 g/L bis 26g/L. Bei einer Raumbelastung von 5,2 kgCSB/(m³*d) und einer Schlammbelastung von 0,35 kgCSB/(kgTS*d) konnte im Durchschnitt eine CSB- Abbaueffizienz von 95 % erreicht werden. Ein weiterer Vorteil von Membranbioreaktoren ist der vollständige Rückhalt von absetz- und abfiltrierbaren Stoffen durch die Membran. Auch hohe Zulaufmengen und Schwankungen der Zulaufmengen beeinträchtigen nach SCHOLZ (1998) die Effizienz des Systems kaum. Verglichen mit konventionellen Anlagen resultiert beim Membranbioreaktorverfahren ein um den Faktor 8 geringerer Wassergehalt des belebten Schlammes. Es ist somit mit einer deutlichen Reduktion von Energiekosten bei der Schlammbehandlung zu rechnen.

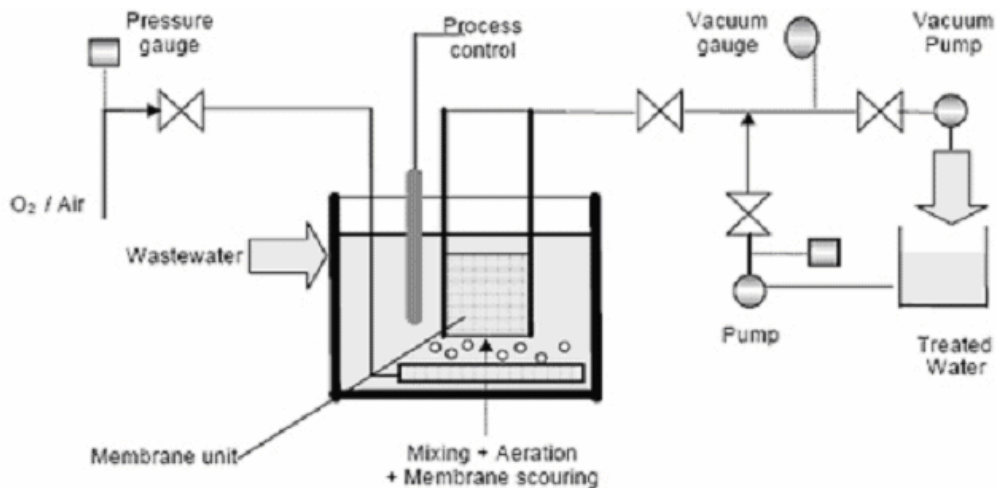


Abbildung 15 Schematische Darstellung eines Membranbioreaktors (Fa. 3rtechnology, 2007).

Membranverfahren werden, neben der Aufbereitung von Abwasser, auch erfolgreich zur Wertstoffrückgewinnung bei organisch hoch belasteten Abwässern angewendet.

SCHORIES (1999) untersuchte eine Anwendung dessen Ziel die Verwertung organisch hochbelasteter Produktionsreststoffe und Abwasserteilströme aus der Erfrischungsgetränkeindustrie ist. Das Konzentrat dient als externe Kohlenstoffquelle für die Denitrifikation in kommunalen Kläranlagen. In fünf Versuchsanlagen im halbtechnischen Maßstab wurde die Aufkonzentrierung des für die Denitrifikation nötigen Kohlenstoffes mittels Nanofiltrations- und Umkehrosmosemembranen untersucht. Bei Konzentrationen des gesamten Kohlenstoffes (TC) im Konzentrat von ca. 4000 bis 24000 mg/L konnten TC-Konzentrationen im Permeat von unter 500 bis ca. 2300 mg/L erreicht werden. Durchschnittlich wurde eine Reinigungseffizienz des gesamten Kohlenstoffes (TC) von mindestens 85 % erreicht.

3.4.3 Anaerobverfahren in der Getränkeindustrie

AUSTERMANN-HAUN und ROSENWINKEL (1997) untersuchten die Vorbehandlung der Abwässer eines deutschen Fruchtsaftherstellers. Im Betrieb fallen abhängig von der Saison (Kampagne) Abwässer mit CSB-Konzentrationen von 400 bis zu 2000 mg/L an, die mit einer 2-stufigen Anaerobanlage, wovon die 2. Stufe als UASB ausgebildet ist, gereinigt werden. Die CSB-Abbauleistung lag im Durchschnitt bei 85 %. Während der Kampagne wurde die Anlage mit einer Schlammbelastung von 0,1 bis 0,2 kgCSB/(kgTS*d) betrieben, der Trockensubstanzgehalt lag dabei bei bis zu 40 kgTS/m³.

In Abhängigkeit von der Abwasserzusammensetzung und der Konzentration sind CSB-Raumbelastungen von 4 – 15 kg/(m³*d) möglich, UASB- Anlagen (Kap.

3.3.2.2) werden dabei meist mit Schlammbelastungen im Bereich von 0,2 – 0,6 kgCSB/(kg oTS*d) betrieben. Liegt jedoch leicht abbaubares Abwasser oder eine nahezu vollständige Vorversäuerung vor, können auch höhere Werte erreicht werden (MEYER et al. 2005).

MEYER et al. (2005) untersuchten die Anwendung des EGSB- Verfahrens (Kap. 3.3.2.3) in einem fruchtsaftherstellenden Betrieb in Deutschland. In dem Betrieb fielen täglich bis zu 3500 m³ Abwasser mit einer Belastung von ca. 4000 mgCSB/L an. Mit einer zweistufigen anaeroben Reinigung (Vorversäuerung und EGSB) wurde durchschnittlich 83 % der CSB- Belastung reduziert.

KASAPGIL et al. (1994) führten Untersuchungen mit Upflow Anaerobic Filter Anlagen (UAF) zur Vorreinigung von Molkereiabwässern durch. Bei dem mit bis zu 6000 mgCSB/L belasteten Abwasser konnten im Durchschnitt 85 % des CSB abgebaut werden, die Anlage wurde dabei mit einer Raumbelastung von ca. 6 kgCSB/m³ betrieben.

4. Material und Methoden

4.1 Voruntersuchung und Verfahrensauswahl

Es existieren zahlreiche Untersuchungen die Produktionsverfahren und die Abwasserzusammensetzung getränkeherstellender und -abfüllender Betriebe betreffend. In der Literatur finden sich dabei starke Unterschiede bezüglich der Quantität und Qualität, da schon geringe Änderungen in der Produktion oder in der Anwendung der Reinigungsmittel zu andersgearteten Ergebnissen führen können. Vor der Planung einer Betriebskläranlage sowie vor Einleitung in eine kommunale Kläranlage sind deshalb in jedem Betrieb eingehende Untersuchungen des Abwassers und dessen Herkunft nötig (vgl. Kap. 1.3).

Aufgrund der Untersuchung der Betriebsabwässer durch eine akkreditierte Prüfstelle für technische Chemie im Oktober 2000 zur Bestimmung der Hemmung des Sauerstoffverbrauches des Belebtschlammes, durchgeführt nach EN 28192 und der Durchführung eines Abbautests mit Belebtschlamm durch ein Büro für technische Chemie nach ÖNORM EN 25667 Teil 1 und 2 und ÖWWV Regelblatt 6, konnte nach vorangegangener Neutralisation und Nährstoffzugabe (Stickstoff und Phosphor) eindeutig nachgewiesen werden, dass die betrieblichen Abwässer sehr gut biologisch abbaubar sind. Toxische oder den Abbau hemmende Stoffe wie Tenside, freies Chlor oder AOX konnten bei Untersuchungen, durchgeführt durch die oben genannten Prüflabors nach EN 28192, nur in nicht relevantem Maße nachgewiesen werden. Eine Reinigung durch biologische Verfahren wurde deshalb als zweckmäßig erachtet. Weiters wurde das Verhältnis der Parameter CSB nach DIN ISO 15705 H45 und BSB₅ nach DIN EN 1899-1 H51 analysiert. Sie wiesen ein Verhältnis von 1,2 bis 2,8 auf. Da die Messungen im Mittel ein Verhältnis von 2 ergaben, wurde dieses als Grundlage bei Berechnungen eingesetzt.

Der Vorteil anaerober Abwasserreinigungsverfahren liegt im Gewinn von Methangas und dem, verglichen zu den aeroben Verfahren, geringeren Überschussschlammanfall. Etwa 80 % des bei der anaeroben Behandlung anfallenden Gases ($0,44 \text{ m}^3\text{Gas/kgCSB}_{\text{eliminiert}}$) entfallen auf Methan (AUSTERMANN und ROSENWINKEL, 2000). In tropischen Klimaten werden kleine Anaerobanlagen mit hauseigenen Abwässern und Gülle betrieben. Die Plug-Flow-Reaktoren, die nicht geheizt und nicht gerührt werden erzeugen genug Energie um die Bedürfnisse von Strom und Gas in Haushalten zu decken (LANSING et al., 2007).

Bei kleineren und mittleren Betrieben in Europa hingegen ist eine Energienutzung aufgrund der hohen erforderlichen Prozesstemperaturen nicht wirtschaftlich. Eine anaerobe Reinigung der betrieblichen Abwässer wurde aufgrund der starken Konzentrationsschwankungen, des geringen Volumenstromes von nur ca. $11 \text{ m}^3/\text{d}$

und der damit verbundenen geringen Gasausbeute nicht in Betracht gezogen. Aufgrund der oben genannten Vorteile (Kap. 3.4.1) hinsichtlich Flexibilität der Betriebsführung hat man sich für die Installation eines Sequencing Batch Reactors (SBR) entschieden. Dieses System zeichnet sich durch seinen einfachen Betrieb und seine geringe Sensibilität gegenüber Stoßbelastungen und seiner Kompaktheit aus.

4.2 Behördliche Vorgaben

Die Einleitung der in einem Getränke herstellenden Betrieb anfallenden Abwässer in die öffentliche Kanalisation unterliegt der Indirekteinleiterverordnung und beruht derzeit auf einem Bescheid aus dem Jahre 1991. Dieser Bescheid beinhaltet die wasserrechtliche Bewilligung zur Errichtung und zum Betrieb einer Abwasserbehandlungsanlage, sowie die Einleitung neutralisierter Betriebsabwässer im Ausmaß von max. 80 m³/d bzw. 13 m³/h in die öffentliche Schmutzwasserkanalisation. Die Gültigkeit des Bescheides beschränkt sich auf die Dauer von 30 Jahren. 2001 hat der Getränkehersteller mit dem Abwasserverband einen Entsorgungsvertrag über die Zustimmung zur Einleitung der Betriebsabwässer im in Tabelle 6 folgenden Ausmaß abgeschlossen.

Tabelle 6 Parameter laut behördlichem Bescheid für die Einleitung in die öffentliche Kläranlage.

Grenzwerte für die Einleitung	Wert	Bemerkungen
Maximale Abwassermenge:	10m ³ /d	
Temperatur:	35 °C	
Absetzbare Stoffe:	10 mL/L	
pH-Wert:	6,0-9,5	
Ges. geb. N:	0,5 kg/d	
Pges:	0,5 kg/d	
CSB:	60 kg/d	das entspricht bei einer anfallenden Abwassermenge von 10 m ³ /d einer CSB-Konzentration von 6000 mg/l
BSB ₅ :	40 kg/d	

Derzeit wird das im Betrieb anfallende Abwasser jedoch ohne jegliche Vorbehandlung der öffentlichen Schmutzwasserkanalisation zugeführt. Die dabei auftretenden CSB-Frachten können Werte von bis zu 375 kg/d bei einem Wasseranfall von ca. 15 m³/d erreichen und überschreiten somit die vereinbarten CSB-Frachten erheblich. Aufgrund der einseitigen Zusammensetzung des Abwassers finden sich in der Belebungsanlage der kommunalen Kläranlage teilweise fadenförmige Bakterien, welche die Absetzbarkeit erheblich verschlechtern können. Da das anfallende Abwasser ohne Neutralisation eingeleitet wird und meist Werte unter pH 5 aufweist, kann es durch Absenkungen in der Belegung der kommunalen Kläranlage zu Betriebsproblemen

kommen, der Kläranlagenbetrieb ist jedoch durch diese Einleitung nicht erheblich gestört. Aufgrund der resultierenden hohen, weil Fracht bezogenen, Kosten wird eine individuelle Lösung in Betracht gezogen.

Im Gegensatz zu Abwässern aus Haushalten existieren für industrielle Abwässer wegen der Unterschiedlichkeit in ihrer Zusammensetzung keine einheitlichen Regelwerke für ihre Bemessung. Zumeist muss aufgrund der Anwendung verschiedener Reinigungsmittel und der Inhaltsstoffe des Produktes die Abbaubarkeit zunächst in einem Laborversuch nachgewiesen werden. Nach der Durchführungen von Abbautests durch autorisierte Prüflabors wurde von der Behörde zusätzlich der Betrieb einer Versuchskläranlage im halbertechnischen Maßstab über einen Zeitraum von 6 Monaten vorgeschrieben. Über diesen Zeitraum sollten die Parameter für die Anlagendimensionierung und der Bedarf an Nährstoffen (N und P), sowie der Bedarf an Neutralisationsmittel ermittelt werden. Die Reinigung (Vorreinigung) des Rohabwassers sollte im Idealfall bis zu einer CSB-Ablaufkonzentration von ca. 1000 mg/L erfolgen, anschließend wird das teil gereinigte Abwasser in die öffentliche Schmutzwasserkanalisation eingeleitet. Die angestrebte Ablaufkonzentration von 1000 mgCSB/L resultiert aus wirtschaftlichen Überlegungen. Der Gehalt an AFS im teil gereinigten Abwasser darf 150 mg/L nicht überschreiten, außer der Abwasserverband (AWV) lässt nach einer schriftlichen Zustimmung einen höheren Gehalt zu.

4.3 Abwasseranfall / Abwasserzusammensetzung

Der Ablauf des Produktionsprozesses wurde im Zuge des Versuchsbetriebes und aus einem amtlichen Bericht die betriebliche Abwasserentsorgung betreffend ermittelt.

Der gesamte tägliche Abwasseranfall wurde durch Ablesungen der magnetisch induktiven Durchflussmessung ermittelt.

Die Abwasserzusammensetzung wurde, sofern sie nicht aus den eigenen Erhebungen hervorging, den bereits durchgeführten Abwasserprüfungen der akkreditierten Prüflabors entnommen.

4.4 Anlagenbetrieb

Der Ablauf des Produktionsprozesses wurde im Zuge des Versuchsbetriebes vor Ort besichtigt und einem amtlichen Bericht über die betriebliche Abwasserentsorgung entnommen. Der tägliche Abwasseranfall wurde den betrieblichen Aufzeichnungen der Durchflussmessung entnommen und während dem Versuchsbetrieb täglich an der Messstelle abgelesen.

Neben den bereits oben erwähnten Ergebnissen der Abwasserzusammensetzung aus der Voruntersuchung wurde die Rohabwasserzusammensetzung entsprechend der in Kap. 4.8.1 angeführten Analytik festgestellt.

4.5 Aufbau der Versuchsanlage

Für den Versuchsbetrieb wurde eine SBR Kleinkläranlage Type PURACHRON-10B® der Firma PURATOR für 10 EW verwendet. Nach der Systembeschreibung der Firma PURATOR weist die Anlage die in Tabelle 7 angeführten Abmessungen auf. Der Funktionsschnitt der SBR-Anlage ist in Abbildung 16 dargestellt.

Tabelle 7 Eckdaten der Versuchskläranlage (PURACHRON-10B®).

Anlagendaten SBR	Dimension	
Nutzvolumen BB	3,42	m³
Aufstauvolumen BB	0,83	m³
Nützinhalt ÜSS-Speicher	1,78	m³
Höhe	2,5	m
Innendurchmesser	2	m
Gesamtgewicht	8,9	t

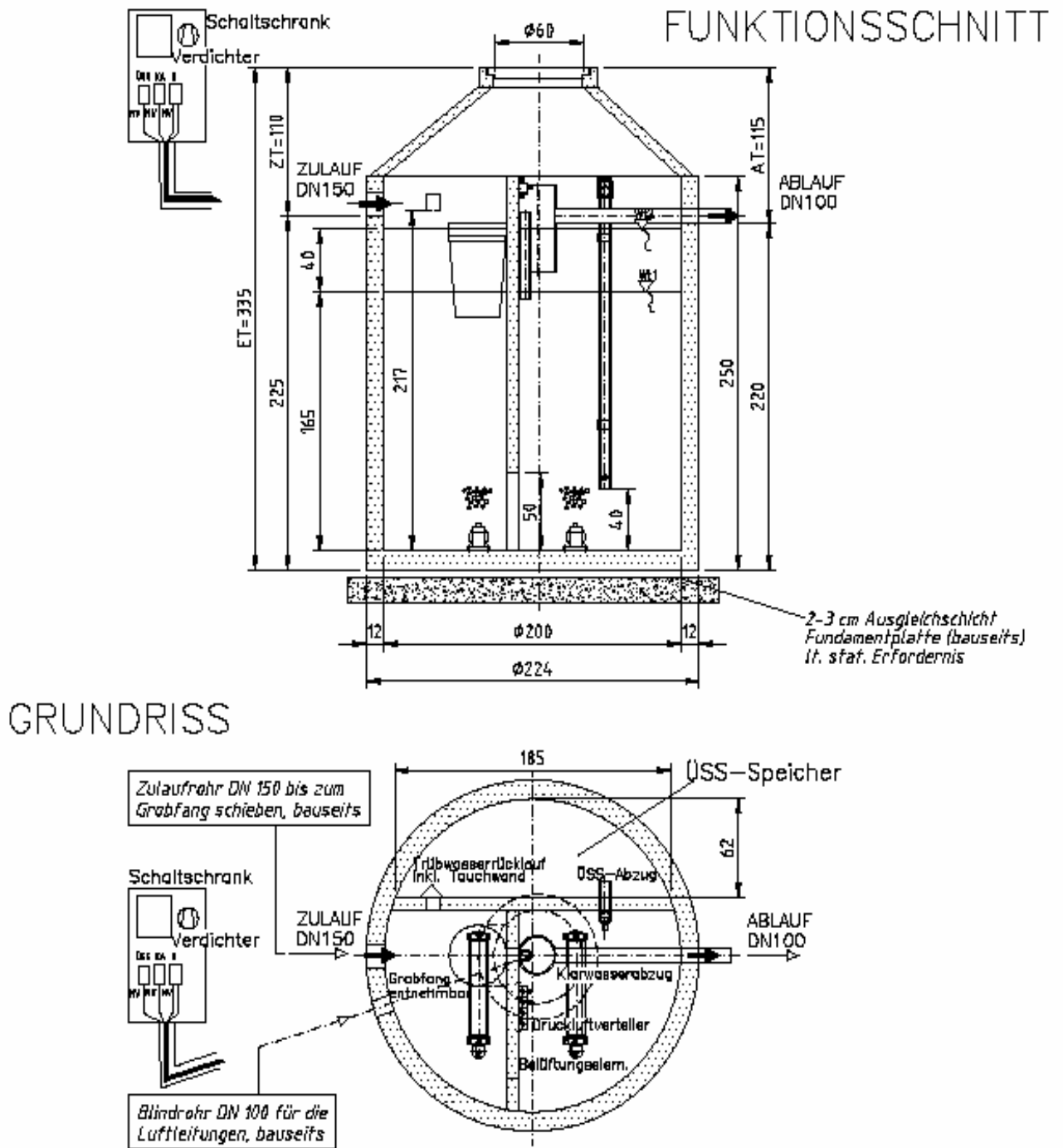


Abbildung 16 Funktionsschnitt und Grundriss der SBR-Anlage PURACHRON-10B® (Fa. Purator, 2006).

4.6 Integration der Versuchskläranlage in das Abwassersystem

Wie aus dem Anlagenschema in Abbildung 17 ersichtlich, wurden die anfallenden Abwässer im unterirdischen Sammelbehälter (UISB) bis zu einem Volumen von ca. 10m³ gesammelt und bei Erreichen dieses Pegelstandes mittels einer Schmutzwasserpumpe, geregelt durch einen Schwimmer, als Batch der kommunalen

Kläranlage (KKA) zugeführt. Aus dem UISB wurde stündlich ein definierter Abwasserteilstrom (je nach Beschickung der Versuchskläranlage) in den Vorlagebehälter gepumpt (P3). Die Auslösung der Pumpe erfolgte über eine Zeitschaltuhr (Z1). Dieser der Belegung vor geschaltete Vorlagebehälter diente der Entnahme der 6-24 h Mischprobe (je nach Betriebseinstellung), der Dosierung der nötigen Nährstoffe und der Neutralisation. In der Vorlage wurde der pH-Wert kontinuierlich gemessen. Bei Absinken unter den Sollwert von pH 7,0 wurde dieser über eine Natronlauge - Dosierung (R1) eingestellt. Die Durchmischung der Vorlage erfolgte durch eine grobblasige, intermittierende Belüftungseinrichtung (G1, Abbildung 17), die durch eine Zeitschaltuhr gesteuert wurde. Phosphor (P) wurde als Diammoniumphosphat oder Phosphorsäure und Stickstoff (N) als Harnstoff in einem 200L Tank gelöst und kurz bevor die Versuchskläranlage (VKA) mit dem Abwasserteilstrom beschickt wurde mit einer über eine Zeitschaltuhr gesteuerten Dosierpumpe (Z2) der Vorlage zudosiert. Die Beschickung der VKA erfolgte zwei- bis viermal am Tag mit einer über eine Zeitschaltuhr gesteuerten Schmutzwasserpumpe. Nach erfolgter Teilreinigung wurde das Abwasser über einen weiteren Rohrstrang der KKA zugeführt. Die Probenahme der einzelnen Teilströme erfolgte entweder im UISB (PN1) für das Rohabwasser, in der Vorlage (PN2) zur Beprobung des Kläranlagenzulaufes oder in der VKA (PN3) zur Analyse des Kläranlagenablaufes und des Belebtschlammes (Tabelle 8 und Tabelle 9) Im Verlauf des Versuchsbetriebes wurde in der Vorlage eine CSB-Sonde (CSB) und in der VKA eine Sauerstoffsonde (O₂) installiert (Abbildung 17).

Tabelle 8 Beschreibung der verwendeten Behälter und der Probenahmestellen.

Behälter Abbildung 17	Volumen [m³]	Probennahme und Analyse	stationäres Messgerät
1 Unterirdischer. Sammelbehälter (UISB)	12	Rohabwasser	IDM
2 Vorlage	0,4	Zulauf	pH- und CSB-Sonde
3 Versuchskläranlage (VKA)	4,2	Ablauf	Sauerstoffsonde

Tabelle 9 Beschreibung der verwendeten Pumpen, Gebläse. Mess-, Regel- und Aufzeichnungseinheiten.

Bezeichnung, Abbildung 17	Type	Firma	Netzanschluss [V]	Leistung [W]	Fördermenge Q _{max} , [L/h]	Förderhöhe H _{max} [m]
P1	SDP 7000	Kärcher	230	320	7000	6
P2	SMP 410/1-S	Einhell	230	350	7000	5
P3	SMP 450/1-S	Einhell	230	500	9000	7,5
p1	beta/4	Prominent	230	17	1,2	3,5
p2	beta/4	Prominent	230	17	1,2	3,5
Bezeichnung, Abbildung 17	Type	Firma	Netzanschluss [V]	Leistung [W]	Druck [bar]	Förderstrom Q _{Lmax} [L/min]
G1	LP-120H	Yasunaga	230	130	2	120
G2	DT 4.10	Becker	230	370	1	167
Bezeichnung, Abbildung 17	Type	Messbereich	Sonde	Firma		
CSB	multi::lyser™	200-400 nm		s::can®.		
O ₂	OXI 430	0,00 - 19,99 mg/L		WTW		
pH	DULCOTEST® PHER	pH 1-12		Pro:minent		
Bezeichnung, Abbildung 17	Type	Firma				
R1	DULCOMETER D1C	Prominent				
R2	SCHORLI	GF-TEC				
PC	con::stat	S:CAN				
Bezeichnung, Abbildung 17	Type	Firma	Reaktionszeit			
Z1	Sebstbauset	Berger	1 min			
Z2	Selbstbauset	Berger	1 min			
Z3	Timeday	Rev	15 min			

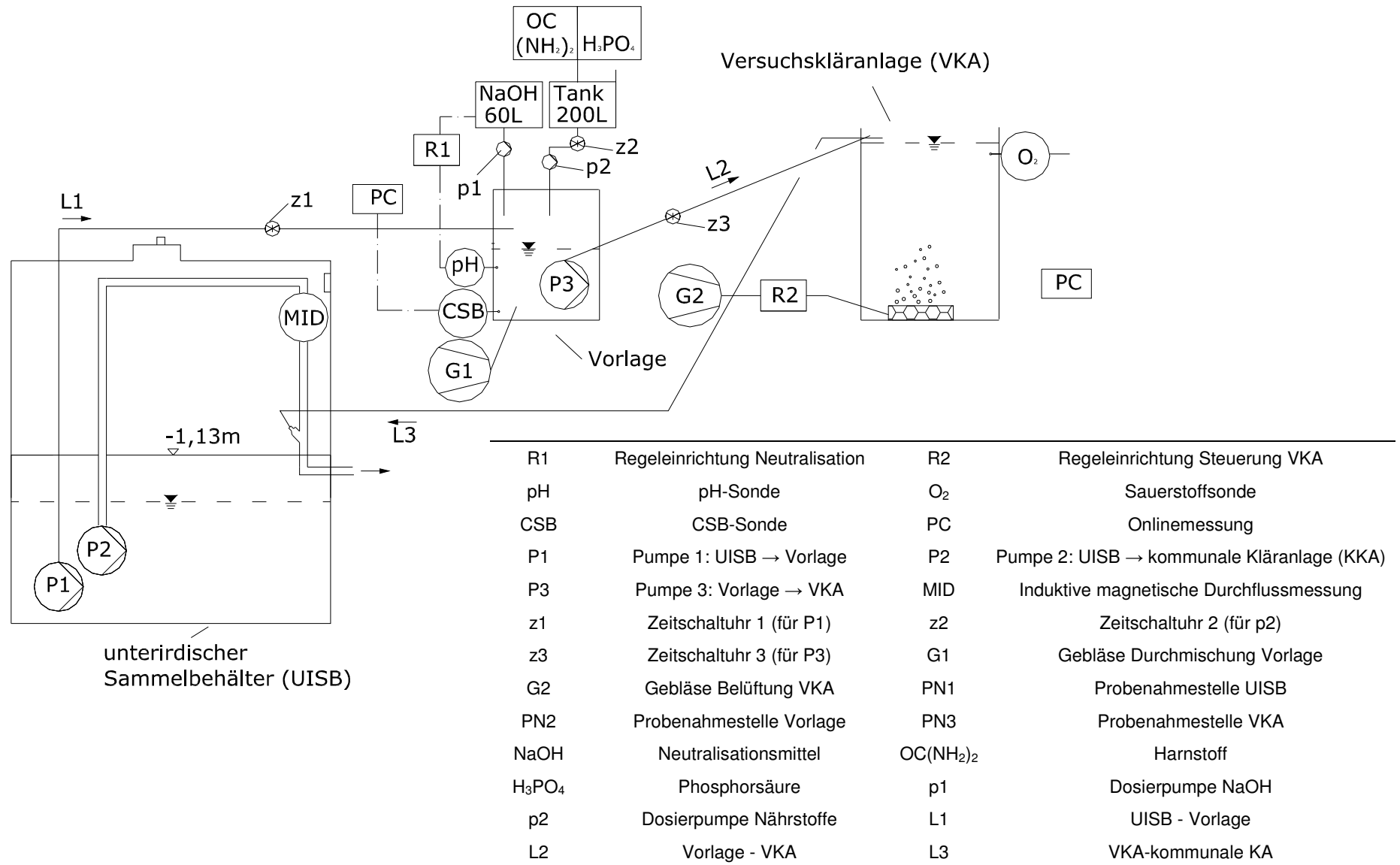


Abbildung 17 Anlagenschema der Versuchsanlage.

4.7 Probenahme

Die Probenentnahme des zu analysierenden Abwassers erfolgte mittels Probenehmer mit Stiel und der Entnahme von jeweils einem Liter (Probenahmestellen Tabelle 8 und Abbildung 17). Die Proben wurden in 1 Liter Kunststoff- oder Glasgebinden abgefüllt und in einer Kühlbox zum Labor transportiert. Da die Analyse maximal zwei Stunden nach der Entnahme erfolgte, wurden die Proben nicht stabilisiert. War es jedoch nötig die Proben über einen Zeitraum von mehreren Stunden zwischen zu lagern, wurden der Zu- und Ablauf mit Schwefelsäure angesäuert. Der für die mikroskopischen Schlammanalysen und zur Bestimmung der Trockensubstanz entnommene Belebtschlamm wurde nicht stabilisiert. Er wurde immer bis maximal zwei Stunden nach der Probenahme analysiert.

Das unbehandelte und nicht neutralisierte Rohabwasser wurde stichprobenartig aus dem ca. 10 m³ großen unterirdischen Sammelbehälter entnommen. Die Probenahme des Kläranlagenzulaufes erfolgte je nach Intervalldauer aus einer bereits neutralisierten 6-12h Mischprobe (je nach Betriebseinstellungen) aus dem Vorlagebehälter, der aus dem unterirdischen Sammelbehälter stündlich beschickt wurde. Der Kläranlagenzulauf wurde jeweils 1 bis ½ h vor Beschickung der Kläranlage entnommen. Für die Analyse des Trockensubstanzgehaltes und der mikroskopischen Schlammuntersuchungen wurde der Belebtschlamm aus dem Belebungsbecken (BB) jeweils kurz vor Beginn der Absetzphase entnommen. Die Probeentnahme des Ablaufes aus dem BB erfolgte nach Einhaltung einer Absetzzeit von mindestens einer halben Stunde. Um genaue Informationen über die Anlagenleistung hinsichtlich Abbauergebnisses zu erhalten, wurden die Zu- und Ablaufproben korrespondierend entnommen.

4.8 Analytik

4.8.1 Laboranalytik

Die Parameter chemischer Sauerstoffbedarf (CSB), Gesamtphosphor (P_{ges}) und Ammoniumstickstoff (NH₄-N) wurden gemäß Vorgaben seitens der Behörde jeweils für den Zu - und Ablauf und den Rohabwasserstrom ermittelt (Probenahmestellen siehe Tabelle 8 und Abbildung 17). Für die Bestimmung der CSB-Konzentration im Kläranlagenablauf mussten die Proben aufgrund der teilweise hohen Konzentrationen an AFS filtriert werden. Die Bestimmung erfolgte photometrisch mittels Küvettentests der Fa. LANGE. Die abfiltrierbaren Stoffe (AFS) wurden durch Filtration und Ausglühen bei 105 °C für den Kläranlagenablauf

bestimmt. Zur Kontrolle der Messergebnisse wurden zweimal Referenzmessungen an der Universität für Bodenkultur durchgeführt. Der Glühverlust wurde zur Abschätzung des CSB in den AFS des Kläranlagenablaufes in vereinzelten Messungen im Zeitraum von Juni bis Oktober ermittelt.

Die Messparameter des Belebtschlammes beinhalteten die Bestimmung des Schlammvolumens (SV), des Trockensubstanzgehaltes (TS) und des Schlammindex (ISV). Außerdem wurden mikroskopische Schlammanalysen über den gesamten Versuchsverlauf durchgeführt. Der Glühverlust wurde zur Abschätzung des CSB des Belebtschlammes in den Monaten August und September ermittelt. Das Schlammalter (t_{TS}) wurde mit Mittelwerten über den Versuchsverlauf, mit den aus der ATV-DVWK (2003) und der ATV-M210 stammenden Formeln, bestimmt.

Zuerst berechnet sich die mittlere Verweilzeit, welche aus dem Verhältnis der Masse an Schlamm im Belebungsbecken und der täglichen abgezogenen Masse an Überschussschlamm resultiert (ATV-DVWK-LF2-5, 2003).

$$t_{TS} = \frac{V_{BB} * TS_{BB}}{Q\ddot{U}_{sd} * TS_{\ddot{U}S} + Q_d * X_{TSAB}} \quad [d]$$

Für Belebungsanlagen im Aufstaubetrieb wird das t_{TS} nur auf jenen Teil der Schlammverweilzeit bezogen in der tatsächlich biologische Reaktionen ablaufen, nämlich in der Reaktionsphase t_R (ATV-DVWK-M210, 2004):

$$t_{TS} = \theta_x * \frac{t_R}{t_Z} \quad [d]$$

Nomenklatur	Bezeichnung
V_{BB} [m ³]	Volumen Belebungsbecken
TS_{BB} [g/L]	Trockensubstanzgehalt im Belebungsbecken
$Q\ddot{U}_{sd}$ [L/d]	Abzug Überschussschlamm pro Tag
$TS_{\ddot{U}S}$ [g/L]	Trockensubstanzgehalt im Überschussschlamm
Q_d [L/d]	Dem Belebungsbecken täglich zugeführte Abwassermenge
X_{TSAB} [g/L]	Abfiltrierbare Stoffe im Ablauf des Belebungsbeckens

Um eine Abbau hemmende Wirkung durch anionischer Tenside ausschließen zu können, wurde dieser Parameter stichprobenartig jeweils im Zu- und Ablauf an verschiedenen Tagen bestimmt. Diese Proben von jeweils einem Liter Zulauf und Ablauf wurden in 1 L Kunststoffgebinden mit Schwefelsäure 96 % angesäuert und am Tag der Probenahme in einer Kühlbox (Temperatur 4-6°C) dem Labor für Siedlungswasserwirtschaft der Universität für Bodenkultur zur Analyse übergeben. Die Konzentrationsbestimmung erfolgte mittels HPLC (High Performance Liquid Chromatography).

Zur Sicherstellung der Richtigkeit bezüglich der Messung der CSB-Konzentrationen wurde der Parameter freies Chlor im Ablauf stichprobenartig bestimmt. Die Beprobung erfolgte am 16.10.2006 mit einem Test der Type Aquaquant® 1.14434.0001. Die Analyse wurde unmittelbar nach der Probeentnahme durchgeführt.

Die mikroskopischen Analysen des belebten Schlammes wurden in regelmäßigen Abständen im Doppelversuch durchgeführt. Die Probenahme erfolgte wie in Kap. 4.7 beschrieben, die Analyse wurde spätestens 3-4 h nach der Probeentnahme durchgeführt und die Probe bis zu diesem Zeitpunkt gekühlt gelagert. Die Analyse wurde in Anlehnung an EIKELBOOM und VAN BUIJSEN (1992) durchgeführt, die Dokumentation und Auswertung (Häufigkeiten der Mikroorganismen) orientierte sich an den Vorgaben des BLW (1999), Formblatt zur Auswertung, Tabelle 11.

Eine Zusammenstellung der angewendeten Analysemethoden ist Tabelle 10 zu entnehmen. Die angewendeten Verfahren entsprechen den gültigen DIN und den Internationalen Normentwürfen ISO/DIS.

Tabelle 10 Zusammenstellung der durchgeführten Analysen des Zu- und Ablaufes und des Belebtschlammes.

Parameter	Verfahren- Bezeichnung / Referenz	Messbereich	Probenahmestellen analog 0	Häufigkeit der Beprobung
PO ₄ -P	LCK 348	0.5-5 [mg/L]	PN 2 und PN 3	3-4x wöchentlich
	LCK 350	2-20 [mg/L]		
NH ₄ -N	LCK 303	2-47 [mg/L]	PN 2 und PN 3	3-4x wöchentlich
	LCK 304	0.015-2 [mg/L]		
CSB	LCK 314	15-150 [mg/L]	PN 1, PN 2 und PN	3-4x wöchentlich
	LCK 114	150-1000 [mg/L]		
NO ₃ -N	LCK 340	5-35 [mg/L]	PN 2 und PN 3	1x wöchentlich
	LCK 339	[mg/L]		
TS	Trockenschrank DIN 38414 S2		PN 3	2x wöchentlich
SV	Absetztrichter DIN 38414 S10		PN 3	2x wöchentlich
ISV	Berechnung aus TS und ISV DIN 38414 S10		PN 3	2x wöchentlich
AFS	Trockenschrank DIN 38414 S2		PN 3	3-4x wöchentlich
Glühverlust / oTS	Glühofen		PN 3	2x wöchentlich
	DIN 38409 H 1-3 DIN 38409 H 2-2			
Tenside	HPLC		PN 2 und PN 3	Stichprobe
freies Chlor	Aquaquant® 1.14434.0001	0-0,3 [mg/L]	PN 3	Stichprobe
	DIN 38408 Teil 4 ISO/DIS 7393			

Tabelle 11 Formblatt für die mikroskopische Schlammuntersuchung in Anlehnung an die Formblätter des BLW (1999).

Mikroskopische Analyse						
Datum:		Uhrzeit:		Intervallende:		
Geruch:	Farbe:	Morphologie:				
Festgestellte Organismen		H/F/V	Befund			Auffälligkeit und Bemerkungen
Bakterien			1	2	3	
Gesamtfädigkeit:		F		/	/	
		F V		/	/	
		F V		/	/	
		F V		/	/	
Festsitzende Einzeller						
		H		/	/	
		H		/	/	
		H		/	/	
Freischwimmende Einzeller						
		H V		/	/	
		H V		/	/	
		H V		/	/	
Mehrzeller						
		H		/	/	
		H		/	/	
		H F		/	/	
Häufigkeit H:	1: 1-5 Organismen; 2: 5-10 Organismen; 3: >10 Organismen (Wimpertiere, Amöben, Algen)					
Fädigkeit F:	0: selten; 1: gering; 2: mäßig; 3: stark 4: sehr (Fadenförmige Bakterien, Pilzfäden) stark					
Vorkommen V:	1: einzelne; 2: einige; 3: häufig 4: massenhaft (freie Bakterien, Spirillen, Spirochäten, Zoogloen, Geißeltiere)					

4.8.2 Online - Messungen

Am 18. September wurde die Online- Messung für die Parameter Sauerstoff (im Belebungsbecken) und CSB (im Vorlagebehälter) installiert. Die Sonden wurden an einen Datenlogger angeschlossen und über einen Zeitraum von 5 Wochen betrieben. Die Aufzeichnung erfolgte über einen Datenlogger in Zeitschritten von einer bis zu fünf Minuten. Die Messung des gesamten Abwasseranfalls erfolgte mittels eines bereits vorhandenen magnetisch induktiven Durchflussmessers (MID).

4.8.2.1 Chemischer Sauerstoffbedarf

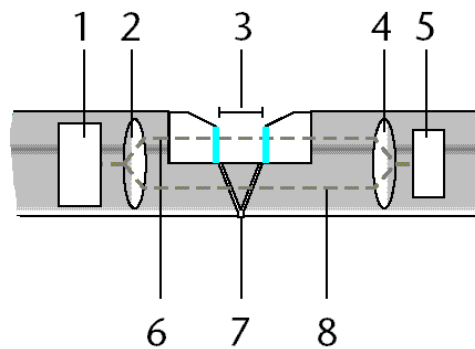
Die Messung des CSB im Vorlagebehälter erfolgte spektrometrisch als CSB-Äquivalente. Zur Anwendung kam eine In-Situ Spektrometer Typ multi::lyser™ der Firma s::can®. Es handelt sich dabei um ein Zweistrahl-spektrometer mit einer Pfadlänge von 1 mm, welches im Vorlagebehälter montiert wurde (Kapitel 4.6 Tabelle 8 und Tabelle 9).

Durch Messintervalle im Abstand von ein bis fünf Minuten kann mit diesem Gerät eine kontinuierliche Zeitreihe erstellt werden, die im weiteren die Möglichkeit der Entwicklung eines dynamischen Betriebes der Kläranlage – das heißt die Steuerung der Belüftungsdauer und Nährstoffzugabe erfolgt über die Zulaufbelastung – bieten sollte. Die Vorteile der Onlinemessungen im Gegensatz zu den analytischen Verfahren sind die Möglichkeit einer kontinuierlichen Aufzeichnung der Messdaten, der Echtzeitmessungen (wodurch sich keine Veränderung der Probe durch den Transport ergibt), der direkten Messung im Prozessmedium, der Möglichkeit zur Koppelung der Sonde mit einer Regel- oder Steuereinheit und der geringe Messaufwand. Außerdem fallen die Anwendung von Chemikalien und die arbeitsintensive Entnahme von Proben weg.

Das Zweistrahl-spektrometer arbeitet in zwei Wellenlängenbereichen (λ). Von 200 bis 400 nm (ultraviolette Strahlung, UV) und 400 bis 800 (sichtbares Licht, VIS) werden durch die Wechselwirkung von elektromagnetischen Wellen (der Lichtquelle) und den Molekülen (der Messlösung) energiereiche Valenzelektronen angeregt (MEIER, 2005). Es resultieren Elektronenübergänge (Banden) von einem jeweiligen Grundniveau auf den nächst höheren, unbesetzten Zustand. Nach der Plank'schen Gleichung wird beim Übergang vom niederen auf das nächst höhere Niveau die Strahlungsenergie von den Molekülen aufgenommen, wodurch ein Absorptionsspektrum entsteht (HEIN und KUNZE, 1995). Absorptionsspektren werden zur qualitativen und quantitativen Analyse von Substanzen herangezogen.

Gemäß der Darstellung in Abbildung 18 wird die von einer Strahlungsquelle ausgesandte elektromagnetische Strahlung zunächst durch einen Monochromator geleitet, der das Licht der Lampen örtlich sequentiell auffächert. Danach wird dieses in zwei gleiche Lichtstrahlen zerlegt, wovon ein Strahl durch die Messlösung hindurchgeschickt wird und der andere als Referenzstrahl dient. Dabei wird der Monostrahl von den Molekülen der Messlösung teilweise absorbiert. Der Rest der elektromagnetischen Strahlung wird von einer Empfangsoptik auf einen Detektor geleitet und mit dem Referenzstrahl verglichen. Durch den Detektor wird die Strahlung in elektrische Signale umgewandelt und auf einem Anzeigeinstrument – als wellenlängenabhängiges Spektrum – sichtbar gemacht (HEIN und KUNZE, 1995). Vereinfacht wird aus der Intensität der

Lichtabschwächung durch das Messmedium auf die Konzentration geschlossen. Abhängig von der Konzentration des Mediums ist der Messspalt (Pfadlänge) zwischen den Fenstern unterschiedlich groß. Für Reinwasser werden Sonden mit Pfadlängen von bis zu 100 mm verwendet, während bei der vorliegenden Untersuchung eine Sonde für Abwasseranwendungen mit 1 mm Pfadlänge zu Anwendung kam. Eine Standardmessung dauert 15 Sekunden. Die Sonde wird in einem festgelegten Intervall durch Einblasen von Druckluft gereinigt.



- | | | | |
|---|---------------------------------|---|--|
| 1 | Monochromator | 5 | Detektor |
| 2 | Sendeoptik | 6 | Messstrahl |
| 3 | Messspalt zwischen Messfenstern | 7 | Reinigungsdüsen zur Druckluftreinigung |
| 4 | Empfangsoptik | 8 | Referenzstrahl |

Abbildung 18 Schematische Darstellung des Messprinzips einer CSB-Sonde (Fa. WTW, 2007).

Die quantitativen Messungen basieren auf dem Bouguer-Lambert-Beerschen Gesetz, das für Lösungen und Gase gilt. Trifft demnach, wie in Abbildung 18 schematisch dargestellt, monofrequente Strahlung der Strahlungsleistung I_0 auf die zu messende Lösung auf und durchquert sie diese (über eine Wegstrecke d), tritt sie mit (durch Absorption) verringerter Strahlungsleistung I wieder aus. Die Extinktion A ist direkt proportional zu der in der Messlösung zurückgelegten Wegstrecke d und zur Konzentration c der absorbierenden Substanz (SKOOG und LEARY, 1992). Daraus folgt für das Bouguer-Lambert-Beersche Gesetz:

$$A = \frac{\log I_0}{I} = \varepsilon \times c \times d$$

A = Absorption, Extinktion [-]

I_0 = eingestrahelte Intensität []

I = Intensität nach dem Probendurchgang

ϵ = spektraler Extinktionskoeffizient (substanzspezifisch) $[L/(mol \cdot cm)]$

c = Konzentration der Probe $[mol/L]$

d = Schichtdicke der Messküvette (hier Messspalt zw. den Fenstern) $[cm]$

Weiters werden zur Durchführung quantitativer Analysen Kalibrierkurven erstellt, indem man die Konzentration mehrerer Kalibrierlösungen auf die Abszisse und die zugehörige Extinktion auf die Ordinate aufträgt. Man erhält eine Kalibrierfunktion, die durch den Koordinatenursprung geht.

Mathematisch gesehen bedient man sich der linearen Regression, da es das Ziel ist eine „Ausgleichsgerade“ zu finden, bei der die Messwertabweichungen (Residuen) minimal sind (GOTTWALD und HEINRICH, 1998). Misst man nach erfolgter Kalibration die Extinktion einer unbekannten Lösung, kann mit Hilfe der ermittelten Kalibrierfunktion sofort auf die Konzentration der Lösung geschlossen werden (Abbildung 19).

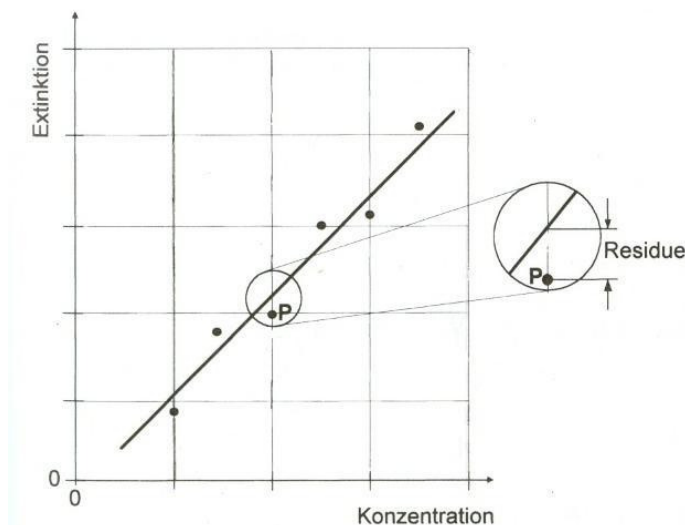


Abbildung 19 Darstellung einer Kalibrierfunktion (Ausgleichsgeraden) (GOTTWALD und HEINRICH, 1998).

Abweichungen von der Gültigkeit des Bourger-Lambert-Beerschen Gesetzes treten infolge chemischer Veränderungen (Dissoziation, Assoziation) oder instrumenteller Einflüsse (Falschlicht, polyfrequente Strahlung) auf (SKOOG und LEARY, 1992).

Die von der Sonde gemessenen Impulse werden in 2 verschiedenen Dateien gespeichert. In der Parameterdatei sind die Messwerte nach erfolgreicher Kalibration (global oder lokal) direkt ablesbar, in der so genannten ‚Fingerprint-

Datei' werden die gemessenen Wellenlängenbereiche und deren zugehörige Absorption abgelegt und können mit Hilfe eines geeigneten Programms als Absorptionsspektrum dargestellt und erneut kalibriert werden.

4.8.2.2 Sauerstoff

Bis Mitte September 2006 wurde die Sauerstoffkonzentration in der Belebung jeweils kurz vor Beginn der Absetzphase gemessen. Zur Anwendung kam eine mobile Sauerstoffsonde der Firma WTW, TYP OXI 430, Messbereich 0,00 - 19,99 mg/L. Am 18. September 2006 wurde eine stationäre Sauerstoffsonde Typ InPro 6050[®] der Fa. Mettler Toledo (Messbereich 0,03 bis 10 mgO₂/L mit Online-Datenaufzeichnung installiert, die im Belebungsbecken ca. 30 cm unter der Wasseroberfläche und ca. 10 cm vom Beckenrand angebracht wurde (Kapitel 4.6 Abbildung 17 und Tabelle 9). Die Sauerstoffsonde, wurde zur Überprüfung der Sauerstoffkonzentration, der Beurteilung der Belastung der Anlage und schließlich zur Durchführung einer CSB-Bilanz eingesetzt.

4.8.2.3 Durchfluss

Die magnetisch induktive Durchflussmessung (MID) wurde mit einem Gerät der Firma ENDRESS & HAUSER, Type Promag 10P[®], durchgeführt. Die Messstation befand sich in einer Rohrleitung, durch die das Betriebsabwasser aus dem unterirdischen Sammelbehälter in die öffentliche Kanalisation abgeleitet wurde (Kap. 4.6 Abbildung 17 und Tabelle 9). Sie diente der Überprüfung des der öffentlichen Kläranlage zugeführten Volumenstromes. Die Messeinheit war nicht mit einer elektronischen Aufzeichnungsmöglichkeit ausgestattet. Zur Ermittlung des täglich anfallenden Abwasservolumens wurde daher der an der Anlage akkumulierend dargestellte Volumenstrom notiert und die Differenz zweier Ablesungen als Mittelwert über ein bestimmtes Ablesungsintervall dargestellt. Um die Richtigkeit der Messungen zu kontrollieren wurden die Volumenströme durch Auslösen der Tauchmotorpumpe (P2, Abbildung 17 und Tabelle 9) und durch einfache Aufmassmessungen überprüft. Der Messbereich des MID lag im Bereich von 0,03 bis 33 L/s. Die maximale Messwertabweichung laut Hersteller liegt bei 0,5 % vom Messbereichsendwert.

4.8.3 pH-Wert

In der Vorlage wurde der pH-Wert (Kap.4.5, Abbildung 17 und Tabelle 9) zur Natronlaugedosierung mit einer Elektrode der Type DULCOTEST[®] PH-ER, Messbereich pH 1-12, der Fa. Prominent gemessen. Zur Neutralisation der sauren Abwässer wurde eine Steuereinheit der Type DULCOMETER[®] D1C der Firma Prominent verwendet. In der Belebung wurden mittels mobiler pH-Sonde, Type pH

320 der Firma WTW (Messbereich pH 2-12), über den gesamten Versuchsbetrieb stichprobenartig der pH-Wert und die Temperatur gemessen.

4.9 Betrieb der Versuchsanlage

Die Inbetriebnahme der Versuchskläranlage (VKA) erfolgte am 12.04.2006. Die VKA wurde dabei mit ca. 4 m³ Belebtschlamm mit einem Trockensubstanzgehalt von 4 g/L aus einer kommunalen Kläranlage beimpft. Der Betrieb der Anlage erfolgte kontinuierlich vom 12. April bis 25. Oktober 2006. In diesem Zeitraum wurde die Anlage im Durchschnitt dreimal in der Woche beprobt (siehe Probennahme Kap. 4.7).

Für die Zusammenstellung der Nährlösung wurde jeweils von einer mittleren CSB-Konzentration im Zulauf ausgegangen. Die Nährstoffe wurden dabei in einem 200 L Tank jeweils für mehrere Tage vorbereitet und über eine Dosierpumpe (p2, Tabelle 9) und eine Zeitschaltuhr (Z2, Tabelle 9) zudosiert.

Um die Vorgaben zur Teilreinigung unter optimierten Bedingungen zu erfüllen, wurde eine schrittweise Veränderung der Belastung durch Variation der Zyklenanzahl als auch der Belüftungsintervalle durchgeführt. Je nach den Ergebnissen der Untersuchungen konnte die Belüftung im Belebungsbecken zwischen 5 und 23 h betrieben werden. Die Absetz- und Dekantierphase betrugen jeweils zwischen ½ bis 1 h.

Jede Veränderung der Betriebsführung wurde dokumentiert und den anderen Untersuchungsparametern wie den Schlammeigenschaften (SV, TS, ISV), der Abbauleistung durch Vergleich des CSB im Zu- und Ablauf und der Nährstoffversorgung im Zulauf sowie im Ablauf gegenübergestellt. Basierend auf diesen Betriebsergebnissen wurden entsprechende Änderungen der Betriebsführung durchgeführt.

Am 18. September 2006 wurde in der Vorlage (Abbildung 17) eine Sonde zur CSB Online Messung und in der VKA eine Sauerstoffsonde installiert (Abbildung 17) und die Messwerte ab diesem Zeitpunkt auf einem Datenlogger aufgezeichnet. Mit Hilfe der Sauerstoffsonde wurden Sauerstoffeintragsversuche durchgeführt. Die Kalibration der CSB-Sonde wurde bestmöglich an die vorliegende Abwassercharakteristik angepasst.

4.10 Sauerstoffeintrag

Der Sauerstoffeintragsversuch gibt Aufschluss über den erreichbaren Sauerstoffertrag (OP) bei definierter Sauerstoffzufuhr (OC) und der Wirtschaftlichkeit von Belüftungseinrichtungen in Belebungsbecken. Weiters sind Sauerstoffverbrauchsmessungen für die Betriebskontrolle bei Großkläranlagen sowie für Versuchskläranlagen im Zuge der Planung nötig (PERTHEN, 1993). Bei Sauerstoffeintragsversuchen ist der Sauerstoffertrag vom Gehalt an Trockensubstanz, der Zulauftracht, der Einblastiefe, dem Luftdruck, der Temperatur des Mediums, den anlagenspezifischen Bedingungen, der Anordnung der Belüfter und der Beckengeometrie sowie in Abwasser von den Abwasserinhaltsstoffen abhängig (MOLDT, 2001).

Die Sauerstoffeintragsversuche wurden in Belebtschlamm und in Reinwasser durchgeführt und erfolgten nach dem Merkblatt ATV-M 209 „Messung der Sauerstoffzufuhr von Belüftungseinrichtungen in Belebungsanlagen in Reinwasser und in belebtem Schlamm“ (1996).

Im Folgenden werden die wichtigsten Parameter zur Beschreibung des Sauerstoffeintrages beschrieben, welche dem Merkblatt ATV-M 209 (1996) entnommen wurden.

Der Kennwert einer Belüftungseinrichtung bestimmter Leistung ist der Belüftungskoeffizient $k_L a_T$ [1/h]. Er wird bei der Wassertemperatur (T_W) und dem Trockensubstanzgehalt (TS) aus dem Sauerstoffzufuhrversuch errechnet. C^* [mg/L] beschreibt die scheinbare Sauerstoffsättigungskonzentration, die aus dem Versuchsverlauf entnommen wurde. C_0 bezeichnet die Konzentration an gelöstem Sauerstoff zum Zeitpunkt $t = 0$ und wurde mit 0 mg/L angenommen.

$$\text{Aus } C_t = (C^* - C_0) \times e^{(-\alpha k_L a^* t)} \text{ folgt } \alpha k_L a = \ln \frac{C_t - C^*}{(C^* - C_0) \times t}$$

Der Sauerstoffeintrag sinkt mit steigender Temperatur, es gilt für die Berechnung des Bezugswertes bei 20°C:

$$k_L a_{20} = k_L a_T \times 1,024^{(20-T)} \quad [1/h]$$

Der Sauerstoffeintrag in Reinwasser ist deutlich höher als jener in belebtem Schlamm. Der Grad der Veränderung wird durch den Grenzflächenfaktor α [-] angegeben, der durch die verschiedenen Abwasserinhaltsstoffe unter sonst gleich

bleibenden Bedingungen hervorgerufen wird. Der α -Wert dient demnach zum Vergleich der Sauerstoffzufuhr zwischen Reinwasser und belebtem Schlamm.

$$\alpha = \frac{kla_{20} \text{ in belebtem Schlamm}}{kla_{20} \text{ in Reinwasser}} [-]$$

Die Sauerstoffzufuhr OC in Reinwasser oder in belebtem Schlamm αOC [kg/h] ist als die Masse an Sauerstoff definiert, die bei einem Sauerstoffgehalt von $C = 0$ mg/L, einer Wassertemperatur von 20°C und atmosphärischen Normaldruck von einer Belüftungseinrichtung in einer Stunde gelöst wird.

Der Sauerstoffertrag OP in Reinwasser und αOP [kg/kWh] in belebtem Schlamm errechnet sich als das Verhältnis der Sauerstoffzufuhr (αOC) zur Leistungsaufnahme P [kW] der Belüftungseinrichtungen:

$$OP = \frac{OC}{P} [kg / kWh]$$

Die Sauerstofffracht, die für die Kohlenstoffatmung ausgedrückt als CSB verbraucht wird, wird mit OV_C in der Einheit kg/h bezeichnet. Man geht davon aus, dass bei kommunalem Abwasser ca. 51 % der ursprünglichen CSB-Fracht veratmet werden (OV_C), rund 44 % in den Überschussschlamm ($\ddot{U}S_{CSB}$) und im Mittel 6 % in den Ablauf gelangen (FRANZ und SVARDAL, 2005).

Für den täglichen Sauerstoffverbrauch aus der Kohlenstoffelimination ($OV_{d,C}$), mit t_{TS} , dem aeroben Schlammalter und F_T , dem Temperaturfaktor, gilt:

$$OV_{d,C} = B_{d,BSB} \times (0,56 + \frac{0,15 \times t_{TS} \times F_T}{1 + 0,17 \times t_{TS} \times F_T}) [kgO_2 / d]$$

Mit $OV_{d,C}$ und dem Stossfaktor f_C lässt sich der Sauerstoffverbrauch für die Tagesspitze (OV_h) wie folgt errechnen:

$$OV_h = \frac{f_C \times OV_{d,C}}{24} [kgO_2 / h]$$

Für durchgehend belüftete Becken ergibt sich die erforderliche Sauerstoffzufuhr ($erf.\alpha OC$) unter Berücksichtigung eines Sauerstoffgehaltes im Belebungsbecken C_x von 2 mg/L und der temperaturabhängigen Sauerstoffsättigungskonzentration C_s mit:

$$erf.\alpha OC = \frac{C_s}{C_s - C_x} \times OV_h [kgO_2 / h]$$

Ein Sauerstoffeintragsversuch kann mittels Absorptions- oder Desorptionsmessungen und in belebtem Schlamm mit oder ohne Durchfluss durchgeführt werden. Sowohl bei der Durchführung der Versuche in Reinwasser als auch in belebtem Schlamm wurden zur Ermittlung des Sauerstofftrages Absorptionsmessungen mit Luft angewandt. Die Dosierung der Chemikalien Kobaltsalz und Natriumsulfit für den Reinwasserversuch sowie die Durchführung erfolgte nach ATV-M 209 (1996).

4.11 CSB-Bilanzierung

Massenbilanzen dienen der Plausibilitätsprüfung von Messwerten und der Beschreibung von Stoffflüssen, die mit Hilfe vereinfachter Annahmen chemischer und mikrobiologischer Prozesse durchgeführt werden (FRANZ und SVARDAL, 2005). Die CSB-Bilanz ist Grundlage zur Beschreibung der Reaktionskinetik des Belebtschlammverfahrens, außerdem lässt sich eine Abschätzung des Sauerstoffbedarfs im Belebungsbecken durchführen. Eine Bilanzierung wird mit dem CSB als Bilanzierungsparameter durchgeführt, da der CSB der Masse an Sauerstoff, die mit organischen Verbindungen reagiert, äquivalent ist.

Die CSB-Bilanzierung lässt sich vereinfacht anhand der Abbildung 20 erklären. Im Belebungsbecken wird der gelöste und der ungelöste CSB ($CSBo-F$) bis zu einem gewissen Teil abgebaut und teilweise in Bakterienmasse (B) umgewandelt. Im Ablauf ergibt sich aus dem zugeführten CSB ($CSBo-F$) minus dem CSB im Ablauf (Summe aus nichtabbaubarem, gelöstem CSB und dem CSB in den abfiltrierbaren Stoffen, $CSBe-F$) abgebaute CSB ($nCSB$, Abbildung 20), der gleich dem veratmeten Sauerstoff ist ($nCSB-F = (CSBo-F) - (CSBe-F)$). Dieser muss durch die Belüftungseinrichtung zugeführt werden (KAYSER et al. 1997). Gleichzeitig entspricht auch die Summe aus der CSB-Fracht im Überschussschlamm ($\ddot{U}SCSB-F$) und der Sauerstofffracht, die für die Kohlenstoffatmung verbraucht wird ($OVC-F$) der entfernten CSB-Fracht ($nCSB$) ($nCSB = (\ddot{U}SCSB-F) + (OVC-F)$).

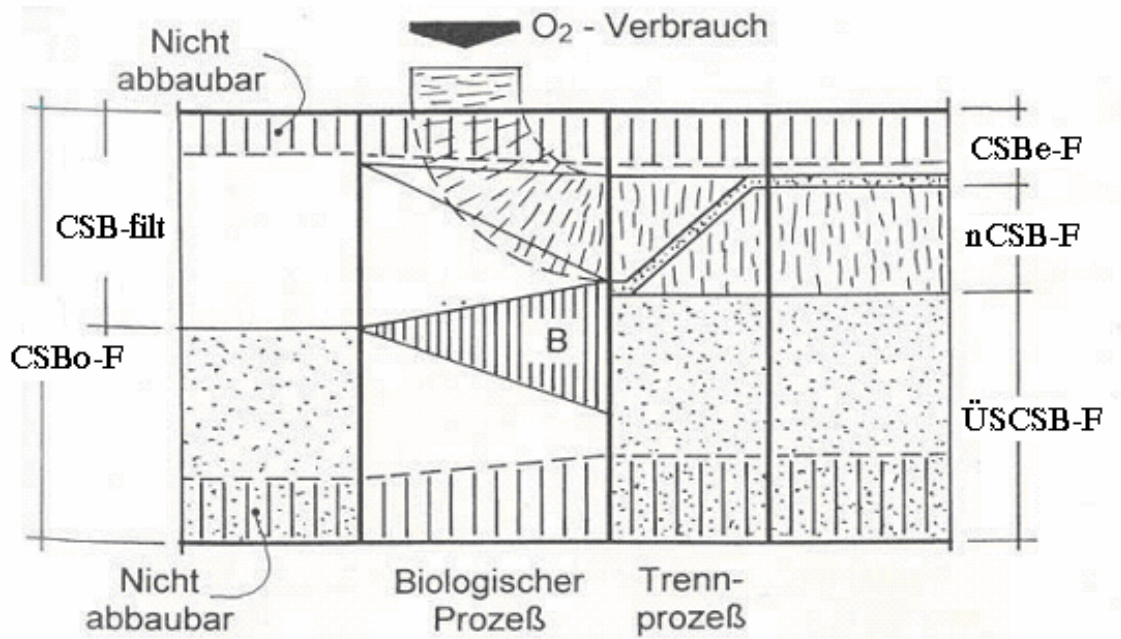


Abbildung 20 CSB-Bilanz für eine Belebungsanlage (KAYSER et. al. 1997).

Nach (FRANZ und SVARDAL, 2005) gilt unter Gleichgewichtsbedingungen (Zeichenerklärungen und Analysemethoden Tabelle 12):

$$nCSB - F = (CSB_o - F) - (CSB_e - F) = (\dot{U}S_{CSB} - F) + (OVC - F) [kgCSB(bzw.O_2) / d]$$

Für den CSB im Überschussschlamm folgt:

$$\dot{U}S_{CSB} - F = ((\dot{U}S_{TS} - F) + (TS_e - F) + \frac{\Delta TS_{BB} \times V_{BB}}{\Delta t}) \times \frac{CSB_{TS}}{TS_{BB}} [kgCSB / d]$$

Tabelle 12 Durchführung der Bilanzierung: Bestimmung der einzelnen Parameter.

Parameter	Bezeichnung	Einheit	Analysenmethode / Bestimmung
CSBo-F, CSBe-F	CSB-Fracht im Zu- bzw. Ablauf	kg/d	Küvettentests
CSB-filt	CSB-Fracht der filtrierten Probe	kg/d	Filtration, Küvettentest
nCSB-F	entfernte CSB-Fracht	kg/d	Berechnung
$\dot{U}_{\text{CSB}} - F$	CSB-Fracht des Belebtschlammes	kg/d	Berechnung
$\dot{U}_{\text{TS}} - F$	Trockensubstanzfracht des Überschussschlammes	kg/d	Messung TS
TSe-F	Schwebstofffracht im Ablauf der Kläranlage	kg/d	Messung AFS
ΔT_{SBB}	Veränderung der Trockensubstanz im Belebungsbecken im jeweiligen Beobachtungszeitraum	kg/m ³	Veränderung der TS im Beobachtungszeitraum
CSB _{TS}	CSB der Trockensubstanz des Belebtschlammes	kg/m ³	Glühverlustbestimmung
OV _C - F	Sauerstofffracht, die für die Kohlenstoffatmung verbraucht wird	kg/h	Berechnung
C _t	Konzentration an gelöstem Sauerstoff im Wasser zur Zeit t	mg/L	Messung
C*	Scheinbare Sauerstoffsättigungskonzentration	mg/L	Messung
Δt	Beobachtungszeitraum	1/Intervall	

Bei der Bestimmung des CSB-filt wurde der der VKA zugeführte Abwasserstrom zuerst filtriert und dann der CSB im Permeat bestimmt. Die $\dot{U}_{\text{CSB}} - F$ des Belebtschlammes wurde durch die Bestimmung des Glühverlustes ermittelt. Die TSe-F wurde durch Filtrierung des Kläranlagenablaufes und Trocknung des Filtrats ermittelt. Der tägliche Sauerstoffverbrauch für die C-Elimination (OV_{d,C} [kg/d]) wurde aus der durch die Sauerstoffeintragsversuche ermittelten Sauerstoffzufuhr pro Stunde in belebtem Schlamm (αOC [kg/h]) und der in der Belebung gelösten Sauerstofffracht ($B_{\text{d},\text{O}_2,\text{AB}}$ [kg/h]) bestimmt.

4.12 Dimensionierungsgrundlagen für SBR-Anlagen

Die Vorbemessung der SBR-Anlage wurde mit Hilfe der im Betrieb gewonnenen Daten und der Merkblätter ATV-M 210 „Belebungsanlagen mit Aufstaubetrieb“ (1997) und ATV-M 131 „Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen“ (2000) durchgeführt.

Für das Belegungsvolumen einer Aufstauanlage gilt:

$$V_R = \frac{\text{tägliche CSB} - \text{Fracht}}{n \times B_{TS} \times TS_R} \times \frac{t_Z}{t_R} [m^3]$$

Die Schlammbelastung (B_{TS} [kgCSB/(kgTS*d)]) wurde aufgrund von im Versuchsbetrieb gewonnenen Daten ermittelt.

Das Schlammalter t_{TS} bezieht sich auf die gesamte Reaktionsphase (t_R), während der biologische Reaktionen ablaufen (= Dauer der Belüftungsphase) und errechnet sich wie folgt:

$$t_{TS} = \frac{n \times V_R \times TS_R}{\dot{U}S_d} \times \frac{t_R}{t_Z}$$

Die Höhenlage des Schlammspiegels nach Beendigung des Absetzvorganges und während des gesamten Abzugsvorganges sollte von der Abzugseinrichtung einen Mindestabstand von $0,1 \cdot h_w$ aber nicht weniger als 0,25 m haben. Die Schlammhöhe errechnet sich:

$$h_s = h_w \times \frac{TS_R \times ISV}{1000} [m] \quad v_s = \frac{650}{TS_R \times ISV} [m/h]$$

Diese Berechnungen sind bei variablem Füllvolumen für den minimalen Wasserstand und das minimale Füllvolumen zu wiederholen.

Für die Ermittlung der Schlammproduktion aus der Kohlenstoffelimination folgt:

$$\dot{U}S_{d,C} = B_{d,CSB} \times (0,75 + 0,6 \times \frac{X_{TS,ZB}}{C_{BSB,ZB}} - \frac{(1-0,2) \times 0,17 \times 0,75 \times t_{TS} \times F_T}{1 \div 0,17 \times t_{TS} \times F_T}) [kgTS/d]$$

Nomenklatur	Einheit	Bezeichnung	
$B_{d,CSB}$	kg/d	Tägliche CSB-Fracht	
t_{TS}	1/d	Schlammalter	
n	-	Anzahl der Becken	
V_R	m^3	Reaktionsvolumen = $V_{min} + \Delta V_{max}$	
TS_R	kg/ m^3	Trockensubstanzgehalt im Reaktionsvolumen	
$\ddot{U}_{S_d}$	kg/d	Tägliche Schlammproduktion	
t_R	h	Dauer der Reaktionsphase	
t_z	h	Zyklusdauer	
B_{TS}	kg/(kg*d)	Schlammbelastung	
F_T	-	Temperaturfaktor	$=1,072^{(T-15)}$
$X_{TS,ZB}$	mg/L	Konzentration der AFS im Zulauf	
$C_{CSB,ZB}$	mg/L	Konzentration des CSB im Zulauf	
h_s	m	Höhe des Schlammspiegels im BB	
h_w	m	Höhe des Wasserspiegels im BB	
ISV	mL/g	Schlammindex	

5. Ergebnisse und Diskussion

5.1 Abwasseranfall / Abwasserzusammensetzung

In der Firma werden ausschließlich Erfrischungsgetränke, Mineralwasser, Sirup und Most aus Konzentraten hergestellt und die produzierten Getränke vor Ort abgefüllt. Das Unternehmen verfügt über eine Produktions- und eine Lagerhalle und einem Verwaltungstrakt mit Nebengebäuden, dem die sanitären Anlagen für die Mitarbeiter anschließen. Die Produktion erfolgt im Zweischicht- und bei Bedarf im Dreischichtbetrieb im Regelfall an fünf Tagen in der Woche.

Die folgenden Prozesse kennzeichnen den Produktionsbetrieb:

- Wasseraufbereitung
- Dampferzeugung
- Erzeugung von Zuckerlösungen
- Pasteurisation
- Kühlen
- Erzeugung von Druckluft
- PET-Flaschenproduktion
- Abfüllen
- Reinigung der Anlagenteile (Standdesinfektion)

Das für die Dampfkesselanlage benötigte Frischwasser muss vor der Verwendung in der betriebseigenen Enthärtungsanlage von einer Wasserhärte von 6° dH auf 0° dH aufbereitet werden. Die Dampferzeugung dient dem Betrieb der Pasteuranlage und der Erzeugung von Heißwasser und Zuckerlösungen. Die in großen Behältern zubereiteten und danach pasteurisierten Getränke werden nach Kühlung mit Wasser über Rohrleitungen der Abfüllanlage zugeführt. Vor der Umstellung der Erzeugung und Abfüllung auf ein anderes Produkt ist es unbedingt notwendig, die produktführenden Rohrleitungen, Armaturen und Behälter zu reinigen. Die Reinigung erfolgt mit Hilfe einer so genannten CIP-Anlage („Cleaning In Place“, Standdesinfektion). Bei dieser handelt es sich um eine Desinfektionseinheit, die aus einer Basiseinheit und den angeschlossenen Behältern besteht. Die Abfüllung der Getränke erfolgt in PET-Flaschen. Diese wurden zuvor durch das Einblasen von durch einen ölgeschmierten Schraubenkompressor erzeugter Druckluft in vorgefertigte PET- Küvetten hergestellt. Die befüllten Getränkeflaschen werden in der Lagerhalle verpackt, gestapelt und zum Abtransport bereitgestellt.

Das anfallende Abwasser setzt sich aus folgenden 3 Teilströmen zusammen: Betriebsbedingte Abwässer, sanitäre Abwässer und fallweise Niederschlagswasser (Tabelle 13).

Der betriebsbedingte Abwasseranfall resultiert aus der Umstellung der Produktion von z.B. Zitronenlimonade auf Orangenlimonade, da dazu die Reinigung der Abfüllmaschine, der produkt führenden Rohrleitungen, der Armaturen sowie der Mischbehälter notwendig ist. Bei der Dampferzeugung, die für die Pasteuranlage und die Erzeugung von Heißwasser und Zuckerlösungen eingesetzt wird, fallen ausschließlich Kesselabschlammwasser an. Die Abschlammung des Dampfkessels verursacht eine durchschnittliche Abwassermenge von ca. 50 -100 L/d. In Abhängigkeit von der Leitfähigkeit, die kontinuierlich gemessen wird, wird der Dampfkessel gereinigt. Dabei werden Härtebildner und Ablagerungen entfernt. Bei der Abkühlung der Getränke nach der Pasteurisation fallen außerdem Kühlwässer an, welche in die Regenwasserkanalisation der Gemeinde eingeleitet werden dürfen. Das bei der Kühlung anfallende Kondensat wird zu einem Ölabscheider geleitet, das Kondensat einer ordnungsgemäßen Entsorgung und das Permeat dem unterirdischen Sammelbehälter und in Folge der kommunalen Kläranlage zugeführt.

Die sanitären Abwässer werden ausschließlich von den derzeit 20 Mitarbeitern verursacht, die in der Produktion und der Verwaltung beschäftigt sind.

Der Anfall des Niederschlagswassers variiert je nach Intensität des Regenereignisses und wird von einem separaten Regenwasserkanal erfasst. Bei Überlastung des Auffangerinnes (bei Starkniederschlägen) wird ein Teil des Niederschlagswassers in die öffentliche Schmutzwasserkanalisation eingeleitet.

Im Verlauf des Versuchsbetriebes war dies jedoch nur ein Mal der Fall (Abbildung 21).

Die der öffentlichen Schmutzwasserkanalisation zugeführten (und in Folge zu reinigenden) Abwasserteilströme (Tabelle 14) werden in dem einen unterirdischen Sammelbehälter erfasst und der kommunalen Kläranlage als Batch zugeführt.

Tabelle 13 Abwasseranfallstellen.

betriebliches Abwasser	Sanitäres Abwasser	Niederschlagswasser
Reinigungswässer (CIP- Anlage...) Dampferzeugung (Kesselabschlammwasser) Druckluftherzeugung (Kompressorkondensate) Kühlwasser	Sanitäranlagen für Mitarbeiter aus Büro und Produktion	Niederschläge von Dach- und Straßenflächen

Tabelle 14 Derzeitige Entsorgung der Abwasserteilströme.

Einleitung in die kommunale Kläranlage	Einleitung in die Regenwasserkanalisation	Vorbehandlung vor Ort
Reinigungswässer Abwasser aus der Dampferzeugung Kesselabschlammwasser Sanitäres Abwasser Niederschlagswasser nach Starkregenereignissen Abwasser aus der Ölabscheidung	Niederschlagswasser Kühlwasser	Ölabscheidung der Kompressorkondensate und Einleitung des vorgereinigten Abwassers in den unterirdischen Sammelschacht. Abgeschiedenes Öl wird gesondert entsorgt.

Um die unter kontinuierlichem Betrieb gewonnenen Daten besser auswerten zu können, wurden diese in sechs Phasen unterteilt. Die Phasen unterschieden sich in den Zulaufmengen und den Betriebszuständen wie der Intervallzahl pro Tag, der Belüftungsdauer, der Beschickungsmenge, der Variation in der Art und den Mengen der Nährstoffzugaben (Abbildung 23, Abbildung 25, Abbildung 27 und Abbildung 26).

Das Volumen des Abwasserstromes wird über eine magnetisch induktive Durchflussmessung erfasst. Der tägliche Abwasseranfall unter Berücksichtigung des Zuflusses aus einem Starkregenereignis beträgt im Durchschnitt 10,8 m³/d. Im Versuchsverlauf wurden Abwasseranfallsmengen von 5 bis 30 m³ beobachtet (Abbildung 21).

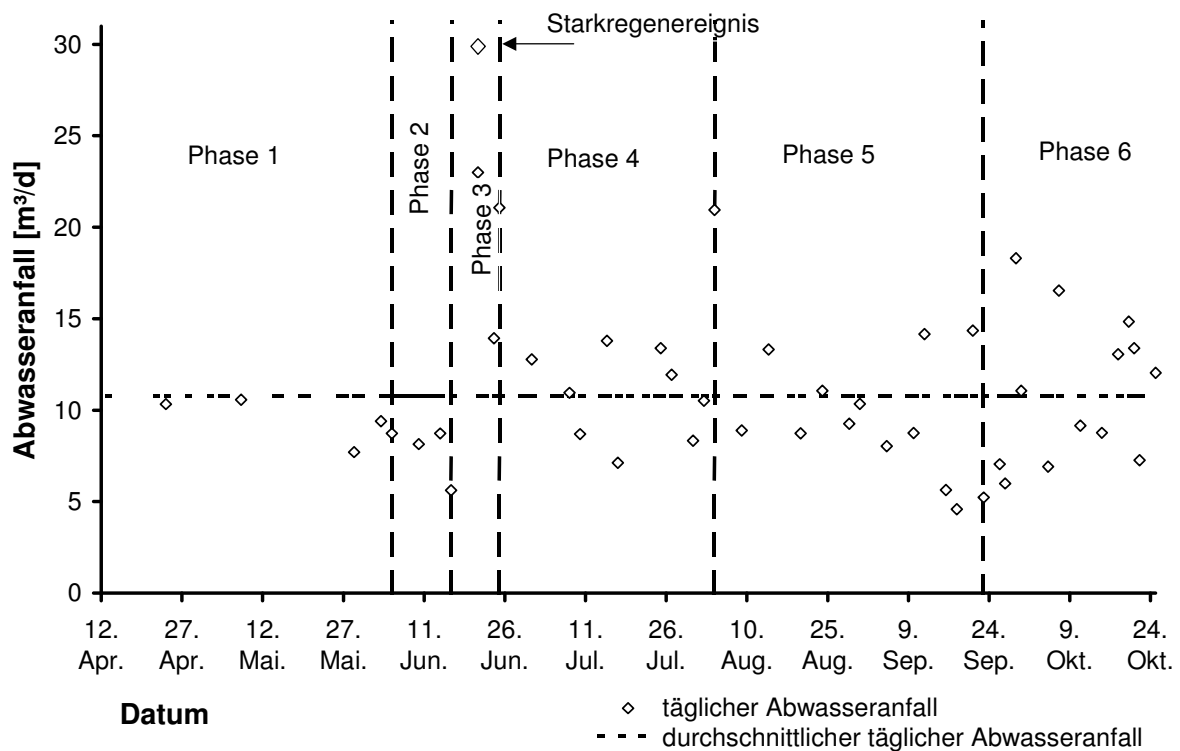


Abbildung 21 Darstellung des täglichen Abwasseranfalles und des Mittelwertes von 10,8 m³/d.

Produktionsbedingt setzt sich das Abwasser zum Großteil aus organischen Kohlenwasserstoffverbindungen (Glukose) zusammen. Der Stickstoffanteil resultiert ausschließlich aus den sanitären Abwässern und ist dementsprechend niedrig. Die Ammoniumstickstoffkonzentrationen ($\text{NH}_4\text{-N}$) erreichten Werte von 0,1 bis 1,91 mg/L, im Durchschnitt lagen sie bei 0,47 mg/L. Der Gesamtphosphoranteil (P_{ges}) stammt aus dem sanitären Abwasser und den verwendeten Reinigungsmitteln. Die P_{ges} -Konzentrationen im unterirdischen Speicherbehälter (UISB) reichten von 1,4 bis 69,0 mg/L, im Mittel wurden 21,7 mg/L gemessen. In Abbildung 22 sind die im UISB gemessenen $\text{NH}_4\text{-N}$ - und P_{ges} -Konzentrationen (PN1 , Abbildung 17) über den Versuchsverlauf dargestellt.

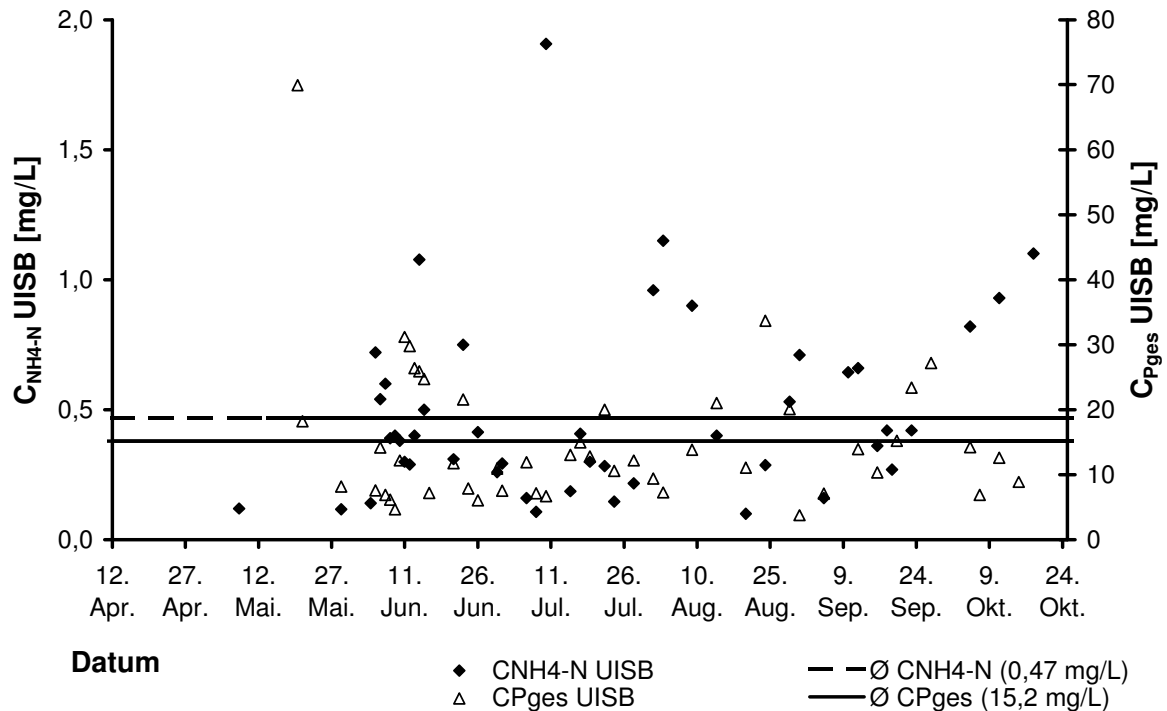


Abbildung 22 Ammoniumstickstoff- (C_{NH_4-N}) und Gesamtposphorkonzentration ($C_{P_{ges}}$) im Abwasser, gemessen im UISB.

Die Reinigung der Leitungen und Behälter wurde während des Versuchsverlaufes mit Calgonit CF 301, Solvin SR und Natronlauge durchgeführt. Zur Verlängerung der Haltbarkeit wurde den Erfrischungsgetränken Kaliumsorbat zugegeben. Die Sicherheitsdatenblätter der verwendeten Mittel finden sich im Anhang. Die Reinigungsmittel sind grundsätzlich biologisch abbaubar. Eine unbehandelte Einleitung in Gewässer ist gemäß den Sicherheitsdatenblättern jedoch zu vermeiden da schädliche Wirkungen auf Wasserorganismen, hervorgerufen durch pH-Wert Verschiebungen und Chlorfreisetzung zu erwarten sind.

Die täglichen Frachten des gesamten Abwasserstromes (Rohabwasser aus dem UISB), schwankten im Bereich von ca. 20 bis zu 350 kg CSB/d (Abbildung 23).

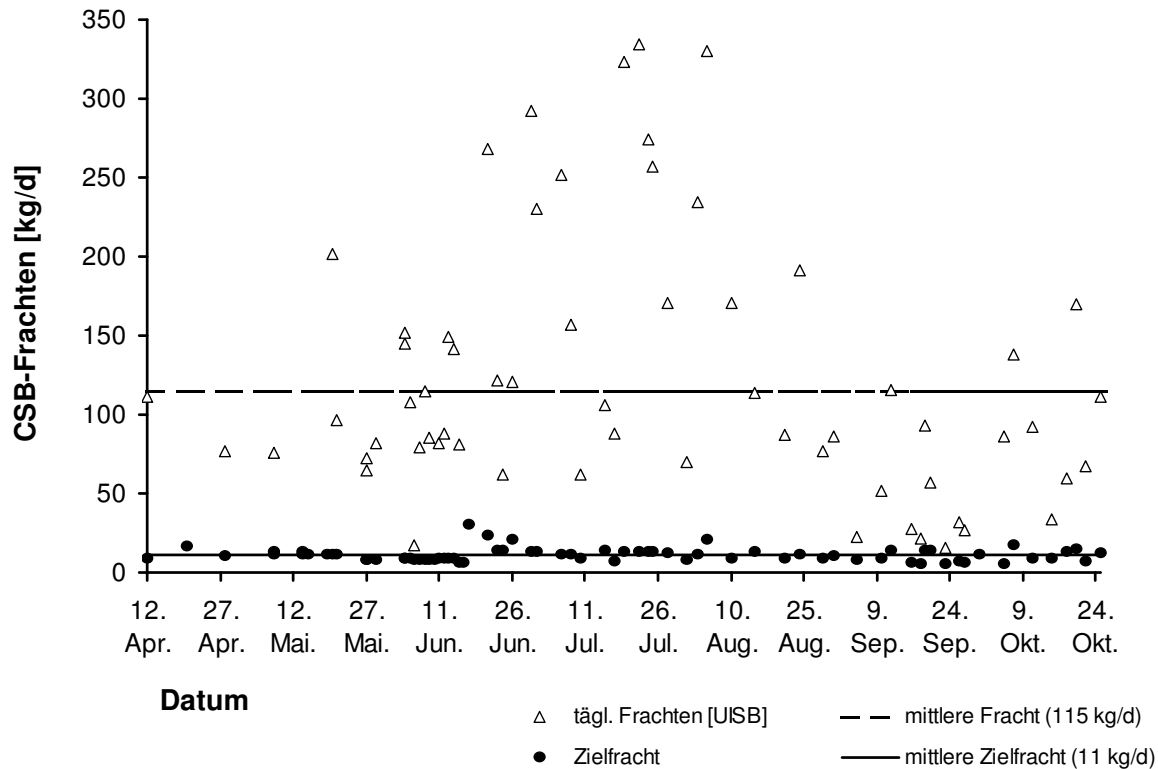


Abbildung 23 Darstellung der im USB gemessenen Frachten und der korrespondierenden Frachten bei einer Zielkonzentration von 1000 mgCSB/L.

Aus den Voruntersuchungen des chemischer Prüflabors (siehe Kap. 4.1) ging im Mittel ein Verhältnis von CSB/BSB₅ von ca. 2 hervor. Der Schwankungsbereich dieses Verhältnisses lag bei den Messungen zwischen 1,2 und 2,8. Da Stickstoff und Phosphor im Gesamtvolumen in zu geringem Maße vorhanden sind, im Mittel lag das Verhältnis C:N:P bei 100:0,0:0,4, war es erforderlich den Mangel durch Nährstoffgaben aus geeigneten Substraten auszugleichen.

Für die biologische Reinigung von Abwasser ist ein Verhältnis von Kohlenstoff (C):Stickstoff (N):Phosphor (P) von ca. 100:5:1 erforderlich. Dabei entspricht der C ungefähr dem biologischen Sauerstoffbedarf (BSB₅) (MUDRACK und KUNST, 2003).

Der pH-Wert im anfallenden Abwasser bewegte sich, abhängig von den Produktionsbedingungen, im Bereich von pH 3 - 6,0. Eine der biologischen Behandlung vorgeschaltete Neutralisation war daher unabdingbar. Den Abbau hemmende oder toxische Stoffe wie Tenside, freies Chlor und AOX konnten in den Analysen nur in nicht relevantem Maße nachgewiesen werden (Kap. 5.3.4).

Die wichtigsten Abwasserkennwerte wurden in Tabelle 15 zusammengefasst.

Tabelle 15 Zusammenstellung der wichtigsten Abwasserkennwerte.

	Minimum	Mittel	Maximum
pH-Wert	3	4,3	6,0
CSB (mg/L)	2500	10500	25033
NH ₄ -N (mg/L)	0,11	0,49	1,91
P _{ges} (mg/L)	1,4	21,7	49
C:N:P	100:0,0:0,1	100:0,0:0,4	100:0,02:0,6
Q _d (m ³ /d)	4,59	10,8	30,0

Im Vergleich zu den Werten aus Tabelle 15 weist kommunales Abwasser eine CSB-Konzentration von ca. 600 mg/L, ein Verhältnis von C:N:P von ca. 43:7:1 und einen pH-Wert um den Neutralpunkt auf (KOPPE und STOZEK, 1999). Die Stickstoff- und Phosphorverbindungen sind in kommunalem Abwasser für den mikrobiellen Abbau also im Übermaß vorhanden und müssen, um die Eutrophierung des Vorfluters zu verhindern, in einer vor- oder nachgeschalteten Reinigungsstufe eliminiert werden.

Da in den untersuchten Abwässern aus der Getränkeherstellung zu wenige Nährstoffe (N und P) enthalten sind, müssen diese zudosiert werden, um den Abbau des Kohlenstoffes zu ermöglichen.

Die CSB-Konzentration unterlag produktionsbedingt starken Schwankungen. Im UISB wurden Konzentrationen im Bereich von 2500 bis zu 25000 mg CSB/L gemessen (Abbildung 24). Die zu Beginn von Phase 1 gemessenen Konzentrationen im UISB und in der Vorlage wiesen große Abweichungen voneinander auf; in der Vorlage fand bereits ein starker Abbau statt (Abbildung 24). Wurden im UISB CSB-Konzentrationen von über 18000 mg/L gemessen so lag der CSB in der Vorlage kurz vor der Beschickung bei ca. 11000 mg/L. Der prozentuelle Abbau in der Vorlage lag bei bis zu 45%.

Dies lag einerseits am Zeitpunkt der Nährstoffdosierung – die Nährstoffe wurden der Vorlage zu Anfang von Phase 1 sofort mit dem Beginn des Intervalls zudosiert – und andererseits an der grobblasigen Belüftung zur Durchmischung der Vorlage. Die Belüftung erfolgte zu diesem Zeitpunkt über die gesamte Intervalldauer. Nach der Änderung der beschriebenen Betriebseinstellungen (Abbildung 25 und Abbildung 27) (Dauer der Durchmischung und der Beschickung) konnte der Abbau in der Vorlage fast gänzlich unterbunden werden (Abbildung 24).

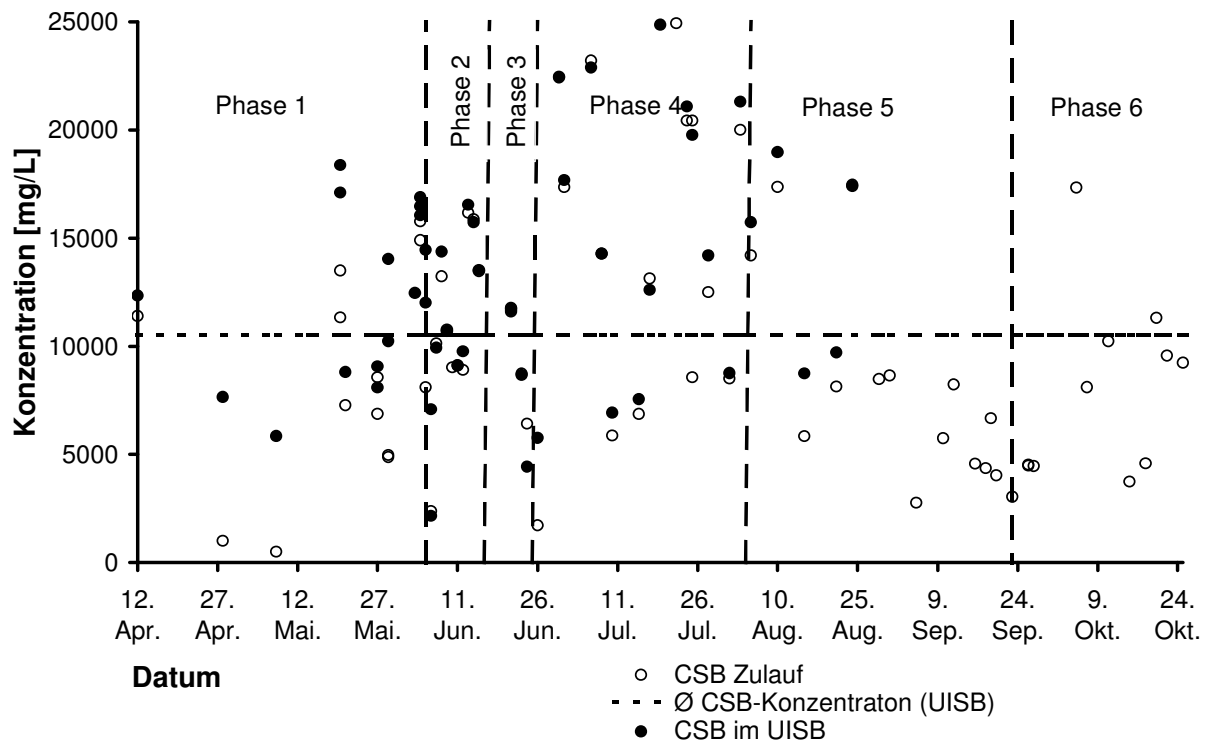


Abbildung 24 CSB-Zulaufkonzentrationen (C_{CSB}) zur VKA: Messung in der Vorlage (PN2) und im UISB (PN1, Abbildung 17).

5.2 Betrieb der Versuchskläranlage

Am 12. April 2006 wurde die Versuchskläranlage (VKA) mit ca. 3,8 m³ Belebtschlamm beimpft und in Betrieb genommen. Die VKA wurde kontinuierlich bis zum 25. Oktober 2006 betrieben. Im Mittel wurden der Versuchskläranlage (VKA) 670 Liter Abwasser pro Tag dem entsprechen ca. 6,2 % des täglichen Abwasseranfalls zugeführt und nach erfolgter Teilreinigung, die laut Zieldefinition bis zu einer CSB-Ablaufkonzentration von ca. 1000 mg/L erfolgen sollte, der kommunalen Kläranlage zugeführt. Insgesamt wurden in der VKA 112,2 m³ Abwasser vorgereinigt. Das vorgenannte Ziel einer Ablaufkonzentration von 1000 mgCSB/L konnte nicht in allen Betriebsabschnitten erreicht werden.

Die VKA wurde je nach Phase oder Belastung mit ein bis zu vier Intervallen/Tag betrieben. In Abbildung 25 ist der Verlauf der täglichen Beschickung und der Anzahl der Intervalle über den Versuchszeitraum (Phase 1-6) dargestellt.

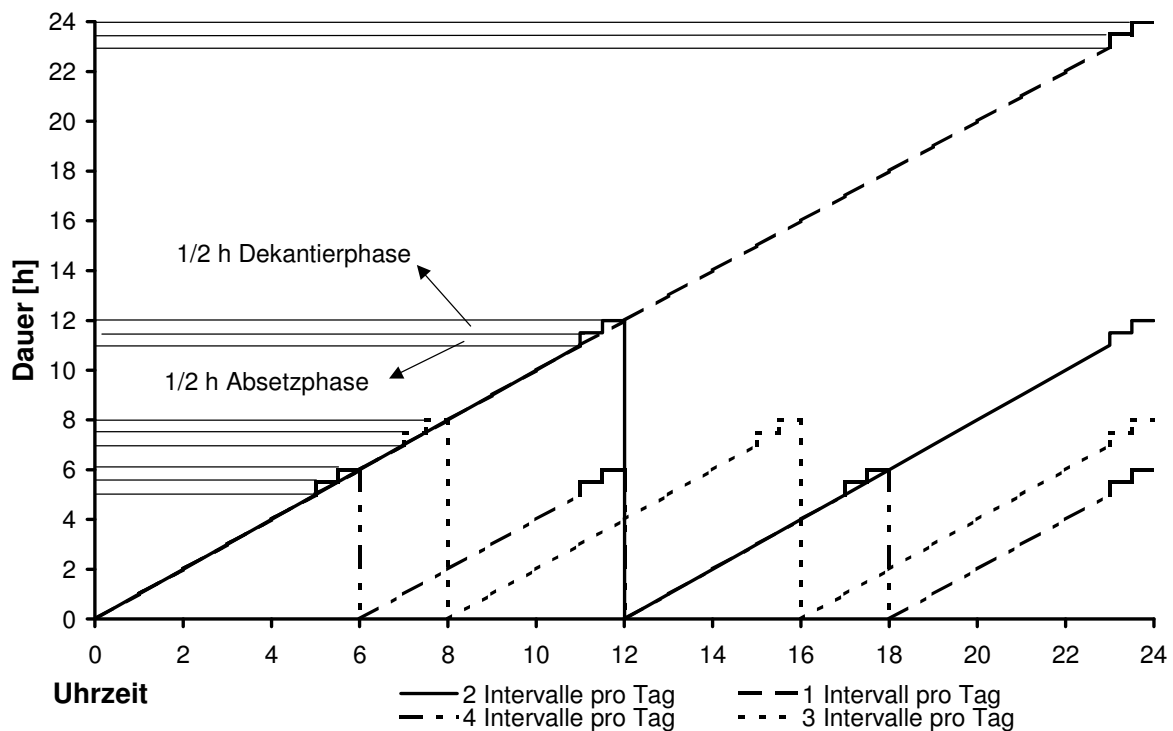


Abbildung 25 Schematische Darstellung der Batch- Sequenzen in Abhängigkeit der Intervalle pro Tag.

Die Absetz- und Dekantierphasen dauerten bis zum 27. Juli je eine Stunde und wurden in Phase 4 zur besseren Ausnutzung der Belüftungsphase auf je eine halbe Stunde reduziert. Die Belüftung erfolgte je nach Intervalldauer kontinuierlich zwischen 5 bis 23 h (Darstellung der Batch – Sequenzen, Abbildung 25).

Im Folgenden werden die einzelnen Betriebsphasen im Detail beschrieben:

Phase 1 Zeitraum: 12. April bis 4. Juni.

Die Beschickung erfolgte zu Beginn zweimal täglich mit jeweils 50 L Abwasser pro Intervall und wurde kontinuierlich erhöht (Abbildung 26). Nach Erreichen einer Beschickungsmenge von ca. 900 L/d wurde die Intervallzahl auf 3 erhöht. Die Neutralisation der anfallenden Abwässer wurde bis zum 8. Mai bis zu einem pH-Wert von 7 durchgeführt. Aufgrund der erhöhten Werte im Ablauf von pH = 8 wurde die Neutralisation auf pH 6,5 reduziert (Abbildung 27). Vom 12. April bis zum 4. Mai wurden zum Ausgleich des Phosphormangels Naturphosphat und zum Ausgleich des Stickstoffmangels Harnstoff zudosiert. Aufgrund der geringen Löslichkeit von Naturphosphat wurde die Phosphorzugabe am 4. Mai auf Diammoniumphosphat umgestellt. Die Einwohner bezogenen Frachten (EGW) lagen im Bereich von 9 - 102 EGW.

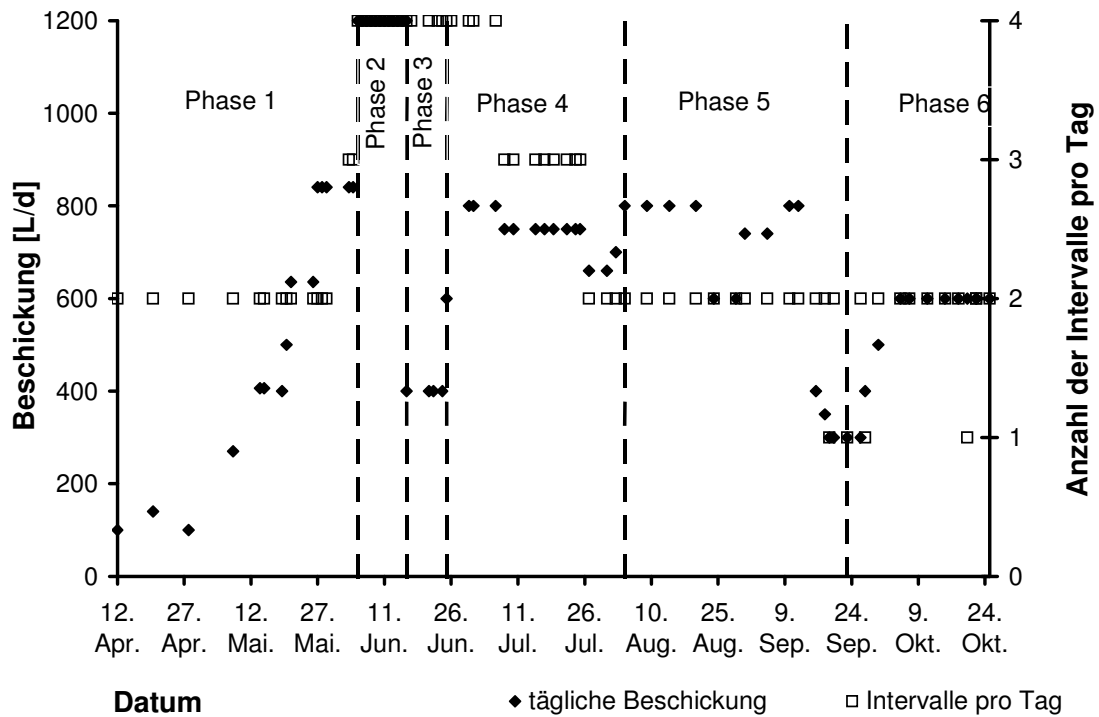


Abbildung 26 Darstellung der täglichen Beschickungsmengen.

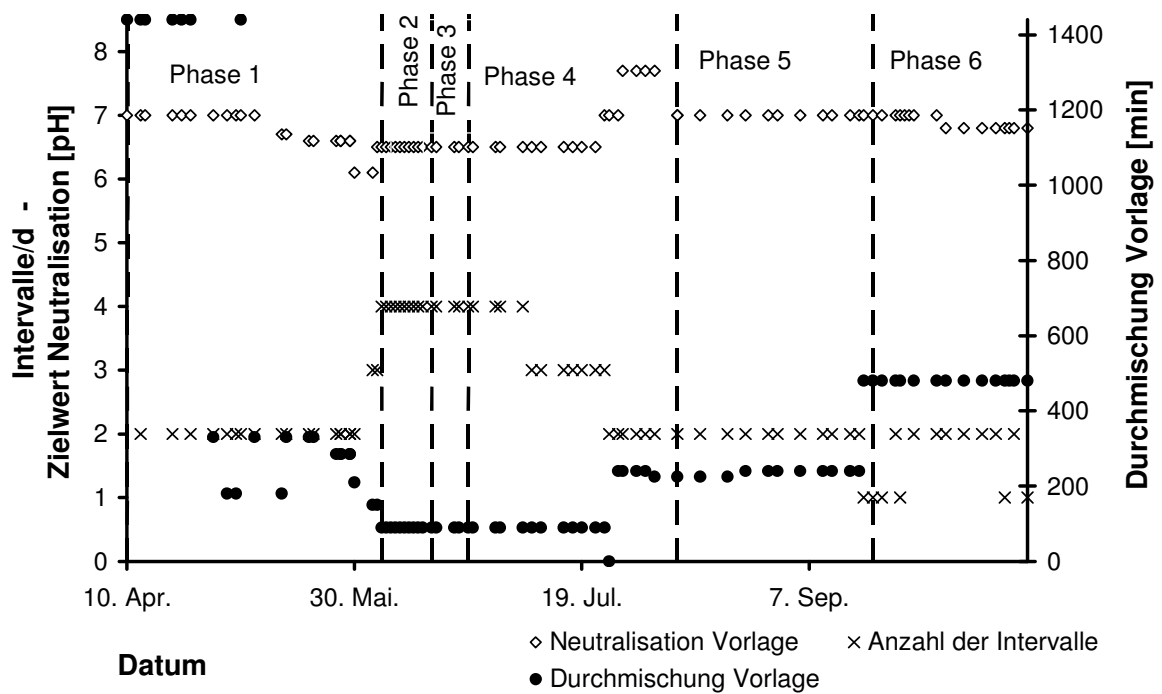


Abbildung 27 Betriebseinstellungen im Anlagenbetrieb.

Phase 2 Zeitraum: 5. bis 16. Juni

Aufgrund der sehr guten Abbauleistungen in Phase 1 (Kap. 5.3) wurde die Kläranlage in Phase 2 mit 4 Intervallen und einer Intervalldauer von je 6 Stunden, (4 Stunden Belüftung, einer Stunde Absetzphase und einer Stunde Klarwasserabzug) betrieben. Die Betriebseinstellungen (Abbildung 27) blieben während dieser Phase unverändert, die tägliche Beschickungsmenge lag bei 1200 L. (Abbildung 26).

In Phase 2 wurden wie auch schon in Phase 1 höhere Konzentrationen an Gesamtphosphor (P_{ges}) von bis zu 69 mg/L im UISB (im unbehandelten Rohabwasserstrom) und in Folge Ablaufkonzentrationen von bis zu 35 mg/L nachgewiesen (Abbildung 28). Die EGW lagen bei 52 - 160 EGW.

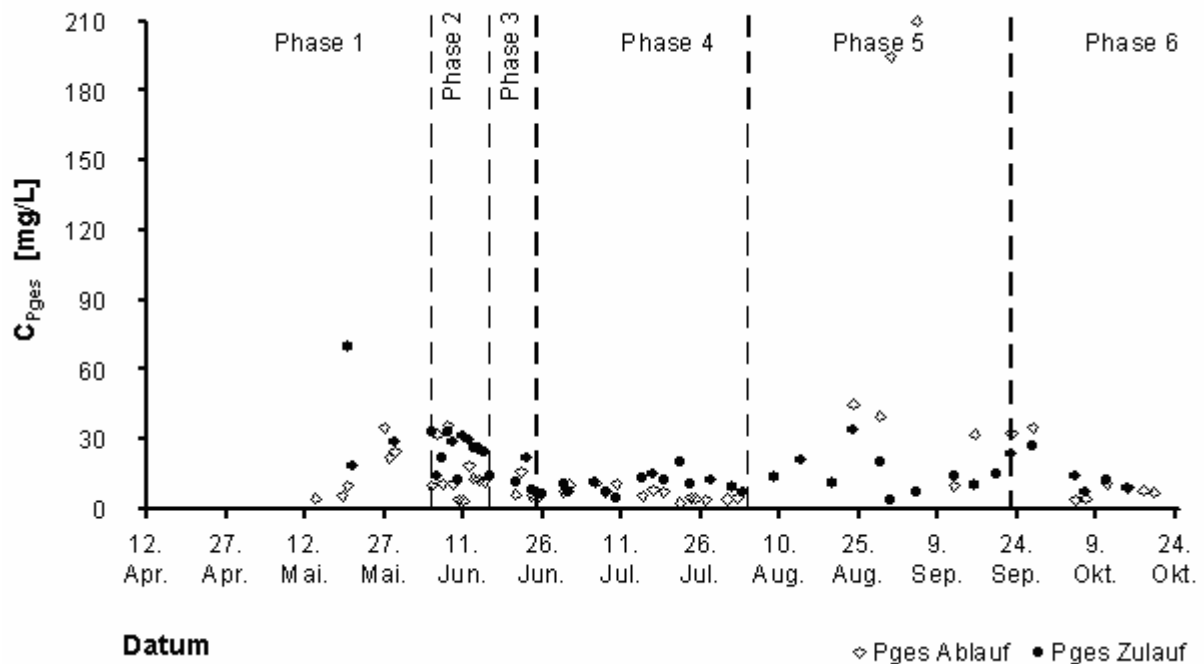


Abbildung 28 Vergleich der P_{ges} Rohwasser-- (Messung im UISB) und Ablaufkonzentrationen.

Phase 3 Zeitraum: 16. Juni bis 24. Juni

Aufgrund des Ausfalles der Pumpanlage war die Beschickung der Anlage auf ca. 400 L/d reduziert. Die EGW lagen dabei zwischen 29 - 30 EGW.

Phase 4 Zeitraum: Zeit vom 26. Juni bis 4. August.

Aufgrund der in den vorangegangenen Phasen hohen Phosphorkonzentrationen im Zu- als auch im Ablauf (Abbildung 28) wurde die Dosierung in Phase 4 versuchsweise ausgesetzt. Die durchgeführte Beprobung des Ablaufes bezüglich

des Phosphorgehaltes lieferte zwar Konzentrationen im Bereich von 2,5 bis zu 11 mgP/L, die im Ablauf aufgetretene starke Trübung, das Auftreten starker Schaumbildung und die Verminderung der Abbauleistung wiesen jedoch auf einen Nährstoffmangel hin. Es wird davon ausgegangen, dass die Phosphor- und Stickstoffmessungen von der starken Trübung beeinflusst wurden und sie deshalb mit entsprechender Unsicherheit behaftet sind.

Die Kläranlage wurde bis zum 6. Juli mit vier Reinigungsintervallen und einer Beschickung von ca. 800 L Abwasser pro Tag betrieben. Aufgrund der schlechten Reinigungsleistung (siehe Kap. 5.3) wurden die Intervalle auf drei und die Beschickung der VKA auf bis zu 660 L/d reduziert. Bis zum 23. Juli wurde die Neutralisation des Abwassers in der Vorlage bis zu einem pH-Wert von 6,5 durchgeführt, wegen wiederholtem Absinkens des pH-Wertes in der Belebung musste die Dosierung jedoch auf einen Sollwert von pH 7,7 erhöht werden. Zur weiteren Optimierung der Sauerstoffzufuhr wurde am 27. Juli die Intervallzahl auf zwei (11 h Belüftung) und die Absetz- und Dekantierphase auf je eine halbe Stunde reduziert (Abbildung 25). Die Beschickung der SBR - Anlage erfolgte mit 9 - 156 EGW.

Phase 5 Zeitraum: 4. August bis 20. September.

Wegen der aufgetretenen Probleme (starker Anstieg der CSB Ablaufkonzentrationen, Absinken des pH-Wertes und der dadurch hervorgerufenen verminderten biologischen Aktivität) wurde die P-Dosierung am 5. August wieder aufgenommen. Die Nährstoffgabe erfolgte vorerst mit Diammoniumphosphat. Der Nährstoff löste sich zwar, bildet aber nach einiger Zeit feine Flocken, die teilweise zur Verstopfung der Dosierstation führten. Diammoniumphosphat wurde deshalb am 20. August durch die flüssige Phosphorsäure ersetzt. Im Zeitraum vom 20. bis zum 31. August kam es durch eine fehlerhafte Dosierung zu einer Überdosierung von Phosphor, wie aus den hohen Ablaufwerten gut ersichtlich ist (Abbildung 28).

Die Beschickung lag zu Beginn der Phase bei 800 L/d und wurde bis zum 20. September auf ca. 350 L/d vermindert. Aufgrund erhöhter pH-Werte im Ablauf wurde die Neutralisation der Abwässer, im Gegensatz zum Sollwert der Phase 4 von pH 7,7, wieder auf einen Sollwert von pH 7 reduziert. Die hohen pH-Werte traten vermutlich wegen der schlechten Durchmischung auf, da sich das Neutralisationsmittel aufgrund starker Schaumbildung in der Vorlage nicht mit dem Abwasser vermischen konnte. Am 18. September wurde eine Online Messung und Aufzeichnung für die Konzentrationen der Parameter CSB im Zulauf und des Sauerstoffgehaltes im Belebungsbecken installiert (Anlagenschema Abbildung 17 Kapitel 4.5). Zu Beginn der Messungen konnte nur eine geringe Sauerstoffkonzentration gemessen werden, obwohl die Belastung sehr niedrig (um

4000 mg/L CSB) und der TS-Gehalt nur ca. 6,8 g/L betrug. Am 20. und 24. September wurden deshalb die Belüfter ausgebaut und gereinigt, um das Abknicken der Belüfterschläuche sicher zu verhindern und eine damit verbundene mögliche Fehlfunktion der Belüftung zu beseitigen. Eine durchgehende Sauerstoffmessung wäre angebracht gewesen, dadurch hätte eine Störung der Belüftungseinheit früher erkannt werden können. Die in die SBR-Anlage zugeführten EGW lagen zwischen 9 -114 EGW.

Phase 6 Zeitraum: 26. September bis 25. Oktober

In Phase 6 wurde die Anlage mit 1-2 Intervallen und einer Beschickung von ca. 600 L/d betrieben (Abbildung 26). Es traten keine Störungen auf, weshalb bei den Betriebseinstellungen (Abbildung 27) nur geringfügige Änderungen vorgenommen wurden.

Der der Versuchskläranlage aus der Vorlage zugeführte Abwasserteilstrom wies einwohnerbezogene Frachten (EGW) im Bereich von 6 bis zu 56 EGW auf (Abbildung 29).

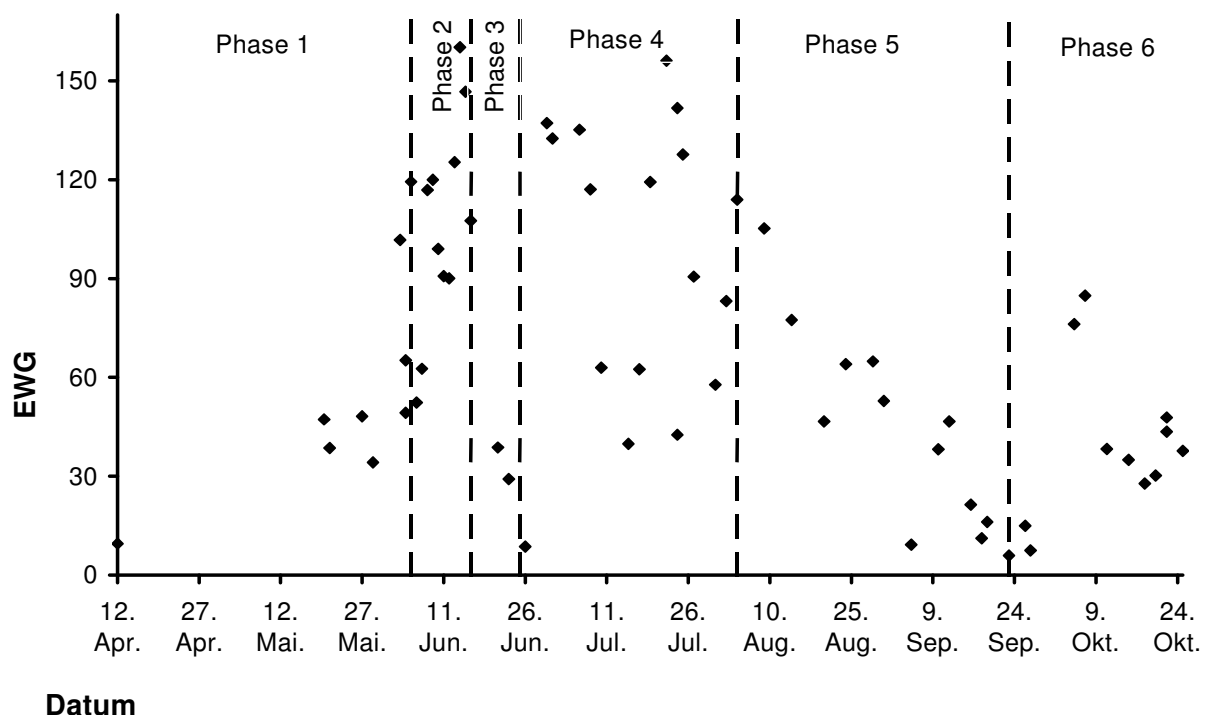


Abbildung 29 Verlauf der EGW des der Versuchskläranlage zugeführten Abwasserteilstromes (Beprobung der Vorlage, Anlagenschema Abbildung 17).

Während des Versuchsverlaufes wurden dem neutralisierten Abwasser in der Vorlage die in Tabelle 15 zusammengefassten Nährstoff- und

Neutralisationsmittelmengen zudosiert. Der Nährstoffbedarf wurde zu Beginn unter Zugrundelegung einer CSB-Zulaufkonzentration von 8000 mg/L errechnet. Da sich im Laufe des Versuchsverlaufes eine mittlere CSB- Belastung von ca. 10500 mg/L ergab, wurde die Nährstoffdosierung entsprechend erhöht. Das Verhältnis C:N:P wurde dabei auf ca. 100:5:1 angehoben.

Tabelle 16 Zusammenstellung der verwendeten Substrate und deren Nährstoffinhalte.

Produkt	Massenprozent Nährstoff	Aggregatzustand	Dosierung für 10 m ³ AW mit 10.800 mg/L CSB
Harnstoff OC(NH ₂) ₂	46 % N	fest	5,4 kg mit H ₃ PO ₄ 4,6 kg mit (NH ₄) ₂ HPO ₄
Diammoniumphosphat (NH ₄) ₂ HPO ₄	18,4 % N und 20,4 % P	fest	2 kg
Phosphorsäure 75 % H ₃ PO ₄	31,6 % P	flüssig	1,3 kg = 1,1 L
Natronlauge 25 % NaOH 25 %		flüssig	43 kg = 34 L

Aufgrund der durchgeführten Messungen (siehe Kap. 5.1) wurde davon ausgegangen, dass das Abwasser bereits geringe Konzentrationen an P enthielt, weshalb die Nährstoffe auf das Verhältnis C:N:P = 100:5:1 angehoben wurden. Über die angewandte Art der Dosierung und aufgrund des Fehlens einer kontinuierlichen Belastungsmessung konnte aufgrund der starken Konzentrationsschwankungen die nötige Nährstoffmenge nicht in allen Abschnitten ausreichend zugeführt werden (Abbildung 30 und Abbildung 31).

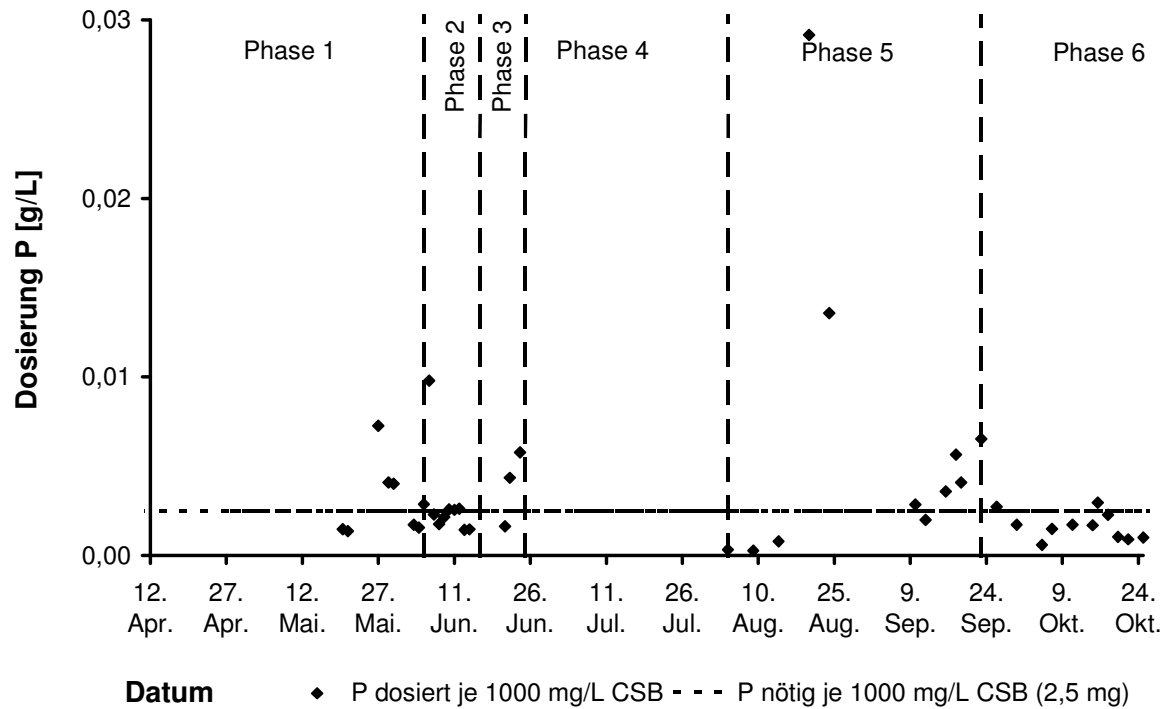


Abbildung 30 Vergleich des über den Versuchsverlauf dosierten Phosphor (P) mit dem Bedarf an P je 1000 mgCSB/L, das Verhältnis C:P sollte auf ca. 100:1 angehoben werden.

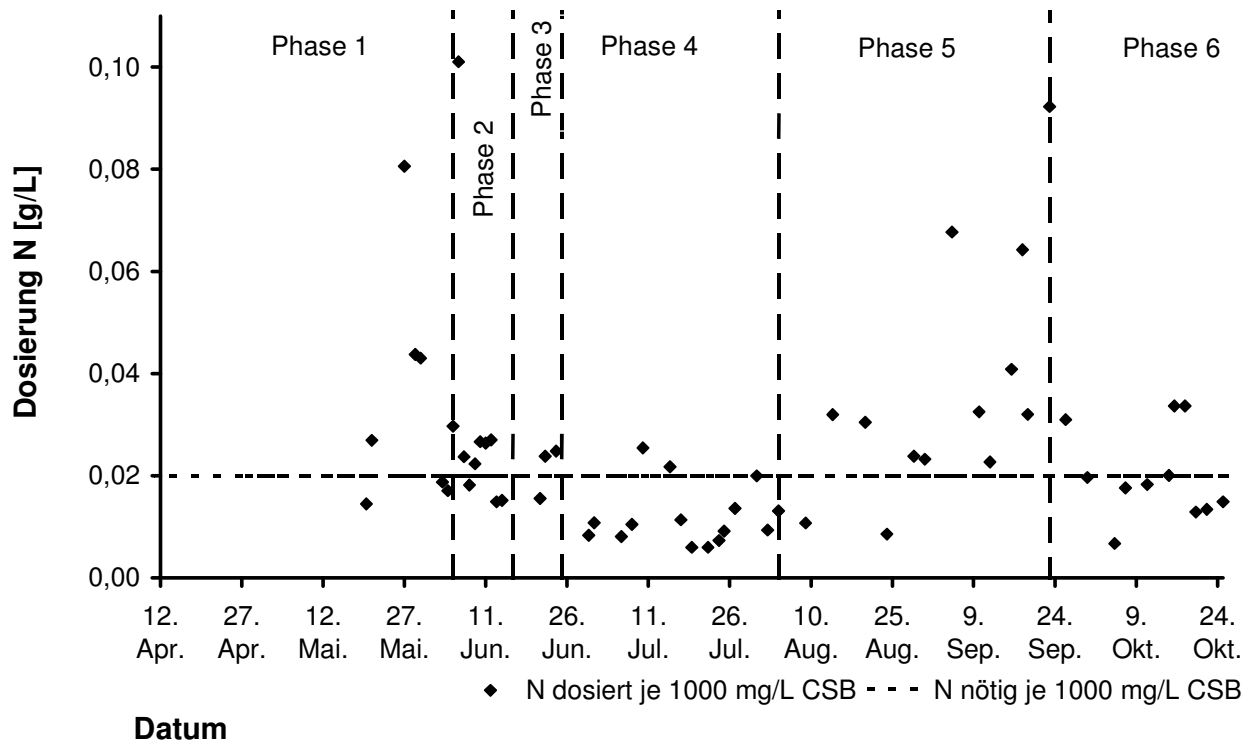


Abbildung 31 Vergleich des über den Versuchsverlauf dosierten Stickstoff (N) mit dem Bedarf an N je 1000 mgCSB/L, das Verhältnis CSB:N sollte auf ca. 100:5 angehoben werden.

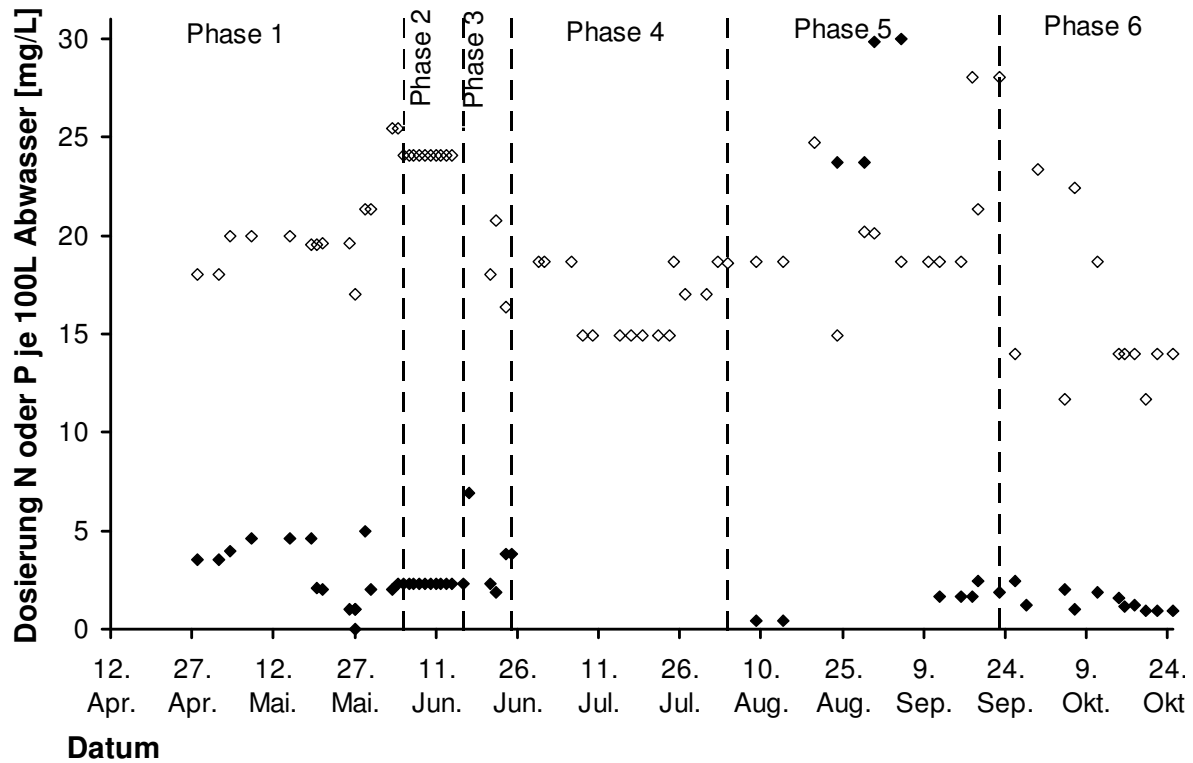


Abbildung 32 Darstellung der N- und P-Gaben über den Versuchsverlauf

Die CSB-Zulaufmengen, gemessen in der Vorlage (PN2, Abbildung 17), variierten aufgrund der wechselnden Produktionsbedingungen sehr stark (Abbildung 33). Da die Steuerung der Beschickung und der Nährstoffgaben manuell erfolgten, konnte auf diese Schwankungen nicht unmittelbar reagiert werden.

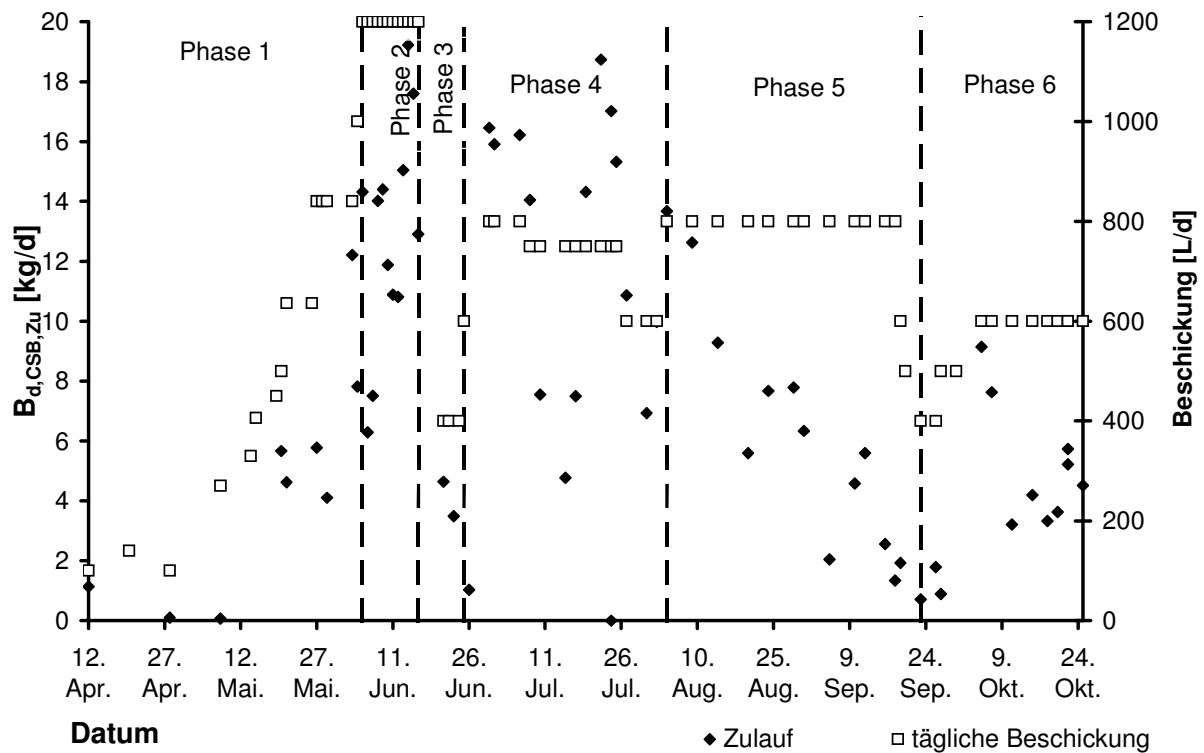


Abbildung 33 CSB-Zulauf (kgCSB/d) in der Vorlage und Beschickungsmenge (L/d)

5.3 Betriebsergebnisse

5.3.1 Reinigungsleistung

Aufgrund von starken Abbaureaktionen (CSB- Elimination von 99%) in der Vorlage zu Beginn der Phase 1 lag die Schlammbelastung im SBR- Reaktor bei weniger als 0,1 kg CSB/(kg TS*d) (Abbildung 34). Dementsprechend niedrig lagen auch die CSB-Zulaufmengen bei maximal 1 kg/d, die CSB-Ablaufkonzentration erreichten dabei Werte um 100 mg/L (Abbildung 35). Die als Zielwert vorgegebenen 1000 mgCSB/L wurden dabei um eine Zehnerpotenz unterschritten.

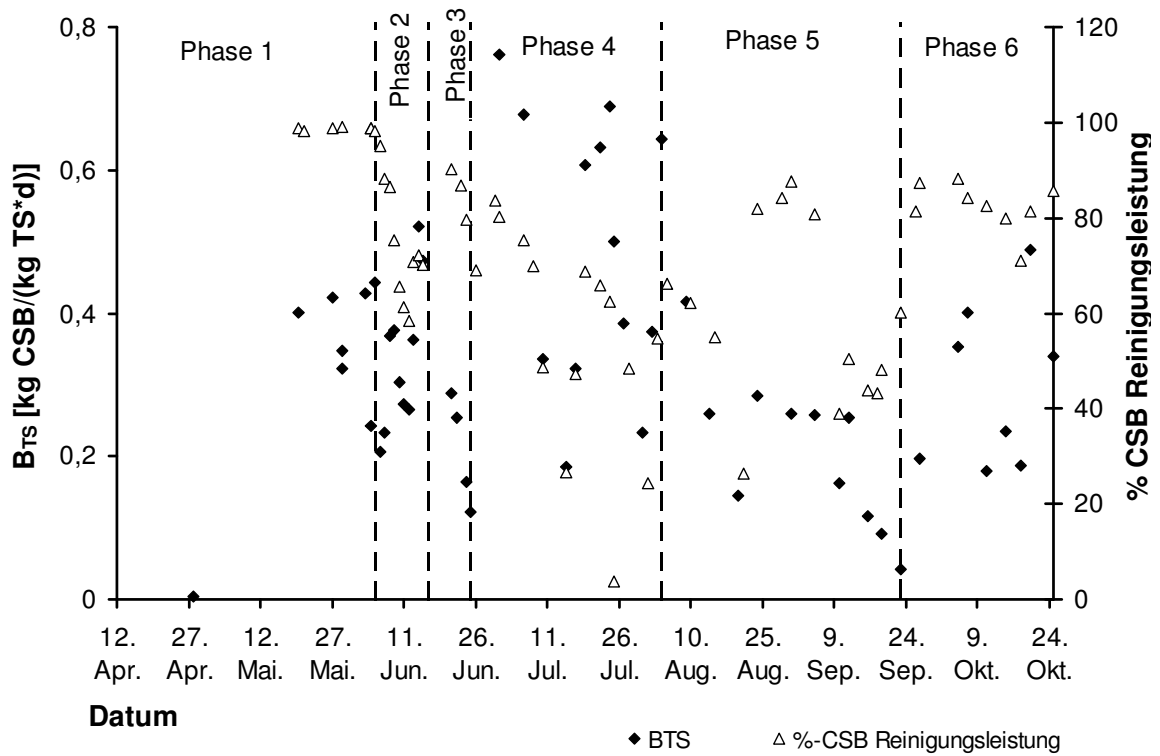


Abbildung 34 Darstellung der Schlammbelastung und der prozentuellen CSB-Reduktion über den Versuchsverlauf.

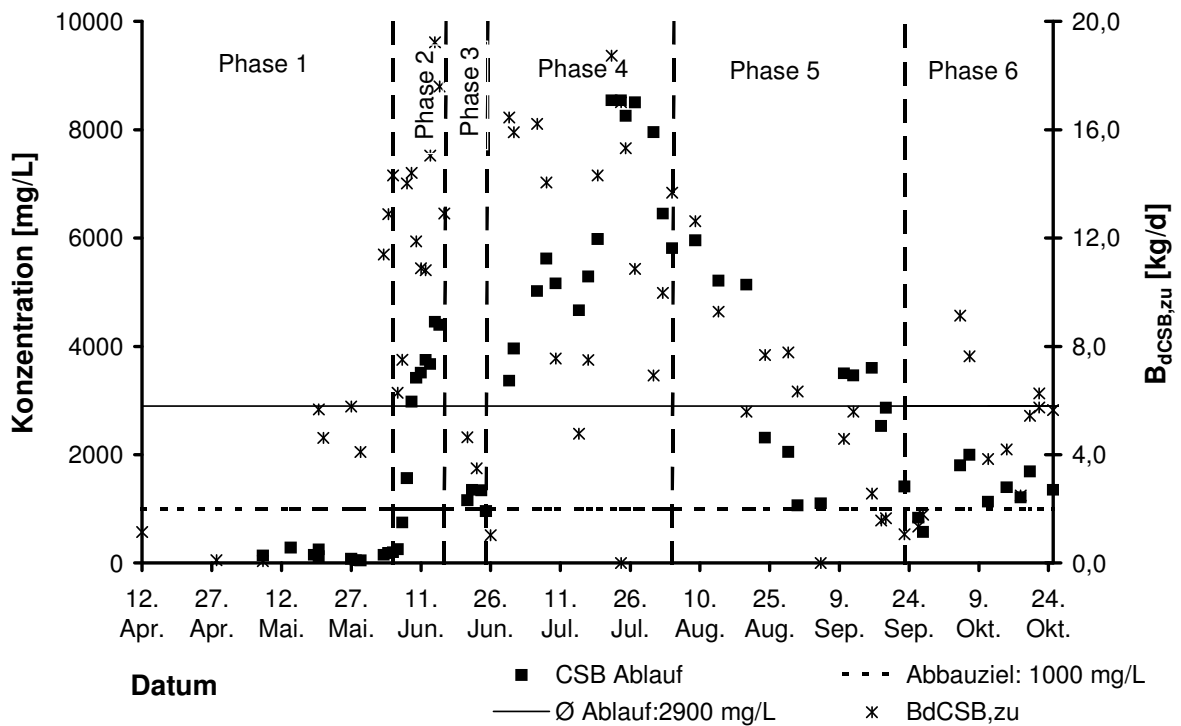


Abbildung 35 Darstellung der CSB-Ablaufkonzentrationen und der in der Vorlage gemessenen CSB-Zulaufmengen über den Versuchsverlauf.

Vom 8. Mai bis zum 4. Juni wurde die CSB- Zulaufkraft (zur Vorlage) kontinuierlich auf ca. 6,5 kg/d (Abbildung 33) gesteigert, die CSB-Raumbelastung (Abbildung 37) auf maximal 2 kg/(m³/d) und die Schlammbelastung auf bis zu 0,4 kgCSB/(kgTS*d) erhöht. Die daraus resultierenden CSB-Ablaufkonzentrationen lagen dabei maximal bei 200 mg/L. Die sehr gute Abbauleistung in dieser Phase ist zum einen auf die geringe Beschickungsmenge (Abbildung 26), die bis zum Ende der Phase eine kontinuierliche Steigerung erfuhr, und zum anderen auf den Einfluss des zur Beimpfung eingetragenen kommunalen Klärschlammes zurückzuführen. Die Sauerstoffkonzentration am Ende des Abbauzyklus der Belebung betrug bis zu 7 mgO₂/L (Abbildung 36). Dies ließ darauf schließen, dass die Anlage mit einer höheren Belastung beschickt werden kann.

Durch das stetige Anwachsen der TS (Abbildung 44) wurde die Schlammbelastung trotz höherer Zulaufkraft in Phase 2 nur in geringerem Maße von 0,2 auf 0,35 kgTS/(kgCSB*d) erhöht (Abbildung 38). Die zugeführten Frachten stiegen bis auf 19 kg/d an (Abbildung 33), als Folge konnte ein kontinuierlicher Anstieg der CSB-Ablaufkonzentration von ca. 200 auf 4400 mg/L (Abbildung 35) beobachtet werden. Mit der Steigerung der Frachten und dem Anwachsen der TS auf bis zu 10,9 g/L ging eine starke Verminderung der Sauerstoffkonzentration am Ende der Belebungsphase einher (Abbildung 36). Auch die prozentuelle CSB-Reduktion verminderte sich von 98 % auf ca. 70 % trotz einer mittleren B_{TS} von nur 0,33 kg CSB/(kg TS*d). Dies ist mitunter auf die geringen Sauerstoffkonzentrationen von 0,2 bis 0,6 mgO₂/L und dem hohen Trockensubstanzgehalt bei dem der Sauerstoffeintrag nur mehr schwer durchführbar ist zurückzuführen. Die CSB-Raumbelastung B_{R,CSB} lag durchschnittlich bei 3,4 kg/(m³/d).

Die durchschnittliche tägliche Schlammbelastung in Phase 3 lag bei 0,3 kgTS/(kgCSB*d). Durch den geringeren TS-Gehalt von ca. 4 g/L und der im Vergleich zur vorangehenden Phase weitaus geringeren Zulaufkraften von 4,1 kgCSB/d (Abbildung 33) konnte fast unmittelbar eine Verminderung der CSB-Ablaufwerte auf ca. 1000 mg/L beobachtet werden (Abbildung 35).

Die Schlammbelastung war in Phase 4 teilweise sehr hoch mit bis zu 0,9 kgCSB/(kgTS*d) (Abbildung 36) und stellte gemeinsam mit dem Absinken des pH-Wertes auf bis zu pH 5 in der Versuchskläranlage für die Mikroorganismen suboptimale Bedingungen dar.

Im Verlauf der Phase trat ein starker Anstieg der CSB-Ablaufkonzentrationen auf bis zu 8500 mgCSB/L (Abbildung 38) auf verbunden mit großen Schwankungen in der CSB-Zulaufkonzentration. Die Belastungsspitzen wiesen Konzentrationen von über 20000 mg/L CSB auf. In Folge unterlag auch die prozentuelle CSB-Reduktion starken Schwankungen (Abbildung 38) die durch die teilweise sehr hohen

Zulaufkonzentrationen aber auch durch den Einsatz eines neuen Konservierungsmittels als Zusatz in den Erfrischungsgetränken hervorgerufen wurden. Als Konservierungsmittel kam Kaliumsorbat (Sicherheitsdatenblatt Kap. 10.2) zur Anwendung. Der Wirkstoff musste von der Getränkefirma im Zeitraum von Mitte bis Ende Juli 2006 im Hinblick auf die genaue Ermittlung der zu dosierenden Menge erprobt werden. Dabei kam es laut Firmeninhaber mehrmals zu einem höheren Austrag ins Abwasser und durch den hohen Verbrauch an Neutralisationsmittel nachweislich zu niedrigen pH-Werten im Zulauf zur Kläranlage. Auch in der Kläranlage selbst kam es zu pH-Wert Absenkungen während der Belebungsphase, der Ablauf wies eine milchige Trübung auf.

Die CSB-Ablaufkonzentrationen in Phase 5 konnten zwar von über 5500 mg/L wieder auf ca. 2500 mg/L CSB gesenkt werden (Abbildung 35), trotz einer durchschnittlichen Schlammbelastung von 0,22 kgTS/(kgCSB*d) erreichte die prozentuelle CSB-Reduktion aber nur zwischenzeitlich Verminderungen von 80-90 %, um dann wieder auf eine Reduktionsleistungen von 40-50 % zu sinken (Abbildung 38). Die geringe prozentuelle CSB-Reduktion ist auf den teilweise erhöhten pH-Wert von bis zu 8 in der Versuchsanlage zurückzuführen. Durch die starke Schaumbildung in der Vorlage und der vorhanden Art der Durchmischung mittels einer grobblasigen Belüftungseinrichtung konnte das Neutralisationsmittel nicht genügend mit dem Abwasser vermischt werden. Die Verringerung der Zulaufmengen von 13,9 auf 1,9 kgCSB/d resultiert hauptsächlich aus den deutlich geringeren CSB-Zulaufkonzentrationen (Abbildung 24) und nicht aus der Verminderung der Beschickung.

Die Schlammbelastung lag in Phase 6 im Bereich von 0,5 bis 0,2 kgTS/(kgCSB*d). Die als Ziel formulierte Ablaufkonzentration von 1000 mg/L CSB konnte dabei bei einer B_{TS} von ca. 0,2 erreicht werden (Abbildung 38). Die Zulaufkonzentrationen lagen dabei im Schwankungsbereich von 3500 bis 17000 mgCSB/L bei Zulaufmengen von 3 bis 9 kgCSB/d (Abbildung 24 und Abbildung 33).

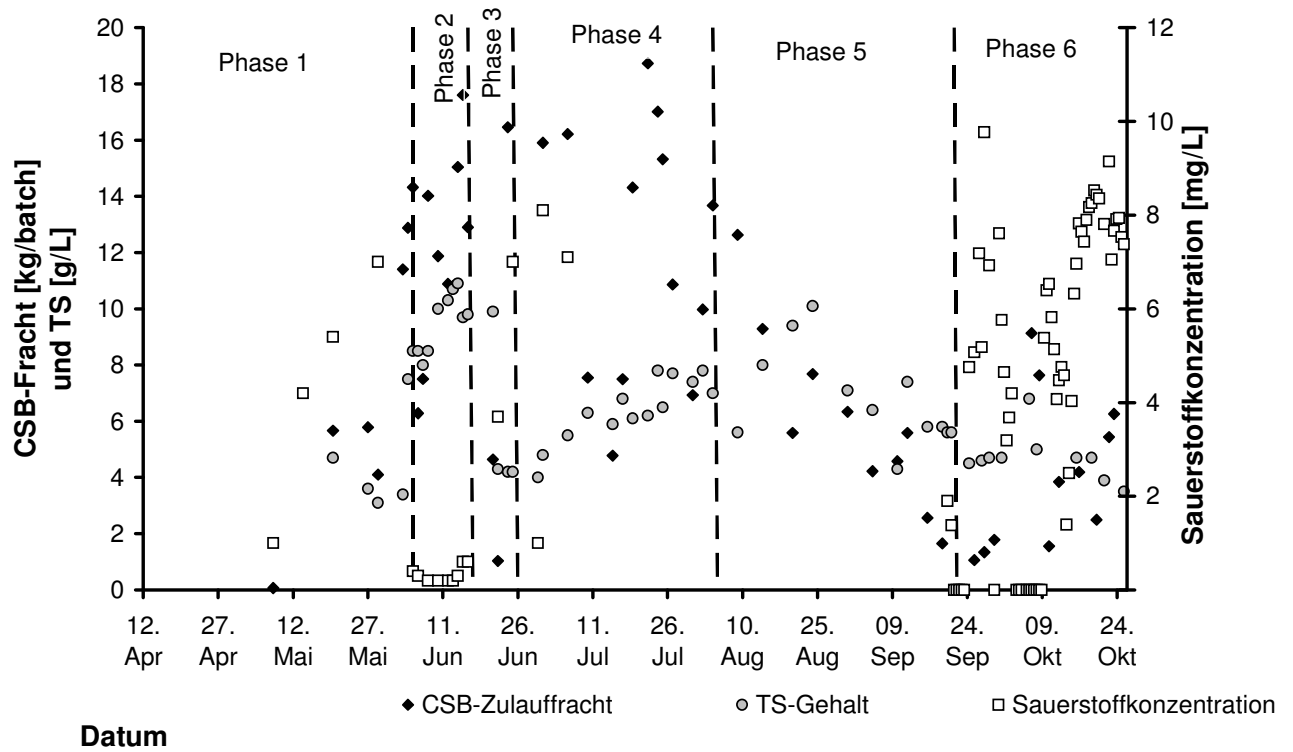


Abbildung 36 Darstellung der Sauerstoffkonzentration und des TS-Gehalt in der Belebung und der CSB-Zulaufkonzentration in der Vorlage.

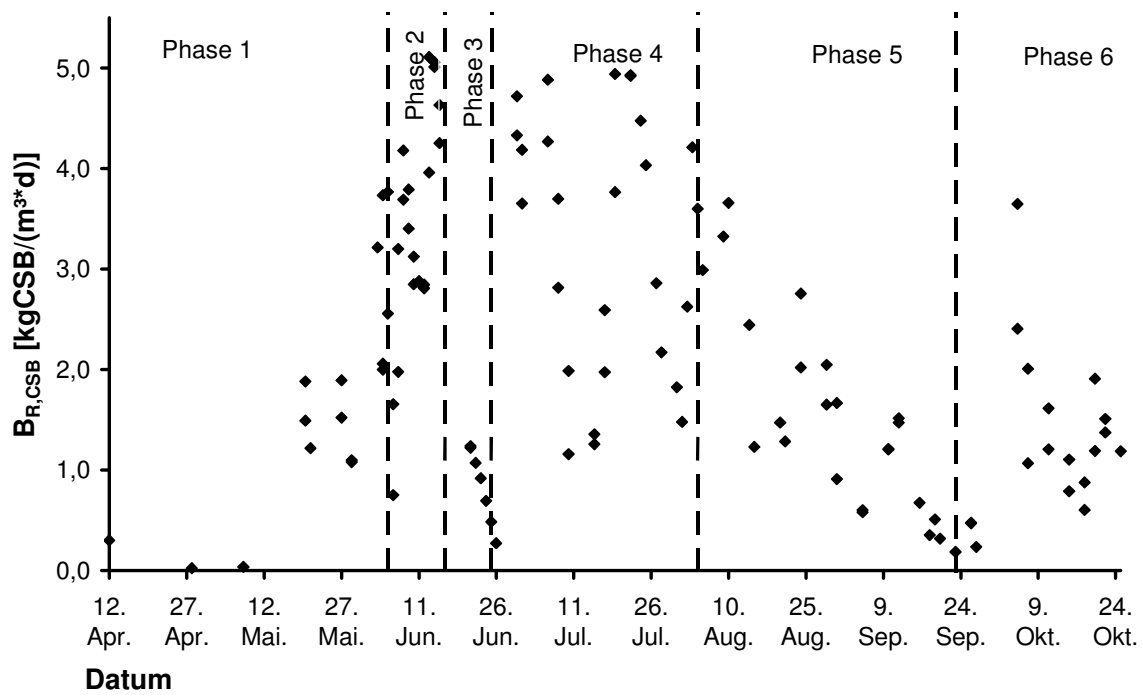


Abbildung 37 CSB-Raumbelastung ($B_{R,CSB}$) der Versuchsanlage.

Aus dem Versuchsverlauf ging eine Schlammbelastung von ca. 0,2 kgCSB/(kgTS*d) hervor, bei der ein CSB-Zielwert von 1000 mg/L im Ablauf in stabilem Betrieb erreicht werden konnte (Abbildung 38 Phase 3, 5 und 6).

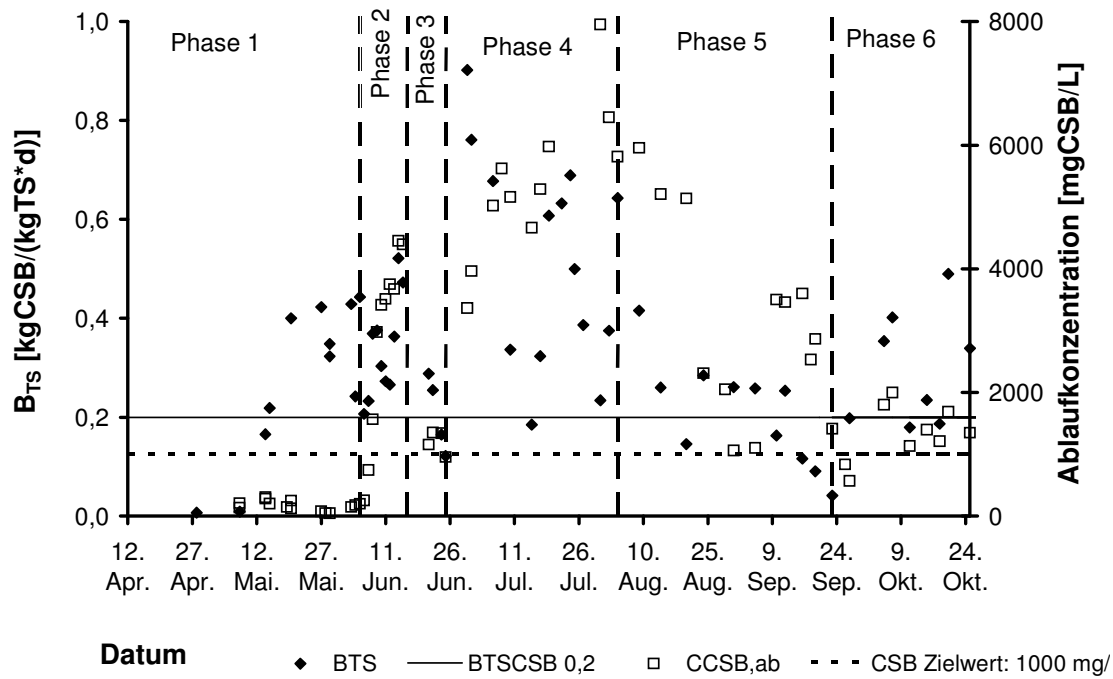


Abbildung 38 Darstellung der B_{TS} und der CSB-Ablaufkonzentration über den Versuchsverlauf.

Abbildung 39 zeigt die Abhängigkeit der CSB-Ablaufkonzentration von der B_{TS} . Grundsätzlich erhöhte sich mit Zunahme der B_{TS} die CSB-Ablaufkonzentration. Ein Anstieg der CSB-Ablaufkonzentration konnte jedoch nicht bei jeder Erhöhung der B_{TS} beobachtet werden, dies ist durch die Auftrittsdauer der jeweiligen B_{TS} , durch die Art des Betriebes der VKA - da während des Betriebes keine dynamische Steuereinheit zur Verfügung stand - und auf die Unterschiede in den B_{TS} - Belastungen im Vorfeld zurückzuführen.

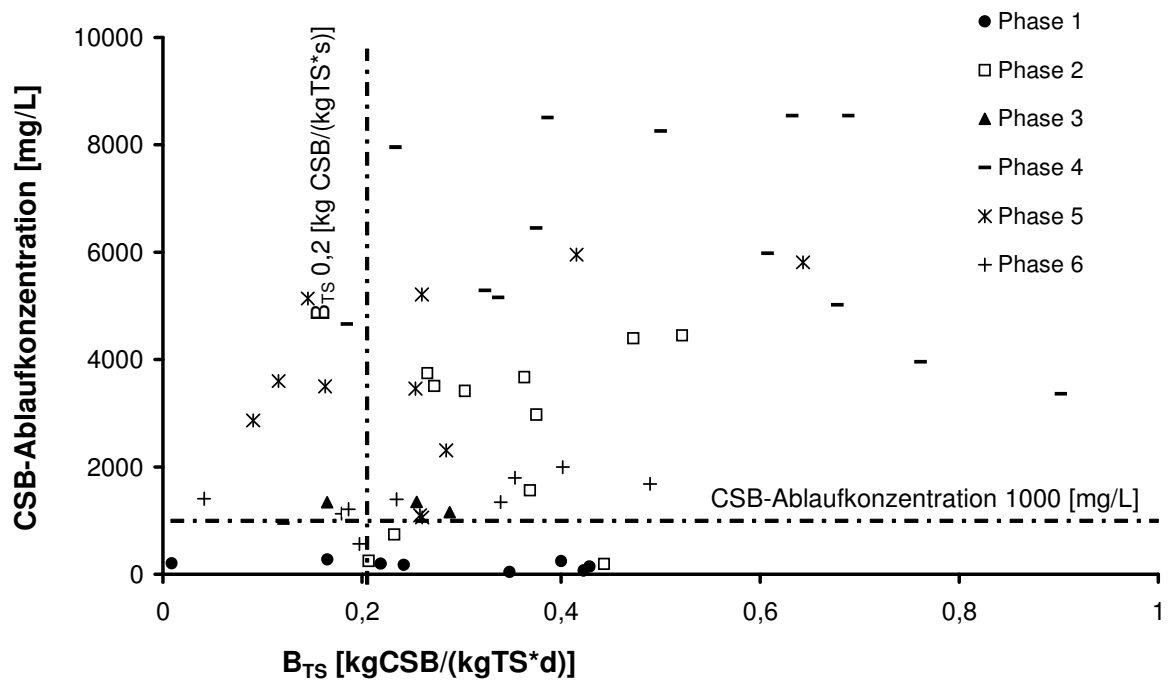


Abbildung 39 Zusammenhang der CSB-Ablaufkonzentration und der BTS

Abbildung 40 zeigt die Abhängigkeit der CSB-Ablaufkonzentration von der CSB-Zulaufkonzentration. In allen Betriebsphasen zeigte sich eine mehr oder weniger starke Zunahme der CSB-Ablaufkonzentration bei Steigerung der CSB-Zulaufkonzentration. Die geringste Korrelation zeigte sich in Phase 4 mit nur 0,9%, am ausgeprägtesten waren die Korrelationen in Phase 1 (84,9%) und Phase 6 (51,7%).

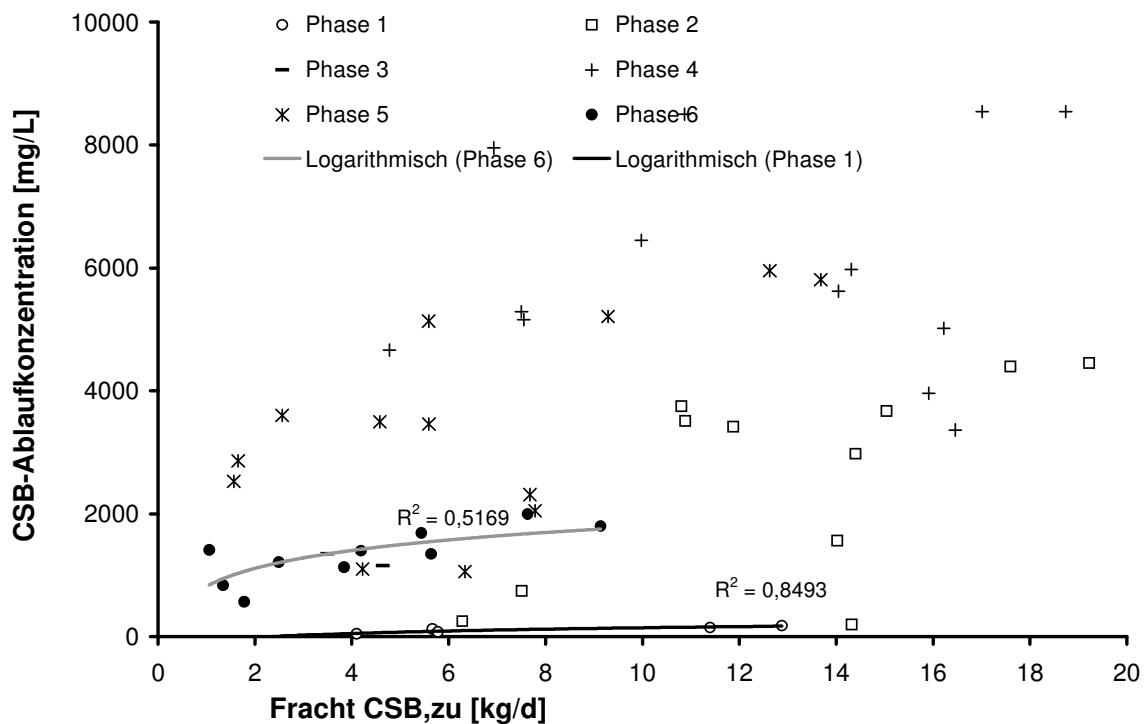


Abbildung 40 Abhängigkeit der CSB-Ablaufkonzentration von der in der Vorlage gemessenen CSB-Zulaufkraft.

Betrachtet man die Abhängigkeit der Schlammbelastung von der Reinigungsleistung über den Versuchsverlauf so kann nur ein Korrelationskoeffizient von 5% festgestellt werden. Aus Abbildung 41 ist jedoch ersichtlich, dass eine Reinigungsleistung von 80 - beinahe 100% nur bei Schlammbelastungen bis maximal 0,4 kgCSB/(kgTS*d) erzielt werden kann. Die teilweise hohen Reinigungsleistungen von bis zu 84% bei höheren B_{TS} (0,7-0,9 kgCSB/(kgTS*d)) sind auf den Verlauf der Belastungen zurückzuführen, da die B_{TS} sehr stark und in kurzen Intervallen streuen (0,2-0,9 kgCSB/(kgTS*d)), außerdem produktionsbedingt Phasen hoher und niedriger Belastung oftmals aufeinander folgen. Weiters lassen Abbildung 41 und Abbildung 42 darauf schließen, dass bei höheren Belastungen (B_{TS} und CSB-Zulaufkräften) eine erhöhte Mikroorganismenaktivität vorherrscht und dadurch bei höheren Belastungen auch hohe Abbauraten bzw. höhere prozentuelle Reinigungsleistung vorliegen.

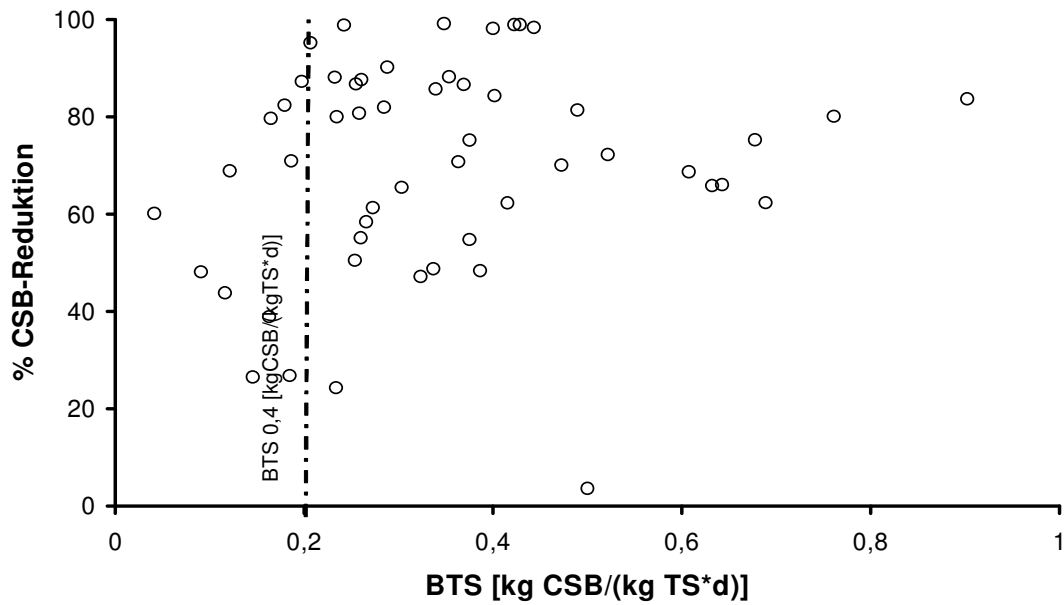


Abbildung 41 Vergleich der prozentuellen Reinigungsleistung mit der BTS.

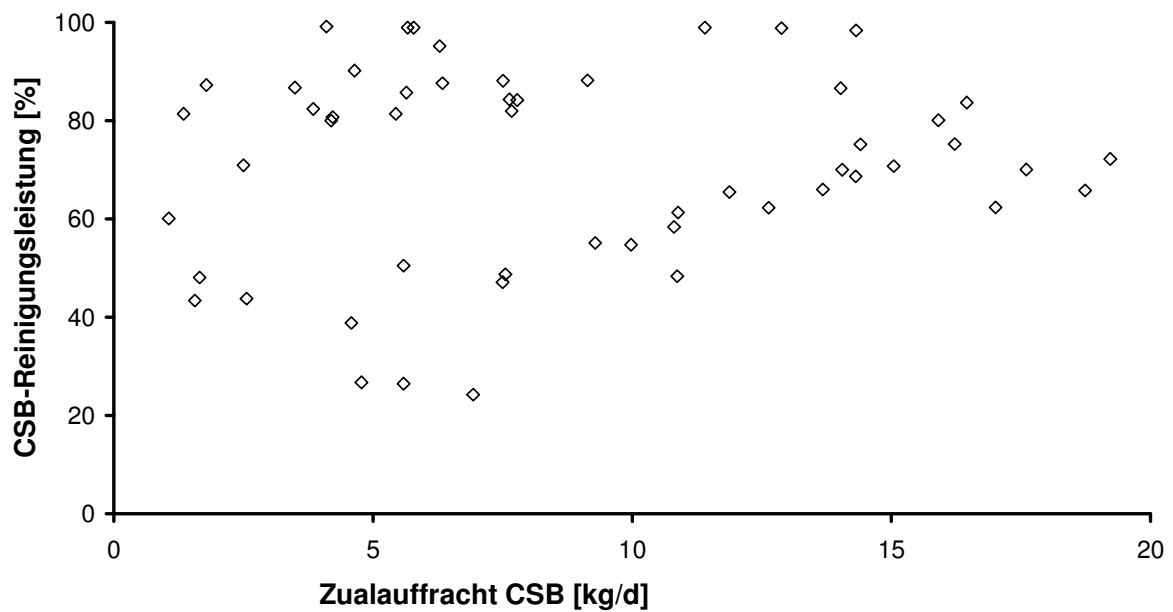


Abbildung 42 Vergleich der prozentuellen Reinigungsleistung mit der CSB-Zulauffracht.

Belebungsanlagen von kommunalen Kläranlagen weisen nach GEROLF (s.a.) üblicherweise die in Tabelle 17 zusammengestellten Betriebsparameter auf, im Vergleich dazu wies die hier betrachtete Industrieanwendung die in Tabelle 18 folgenden Kennwerte auf.

Tabelle 17 Betriebsparameter einer kommunalen Belebungsanlage unter unterschiedlichen Anforderungen (GEROLF s.a.)

	Schlammbelastung B_{TS} [kgBSB₅/(kgTS*d)]	Raumbelastung B_R [kgBSB₅/m³*d]	Überschussschlamm ÜS [kgTS/kg BSB₅]	Schlammalter t_{TS} [d]
Schlammstabilisation	≤ 0,05	0,20-0,25	< 0,54	≥ 25
Nitrifikation	≤ 0,10	0,38-0,5	< 0,65	≥ 8
Weitgehender C- Abbau	≤ 0,30	0,75-1	< 0,83	≥ 4

Tabelle 18 fasst zusammen, dass die geforderte Ablaufkonzentration von 1000 mgCSB/L bei einer Schlammbelastung von im Mittel 0,2 kgCSB/(kgTS*d) erreicht werden. Abbildung 39 zeigt, dass die Schlammbelastung kurzfristig auf über 0,4 kgCSB/(kgTS*d) gesteigert werden kann um die geforderte Ablaufkonzentration von 1000 mg/L dennoch zu erreichen. Der Trockensubstanzgehalt konnte mit dem verwendeten Gebläse auf bis zu 7 g/L erhöht werden, bei weiterer Erhöhung und gleich bleibender B_{TS} konnte der Sauerstoffbedarf nicht mehr ausreichend gedeckt werden, ein Anstieg der Ablaufkonzentration folgte.

Tabelle 18 Betriebsparameter der Versuchskläranlage

Erreichte Ablauf- konzentration [mg/L]	Schlamm- belastung B_{TS} [kgCSB/(kgTS*d)]	Raum- belastung B_R [kgCSB/m³*d]	Überschuss- schlamm ÜS [kgTS/kg CSB]	Trocken- substanz TS [g/L]	% CSB Reinigungs- leistung [%]
1000	0,1-0,3	0,5-1,2	0,6-1	3,5-7	80-90
3000	0,1-0,4	1-1,5	0,2-0,7	5,6-9,5	60-85
5000	0,3-0,7	1,5-4,5	0,08-0,15	5,8-11	30-75

Aufgrund dieser Ergebnisse wurde eine B_{TS} von 0,2 kgCSB/(kgTS*d) als realistischer Wert erachtet die geforderte Ablaufkonzentration von ca. 1000 mg/L auch im Großmaßstab zu erreichen. Eine Ausstattung mit Belüftern höherer Leistung ermöglicht Trockensubstanzgehalte etwas über 7 g/L damit einher geht, bei Erhöhung des Strombedarfes, eine Verminderung des Belebungsbeckenvolumens.

Für die Abschätzung der Nährstoff- und Neutralisationsmittelmenge für die optimierte Planung wurde von der im Versuchsverlauf ermittelten, durchschnittlichen Abwasserkonzentration im Vorlagebehälter von ca. 10500 mgCSB/L ausgegangen. Der daraus ermittelte Nährstoffbedarf ist in Tabelle 19 dargestellt.

Tabelle 19 Nährstoff- und Neutralisationsmittelbedarf für einen Abwasserstrom von 10,8 m³/d mit einer durchschnittlichen Konzentration von 10.500 mgCSB/L

Nährstoff / Neutralisationsmittel	Substrat	Substratbedarf je 10 m ³ AW u. 10.500 mg/L CSB
N	Harnstoff OC(NH ₂) ₂	5,4 kg mit H ₃ PO ₄ 4,6 kg mit (NH ₄) ₂ HPO ₄
	Diammoniumphosphat (NH ₄) ₂ HPO ₄	2 kg
P	Phosphorsäure 75 % H ₃ PO ₄	1,3 kg = 1,1 L
	Natronlauge 25 % NaOH 25 %	43 kg = 34 L

5.3.2 Belebtschlammeigenschaften

Das durchschnittliche Schlammalter aus dem Versuchsverlauf errechnete sich mit Hilfe der in 4.8.1 besprochenen Formel und aus den in

Tabelle 20 folgenden mittleren Abwasser- und Betriebsparametern. Mit diesen Parametern konnte ein mittleres t_{TS} von 35 Tagen errechnet werden.

Tabelle 20 Mittlere Abwasser- und Betriebsparameter zu Berechnung des Schlammalters.

V_{BB} [m ³]	TS_{BB} [g/L]	$Q\ddot{U}_{sd}$ [L/d]	$TS_{üs}$ [g/L]	Q_d [m ³]	X_{TSAB} [g/L]
4,2	6,4	7	10,3	950	0,7

Bei Schlammindeces von maximal 111 mL/g (Abbildung 44) und Trockensubstanzgehalten von < 6 g/L wurde in Phase 1 eine gute Absetzbarkeit erreicht. In Phase 2 wurde der TS-Gehalt auf bis zu 10,8 g/L (Abbildung 44) erhöht. Das Schlammvolumen lag bei durchschnittlich 690 mL/L, durch die daraus resultierenden Schlammindeces von 68 bis 79 mL/g konnte eine sehr gute Absetzbarkeit erreicht werden. Nach Verringerung des Trockensubstanzgehaltes auf ca. 4,3 g/L durch das Abpumpen des Schlammes am Ende der Absetzphase und teilweise auch durch Schlammabtrieb verschlechterte sich die Absetzbarkeit in Phase 3 in der Belebung stark. Bei Schlammindeces von bis zu 224 mL/g trat Blähschlamm und Schaum in der VKA auf. Der TS-Gehalt in Phase 4 lag im Bereich von 4,8 bis 7,8 mg/L (Abbildung 44). Wurden zu Beginn der Phase Schlammindeces ISV von über 200 gemessen konnte gegen Ende bei TS-Gehalten von ca. 7 ein ISV von ca. 70 mL/g erreicht und somit die Absetzbarkeit erheblich verbessert werden. Bei einem durchschnittlichem ISV von 123 ml/g und einem Trockensubstanzgehalt von mehr als 5 g/L war die Absetzbarkeit in Phase 5 sehr gut. Trotz Wiederaufnahme der Nährstoffdosierung und durchschnittlicher

Verhältnisse den Trockensubstanzgehalt sowie die Schlammbelastung betreffend (Abbildung 43), konnte auch in dieser Phase fallweise eine starke Schaumbildung beobachtet werden. Der TS-Gehalt in Phase 6 lag durchschnittlich bei 4,7 g/L. Obwohl die B_{TS} nicht über 0,5 kg CSB/(kgTS*d) (Abbildung 43) anstieg, war der ISV zwischenzeitlich sehr hoch (Abbildung 44). In Folge war die Absetzbarkeit sehr schlecht, es traten Blähschlamm, Schwimmschlamm und kurzzeitig Schaumbildung auf. Erst zu Ende der Phase konnte eine Verminderung des ISV auf ca. 200 mL/g erreicht werden.

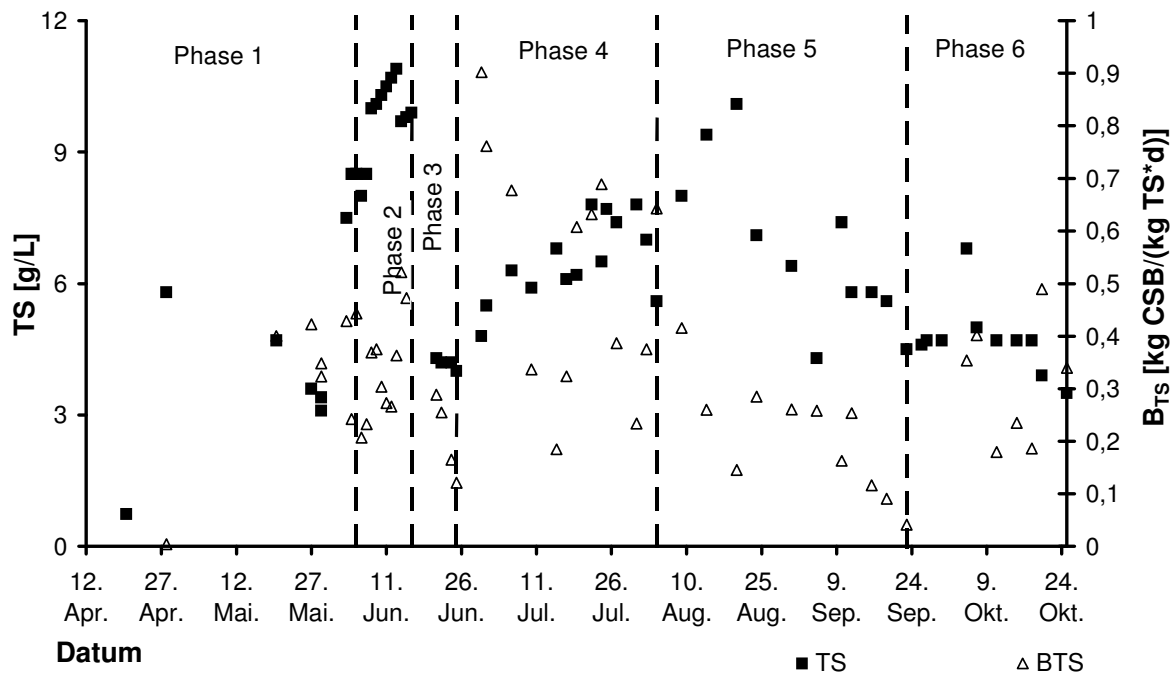


Abbildung 43 Verlauf des Gehaltes an TS und der Schlammbelastung B_{TS}

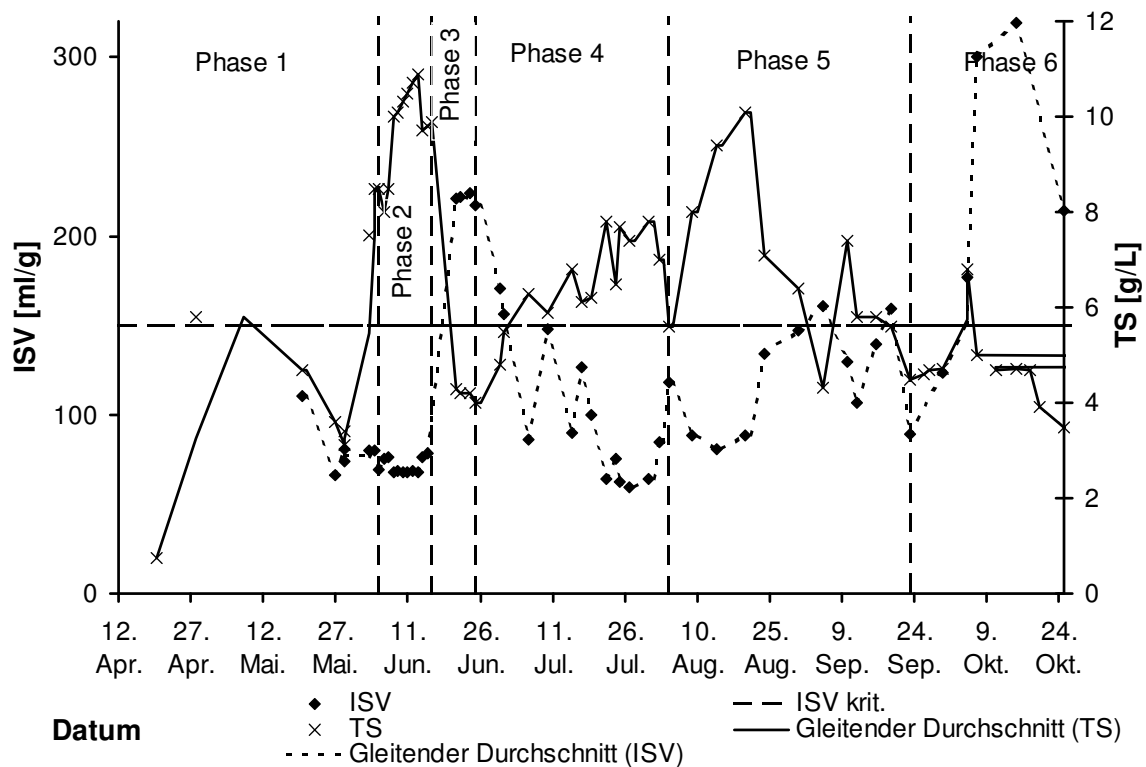


Abbildung 44 Darstellung des ISV und des TS

Der ISV wird als kritisch bezeichnet wenn er eine Konzentration von mehr als 150 mg/L aufweist. Der Schlamm setzt sich bei solchen Konzentrationen schlecht ab, dies kann zu einer Verminderung des TS- Gehaltes durch Schlammabtrieb führen.

Der Schlammindex (ISV) wies größtenteils Werte unter 100 mL/g auf, jedoch war er in der letzten Phase vor allem zu Beginn durch massenhaftes Auftreten fadenförmiger Bakterien stark überhöht (Abbildung 44 und Abbildung 50). Dies hing von den teilweise geringen Trockensubstanzgehalten ($TS < 4 \text{ g/L}$), den jahreszeitlichen Schwankungen, den Temperaturänderungen von bis zu 15°C zwischen Tag und Nacht was ein Absinken der Temperatur im Belebungsbecken von 18°C auf ca. 12°C bewirkte und den Eigenschaften des Abwassers ab. Aus dem Versuchsverlauf wurde deutlich, dass das Auftreten von Blähschlamm und Schaum bei Trockensubstanzgehalten von mehr als 6 g/L verringert werden kann. Aus (Abbildung 44) geht hervor, dass bei höheren TS- Gehalten deutlich geringer Schlammindizes auftraten. So wurde die Versuchskläranlage in Phase 2 mit TS- Gehalten von bis zu $10,8 \text{ g/L}$ betrieben, dementsprechend niedrig war auch der ISV. Da der hohe TS- Gehalt negative Einwirkungen auf den Sauerstoffeintrag ausübte (Abbildung 36) wurde der TS- Gehalt in Phase 3 stark gesenkt. Die Folge war ein sprunghafter Anstieg des ISV und damit verbunden eine Verschlechterung der Absetzeigenschaften (Abbildung 44). Die Sauerstoffkonzentration, gemessen in der Versuchskläranlage jeweils am Ende des Belüftungsintervalls, stieg wiederum mit dem Absinken des TS-Gehaltes. Vor allem die CSB-Zulaufmengen

übten einen starken Einfluss auf die Sauerstoffkonzentration aus, bei höheren Frachten kam es zu vermehrter Sauerstoffzehrung, das heißt zu einem Absinken der Sauerstoffkonzentration in der Versuchskläranlage (Abbildung 36).

Die Daten der Sauerstoffmessung aus Abbildung 45 wurden über den Versuchszeitraum mit der mobilen Sauerstoffsonde bzw. mit der fix installierten Sauerstoffsonde (20.09. – 26.10.2006) jeweils kurz vor Beginn der Absetzphase gemessen. Abbildung 45 veranschaulicht dabei mit einer Korrelation von ca. 60% die Abhängigkeit der Sauerstoffkonzentration von der Erhöhung des TS-Gehaltes im Belebungsbecken sowie mit einer Korrelation von 4,1% den Zusammenhang zwischen Sauerstoffkonzentration und Steigerung der CSB-Zulaufkraft. Die Sauerstoffkonzentration zeigte bei Erhöhung des TS-Gehaltes auf Konzentrationen von über 6 g/L einen abrupten Abfall, während die Steigerung der CSB-Zulaufkraft einen stetigen und linearen Konzentrationsabfall verursachte.

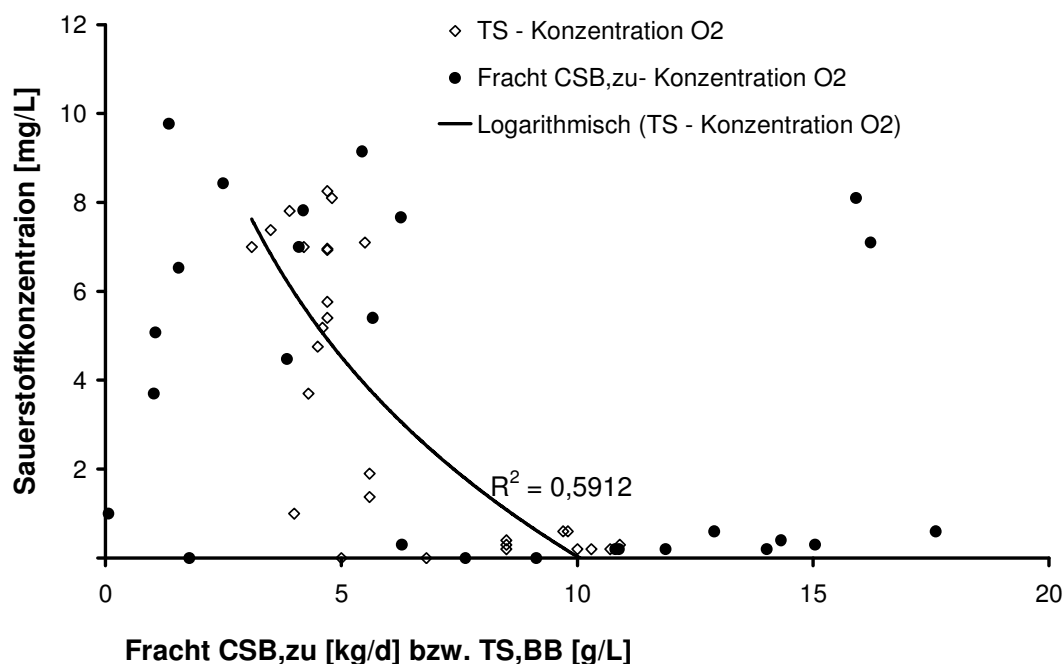


Abbildung 45 Abhängigkeit des TS-Gehaltes und der CSB-Zulaufkraften von der Sauerstoffkonzentration (gemessen in der VKA kurz vor Beginn der Absetzphase).

Abbildung 46 stellt die Abhängigkeit der Sauerstoffkonzentration von der Schlammbelastung dar, auch hier zeigt sich nur ein geringer Zusammenhang zwischen dem Anstieg der B_{TS} und der Sauerstoffkonzentration, der Korrelationskoeffizient liegt nur bei ca. 10%.

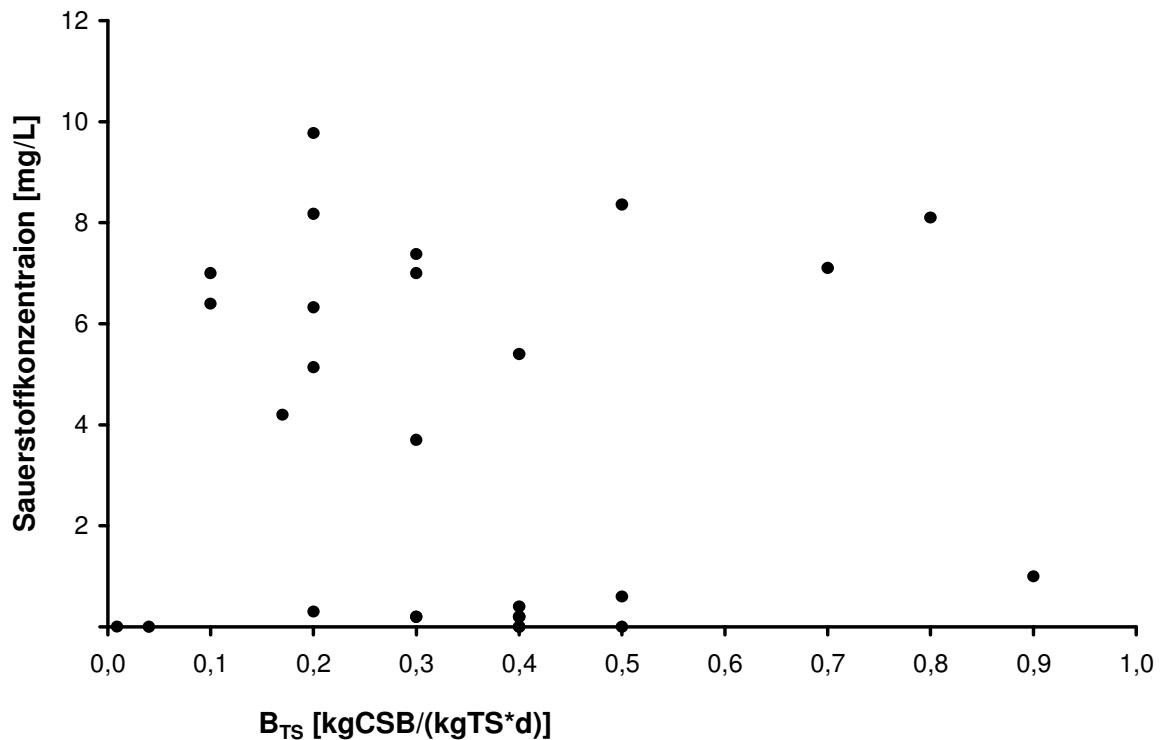


Abbildung 46 Abhängigkeit der Sauerstoffkonzentration von der Schlammbelastung

Die Überschussschlammproduktion unterlag starken Schwankungen (0,1-1,1 kgTS/(kgCSB*d)), die auf die ständigen Schwankungen der Zulaufmengen zurückzuführen sind. Die durchschnittliche spezifische Schlammproduktion lag bei 0,23 kgTS/(kgCSB*d).

Aus den Auswertungen geht bei hoher Schlammbelastung eine niedrigere spezifische Überschussschlammproduktion hervor als bei schwacher Belastung der VKA (Abbildung 47). Auch EKKERLEIN (2001) berichtete, dass in SBR-Anlagen zur Reinigung von hoch belastetem Molkereiabwasser jene Anlagen mit hoher Schlammbelastung eine geringere spezifische Überschussschlammproduktion aufwiesen als jene mit geringerer Schlammbelastung.

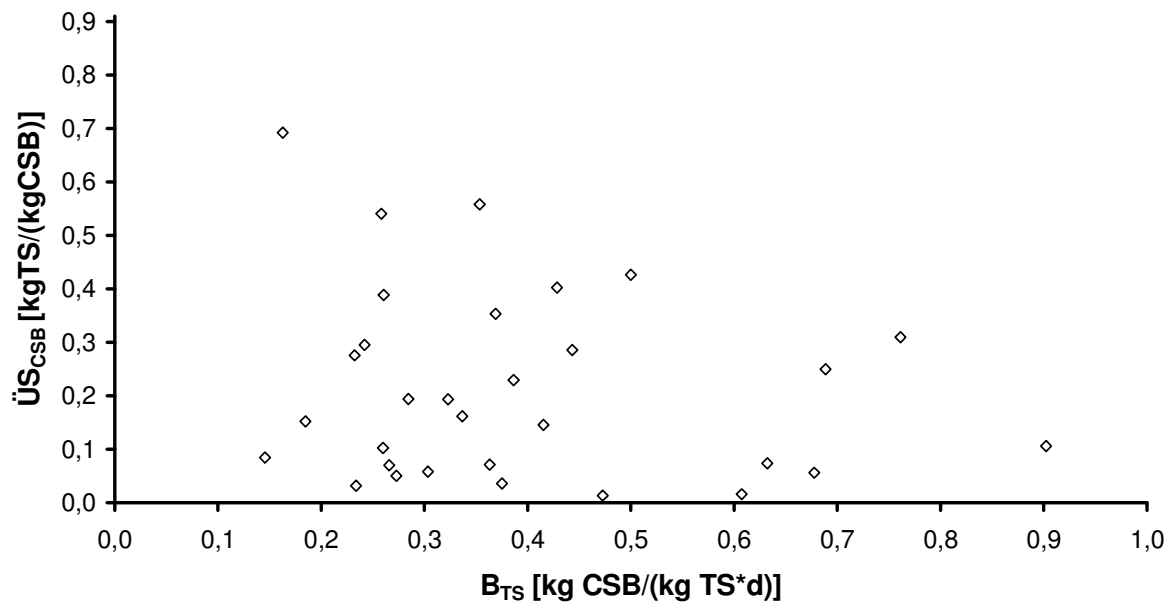


Abbildung 47 Zusammenhang zwischen der spezifischen Schlammproduktion $\dot{U}_{C,CSB}$ und der Schlammbelastung B_{TS}

Abbildung 48 zeigt den Zusammenhang zwischen spezifischer Schlammproduktion und CSB-Fracht im Kläranlagenzulauf – hier zeigte sich mit einer Korrelation von ca. 45% die Tendenz, dass bei hohen CSB-Frachten (über 4 kgCSB/d) vergleichsweise geringere Mengen an Überschussschlamm produziert wurden. Es ist zu erkennen, dass eine $\dot{U}_{C,CSB}$ von maximal 1,1 kgTS/kgCSB auftrat – die durchschnittliche $\dot{U}_{C,CSB}$ lag jedoch bei (0,23 kgTS/(kgCSB*d)).

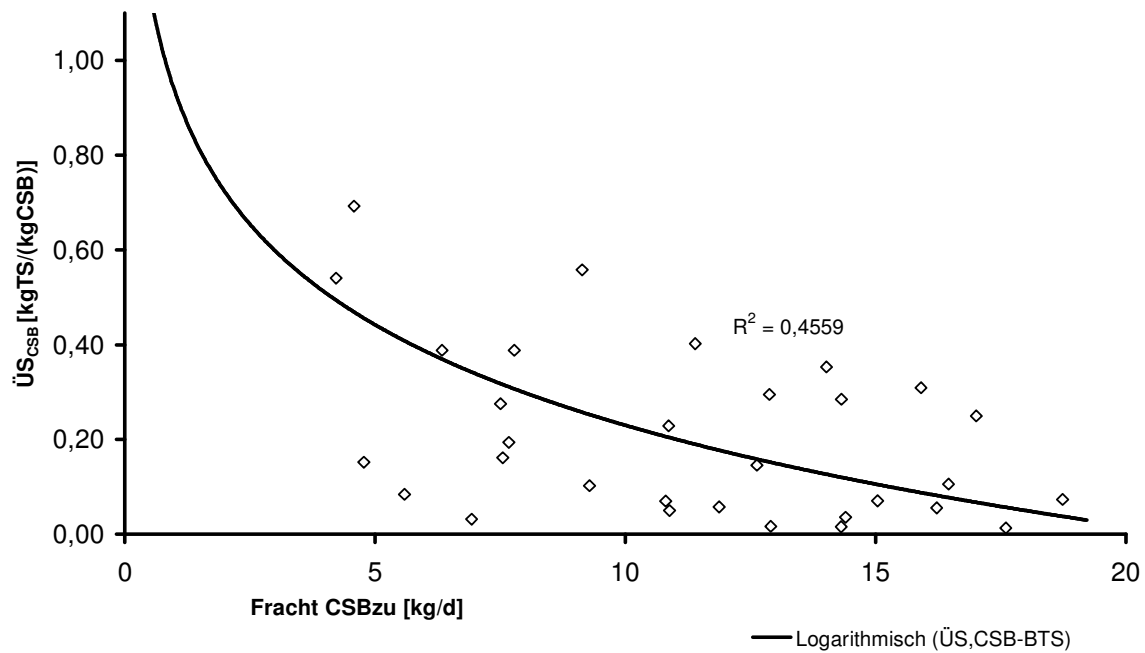


Abbildung 48 Vergleich der spezifischen Schlammproduktion ($\dot{U}_{S,CSB}$) mit der CSB-Fracht im Zulauf zur VKA

Die Belebtschlammflocken in Phase 1 waren mittelgroß bis groß, offen und fest. Die durch den Typ 021N verursachte Fädigkeit bewegte sich zwischen gering und mäßig, das Vorkommen freier Bakterien war häufig. Bei den vereinzelt durchgeführten Beobachtungen konnten Flagellaten, verschiedene Arten von Ciliaten wie Glaucoma, Dexiostoma (Nierentierchen), Paramecium (Pantoffeltierchen) und von den festsitzenden Arten zu Ende der Phase Vorticella sp. identifiziert werden. Von den Mehrzellern traten vor allem Rotaria (Sauginfusorien) und Nematoden (Fadenwürmer) auf.

Das mikroskopische Schlammbild in Phase 2 wies eine geringe Fädigkeit, verursacht durch die Bakterien Thiobacillus (Schwefelbakterien) und Typ 021N, auf. Die Flocken waren mittelgroß, offen und fest. Freie Bakterien traten in mäßiger bis starker Anzahl auf. Es kamen einige Bäumchenbakterien (Zoogloea) vor, und von den Glockentierchen traten die beiden Arten Zoothamnium (einzelne Kolonien) und Vorticella spp. (einige) auf. Es wurden auch Flagellaten in einer Anzahl von 5-10 Organismen und von den Rhizopoda Nackt- und Schalenamöben in einer Dichte von jeweils 1-5 Organismen beobachtet. Der Belebtschlamm kann in dieser Phase als stabil und die Mikroorganismen als den hohen Belastungen angepasst bezeichnet werden.

Die Flockenstruktur in Phase 3 war durch kleine bis mittelgroße Flocken und von schwächerem Zusammenhalt gekennzeichnet. Die durch Thiobacillus und Typ021N gebildete Fädigkeit war stark und das Auftreten der freien Bakterien häufig. Neben einigen Rhizopoda kamen vorwiegend Flagellaten vor.

Zu Beginn und Ende der Phase 4 wurde eine etwas höhere Aktivität (5-10 Organismen) an Flagellaten und einigen Rhizopoda beobachtet. Die fadenförmigen Bakterien vertreten durch *Thiothrix* und *Fusarium* (Pilzfäden) waren in geringer bis mäßiger Anzahl vorhanden und das Auftreten der freien Bakterien kann als massenhaft bezeichnet werden. Bis zum 22. Juli konnten *Zoothamnium* und *Paramecium* beobachtet werden. Die Flocken wiesen eine große Oberfläche, geringe Festigkeit und viele Hohlräume auf. Im Zeitraum vom 22. bis zum 27. Juli herrschte aufgrund des Absinkens des pH-Wertes in der Belebung auf pH 5,5 geringe bis gar keine Mikroorganismenaktivität. Ab dem 31. Juli konnte wieder eine Zunahme der Aktivität und der Artenvielfalt festgestellt werden.

In Phase 5 wurde eine durch *Fusarium* und *Thiothrix* verursachte geringe bis mäßige Fädigkeit und ein geringes bis häufiges Auftreten von freien Bakterien beobachtet. Die Flockenstruktur zeichnete sich wie schon in den Phasen davor auch durch viele Hohlräume, mittelgroße Flocken und mittlere Festigkeit aus. Die Artenvielfalt hatte wieder zugenommen. Es befanden sich zwar noch immer viele Flagellaten und auch einige Rhizopoda im Belebtschlamm jedoch traten auch wieder Ciliaten wie *Zoothamnium*, *Dexiostoma*, *Glaucoma*, *Aspidisca* und *Paramecium* in einer Anzahl von je 1 bis 5 Organismen je Tropfen Belebtschlamm in Erscheinung. Ab dem 24. August konnten auch Rotaria und Nematoden beobachtet werden. Das Gesamtbild konnte als stabil und den hohen Belastungen und teilweise geringen Sauerstoffkonzentrationen entsprechend bezeichnet werden.

Die Belebtschlammflocken in Phase 6 waren mittelgroß, relativ fest, offen und von vielen Fäden durchzogen. Die von *Thiothrix* und *Fusarium* verursachte Fädigkeit war sehr stark (Abbildung 50). Es kamen einige freie Bakterien und eine geringe Anzahl an Flagellaten vor. Von den Ciliaten konnten *Vorticella* (Abbildung 49), *Zoothamnium*, *Dexiostoma*, *Glaucoma*, *Aspidisca* und *Paramecium* mit jeweils 1-5 Individuen beobachtet werden. Von den Mehrzellern kamen in dieser Phase nur Nematoden vor.

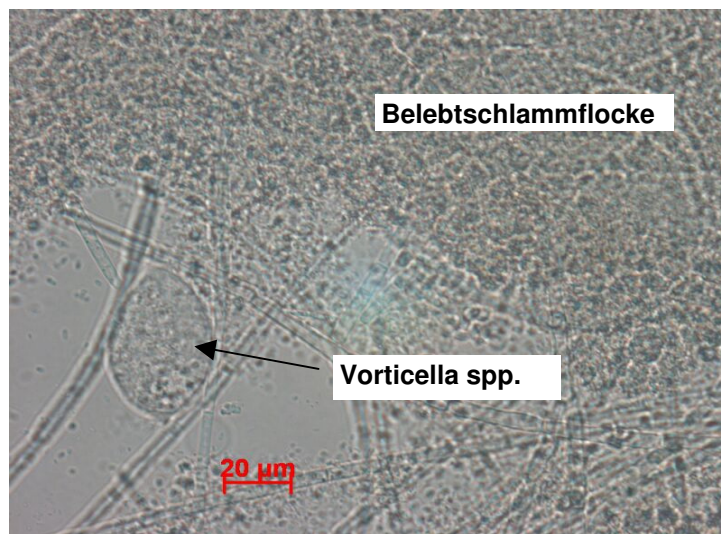


Abbildung 49 Belebtschlammflocke mit starker Fädigkeit (Phase 3), im Bild links Vorticella spp.

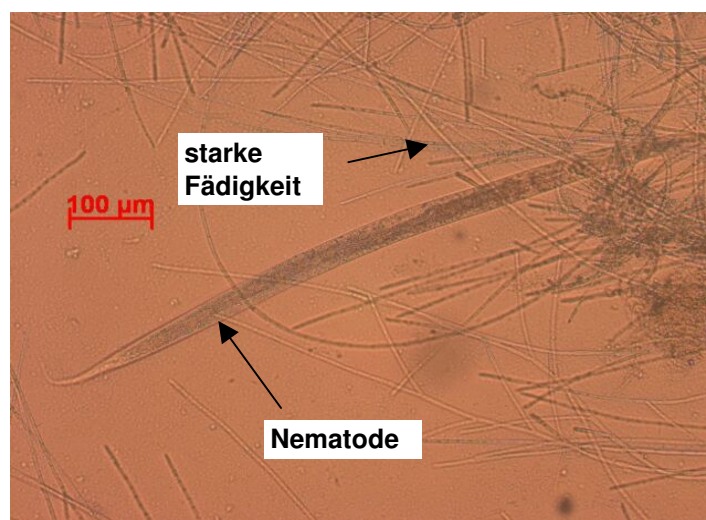


Abbildung 50 Nematode mit sehr starker Fadenbakterienbildung (Phase 5)

Die Zusammensetzung des belebten Schlammes entsprach im Grossen und Ganzen der Beschreibung höher belasteter Anlagen nach BLW (1999) mit muffigem Geruch, großen unregelmäßigen Flocken, sehr heller Färbung, vereinzelt oder gehäuft vorkommender Blähschlammbildung, teilweise starker Trübung verursacht durch freie Bakterien und eine eingeschränkte Artenvielfalt mit höherer Individuenzahl pro Art.



Abbildung 51 Schaumbildung in der Versuchskläranlage (Phase 6)

Die fallweise starke Schaumbildung an der Oberfläche des Belebungsbeckens kann mehrere Ursachen haben. So kann es am Auftreten von fadenförmigen Mikroorganismen liegen, die Gas- und Luftbläschen einfangen und so Schaum erzeugen, die Ursache kann aber auch ein Nährstoffmangel oder eine Stoßbelastung mit kohlenstoffhaltigem Substrat sein (Abbildung 51) (GERARDI 2006).

5.3.3 Abfiltrierbare Stoffe

Der Anteil der abfiltrierbaren Stoffe AFS im Ablauf der VKA erreichte im Versuchsverlauf im Mittel eine Konzentration von 700 mg/L (Abbildung 52). Dies ist vor allem auf die in Phase 4 und teilweise in Phase 5 hohen, zugeführten Frachten und der in Folge von Überlastung massenhaft aufgetretenen freien Bakterien zurückzuführen. Da die CSB-Konzentration des Kläranlagenablaufes an der filtrierten Probe bestimmt wurde und es zu einer Überschreitung des von der Behörde vorgegebenen Grenzwertes von 150 mgAFS/L kam, wurde zur groben Abschätzung des Gehaltes an organischer Substanz, sowie dessen CSB-Gehaltes, zusätzlich der Glühverlust gemessen. Aus der Darstellung in Abbildung 52 geht hervor, dass der in den AFS vorhandene CSB im Durchschnitt bei 600 mg/L liegt. Die größten Konzentrationen an AFS traten in Phase 4 und zu Beginn von Phase 5 auf, was einen stärkeren Anstieg der CSB-Konzentration durch die AFS als in den übrigen Phasen bewirkte. Im Mittel wird die CSB-Ablaufkonzentration dadurch um 22 % erhöht (Abbildung 55).

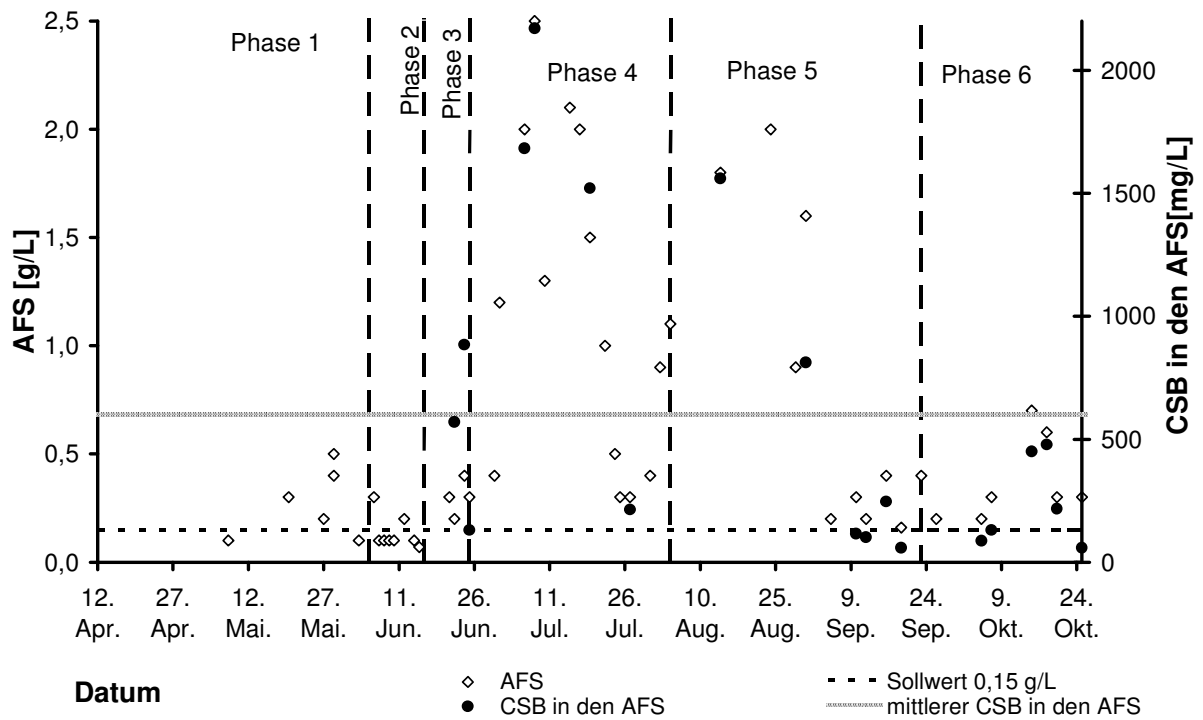


Abbildung 52 Darstellung der AFS und des CSB in den AFS im Ablauf der VKA.

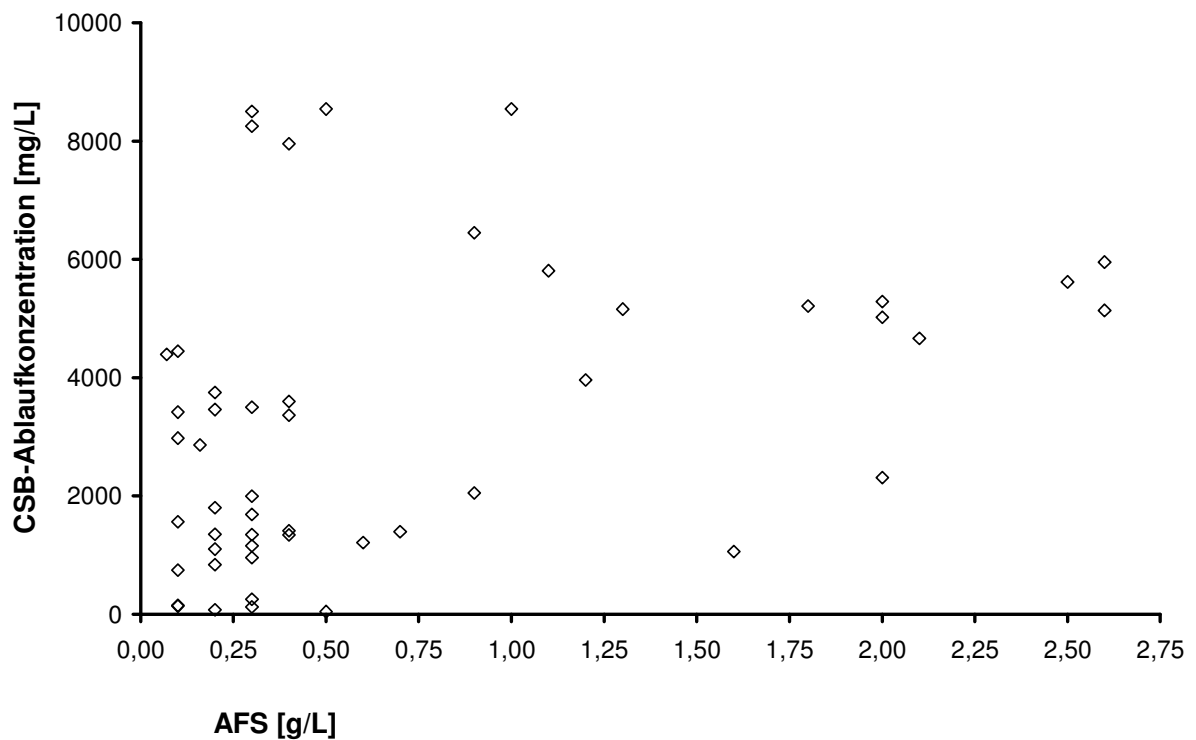


Abbildung 53 Abhängigkeit der CSB-Ablaufkonzentration von den AFS im Ablauf der VKA.

Bei den durchgeführten Messungen zeigten sich durch die AFS zusätzliche prozentuelle CSB-Erhöhen im Kläranlagenablauf von 2-77 % (Abbildung 54 und Abbildung 55). Es konnte nur eine geringe Korrelation (ca. 10%) zwischen dem Anstieg der Ablaufkonzentration und der prozentuellen Erhöhung der CSB-Konzentration im Ablauf festgestellt werden (Abbildung 54).

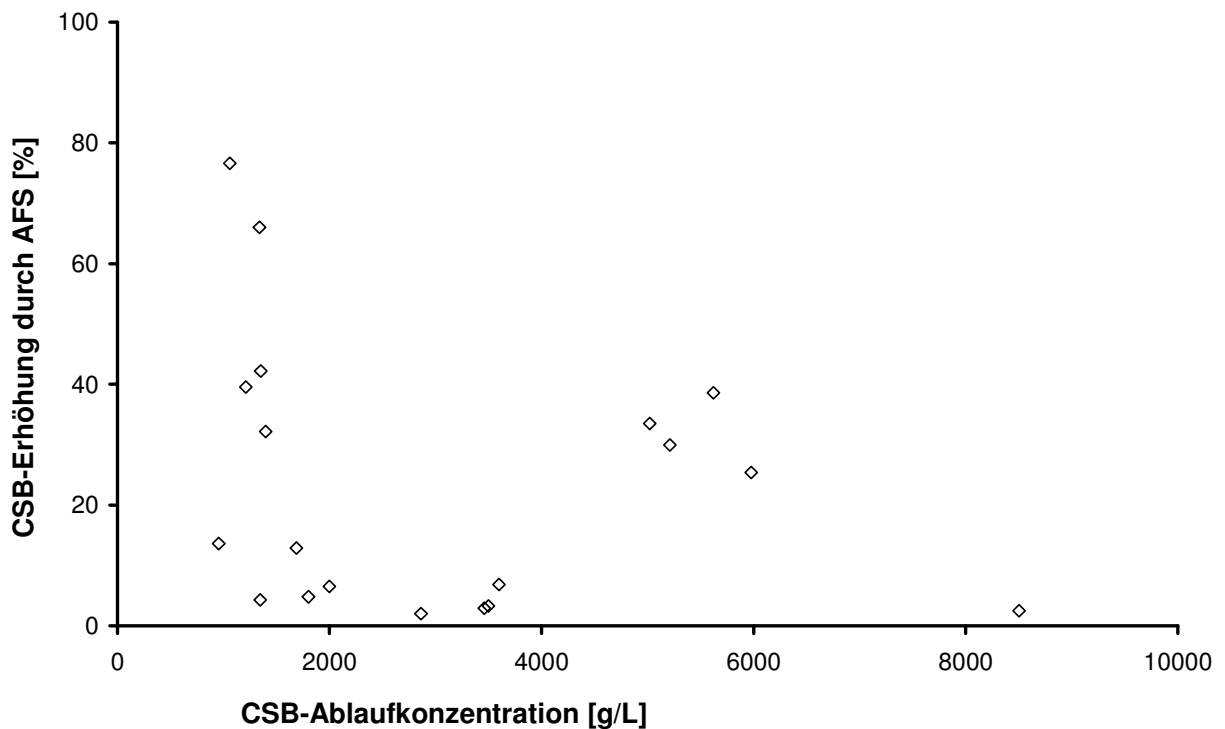


Abbildung 54 Zusammenhang zwischen der CSB-Ablaufkonzentration und der prozentuellen Erhöhung durch die AFS im Kläranlagenablauf.

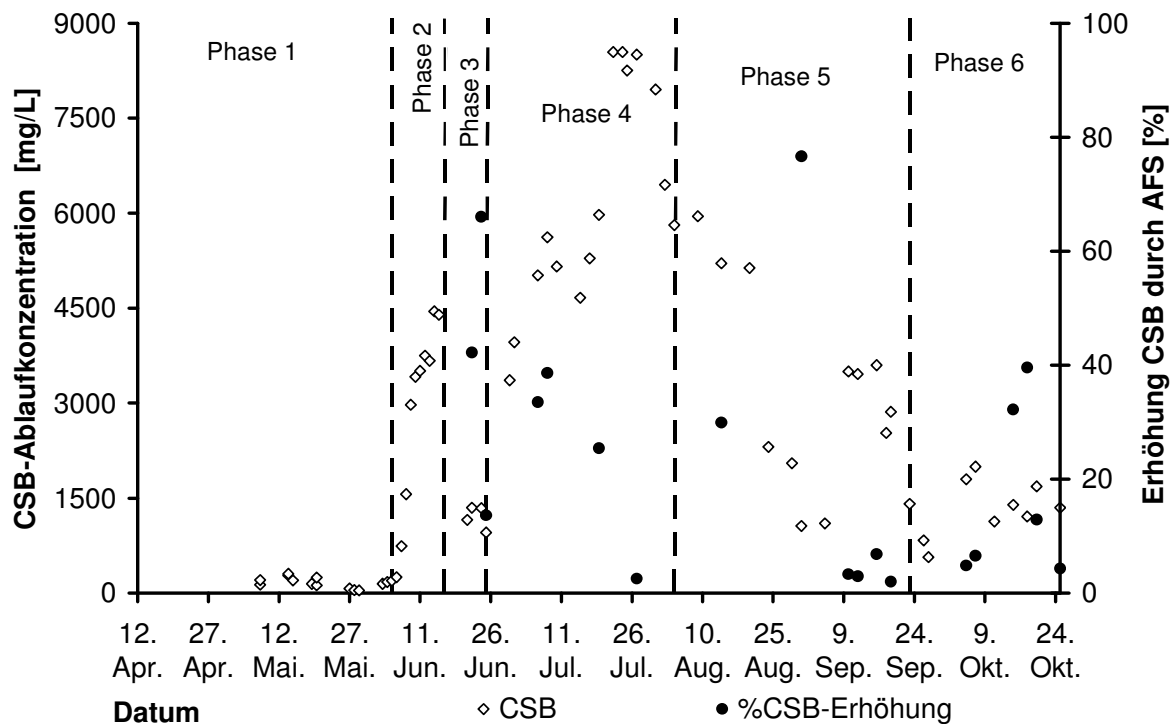


Abbildung 55 Darstellung der CSB-Ablaufkonzentration und der prozentuellen Erhöhung durch die abfiltrierbaren Stoffe über den Versuchsverlauf.

Abbildung 56 vergleicht den ISV mit den AFS. Es ist nur eine sehr geringe Tendenz zu erkennen, welche bei hohen ISV (ab ca. 100 mL/g) auch höhere Anteile an AFS zeigt (Abbildung 56). Der von der Behörde vorgegebene Grenzwert von 150 mg/L konnte nur in Phase 2 und teilweise in Phase 5 und 6 eingehalten werden. Die erhöhten AFS-Konzentrationen sind auf die pH-Wert Absenkungen und die hohen Zulaufsraten in Phase 4 und den pH-Wert Erhöhungen durch Schaumbildung in der Vorlage zu Beginn der 5. Phase zurückzuführen.

Beim Vergleich der AFS mit dem ISV (Abbildung 56) konnte die Annahme, dass bei höherem ISV auch ein höherer Anteil an AFS im Ablauf enthalten sei nicht bestätigt werden – es trat nur eine Abhängigkeit der beiden Parameter voneinander von ca. 7% auf. Es ist jedoch ersichtlich, dass der Sollwert von 0,15 g/L (siehe Kap. 4.2) nur bei Schlammindizes von weniger als 100 mL/g erreicht werden konnte.

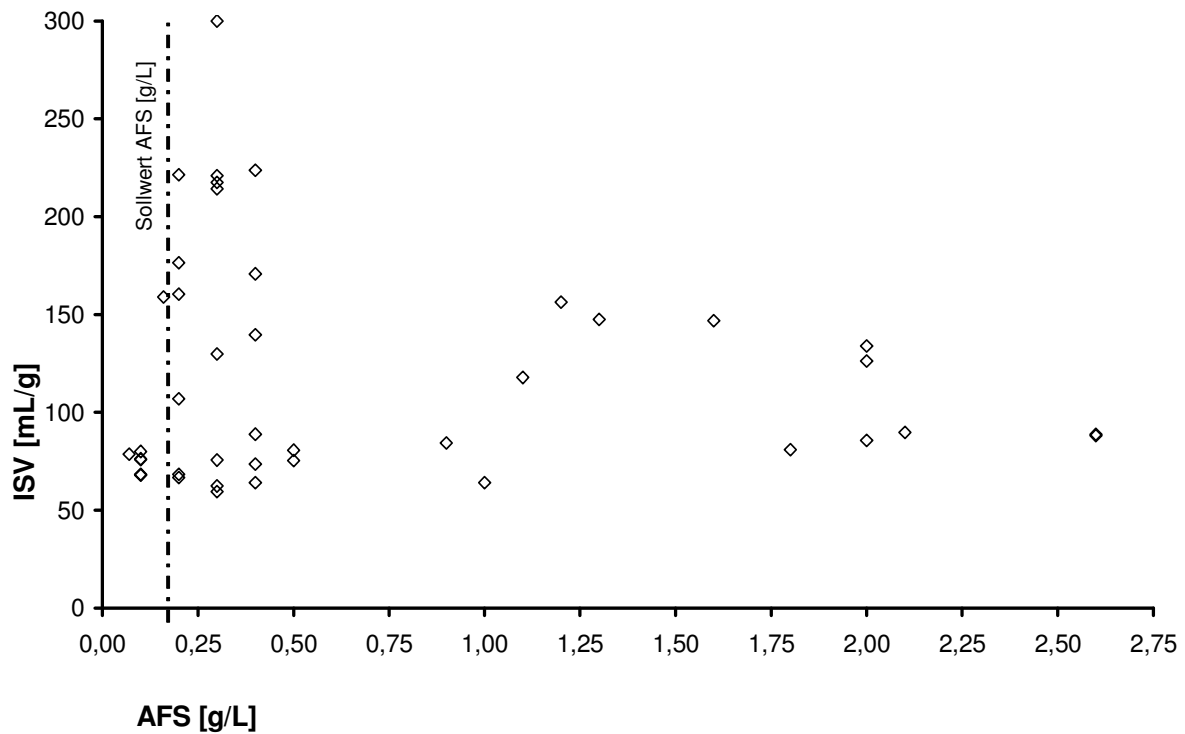


Abbildung 56 Vergleich der AFS im Kläranlagenablauf mit dem ISV.

5.3.4 Tenside und freies Chlor

Die in Kapitel 4.8.1 beschriebenen Messungen des Gehaltes an anionischen Tensiden lieferten folgende Ergebnisse (Tabelle 21):

Tabelle 21 Analyseergebnisse der anionischen Tenside

Datum/Uhrzeit	Ort der Probenahme gemäß Abbildung 17	anionische Tenside [mg/L]
01.07.2006, 9:30	PN 2 (Vorlage)	0,3
01.07.2006, 9:30	PN 3 (Belebung)	1,6
09.10.2006, 9:30	PN 2 (Vorlage)	0,1

Tenside sind Oberflächenaktive Bestandteile von chemischen Reinigungsmitteln, Hygieneprodukten und Lösungsmittel und setzen die Oberflächenspannung herab. Jedes Tensid besitzt ein hydrophiles Ende welches sich bevorzugt an Wasser bindet und ein hydrophobes Ende das Wasser abstößt sich aber gleichzeitig mit Öl und/oder Fett verbindet. Diese gegensätzlichen Kräfte lockern die Schmutzstoffe so dass sie sich in Wasser lösen und in die Kanalisation gelangen (PROCTER & GAMBLE, 2005).

Die in den durchgeführten Analysen ersichtlichen Schwankungen der Tensidkonzentrationen im Zu- und Ablauf (diese entsprechen den Probenahmestellen Vorlage und Belegung gemäß Tabelle 21) sind auf die produktionsbedingten Schwankungen der Zulauffrachten zurückzuführen.

Es existiert eine Vielzahl an Tensiden die zumindest teilweise biologisch abbaubar sind. Aus durchgeführten Versuchsreihen konnte eine prozentuelle Reduktionen von anionischen Tensiden von zumindest 70 bis nahezu 100 % erreicht werden. Die Ausgangskonzentrationen an anionischen Tensiden in den Versuchsreihen betrugen dabei 57 mg/L (MARGESIN u. SCHINNER, 1998). Es wurde also eine durch die EU-Verordnung 648/2004 vorgegebene ausreichende Totalabbaubarkeit der anionischen Tenside von 60% überschritten (EU-VO 648, 2004).

Die Ergebnisse aus Tabelle 21 stellen aufgrund der geringen Konzentrationen keine den Abbau störenden Konzentrationen dar. Es wurde festgestellt, dass die gemäß des BGBl 1077 (1994) des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft festgelegte Emissionsbegrenzung der Summe an anionischen und nichtionischen Tensiden von 1,0 mg/L bei Einleitung in ein Fließgewässer überschritten werden würde. Da jedoch keine Direkteinleitung in ein Gewässer vorgesehen ist sondern lediglich eine Teilreinigung mit anschließender Einleitung in die öffentliche Kanalisation (vergl. Kapitel 4.2) ist dieser Parameter nicht maßgebend.

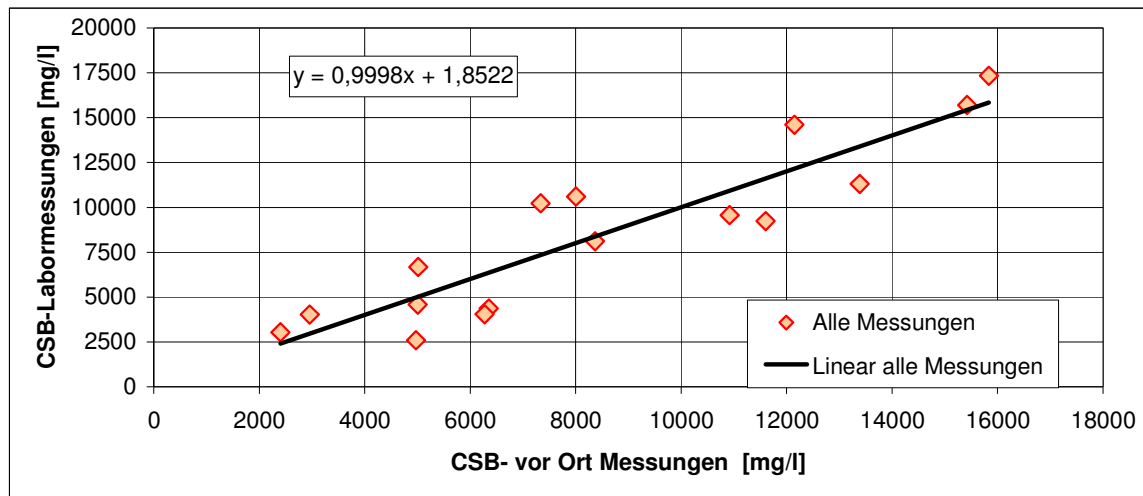
Die Bestimmung der Konzentration an freiem Chlor erfolgte gemäß der Beschreibung in Kapitel 4.8.1 am 16.10.2006 und wies mit einer Konzentration von 0,05 mg/L keine die CSB-Messung störende Wirkung auf. Die CSB-Messung störende Konzentrationen liegen laut Datenblatt der Firma Lange für die CSB-Messmethode LCK 114 bei Chloridkonzentrationen von größer als 1500 mg/L vor.

5.4 Online Messungen

5.4.1 CSB-Messung

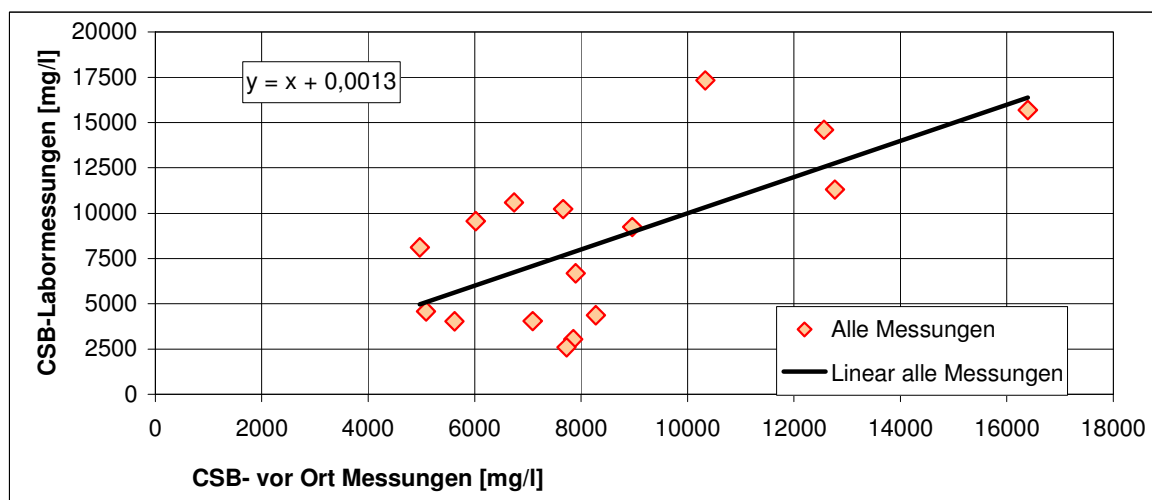
Das UV/VIS- Spektrometer ist im Betriebsmodus globale Kalibration bereits grundsätzlich auf die Matrix von kommunalem Abwasser kalibriert, da es sich hier um Industrieabwasser handelt, muss zur Verbesserung der Messqualität eine weitere Kalibration – eine so genannte lokale Kalibration – durchgeführt werden. Dazu werden Laboranalysen des Abwassers mit den Vor-Ort-Messungen der Sonde korreliert und in einer Kalibrationsgeraden dargestellt. Da in Abwässern höhere CSB-Konzentrationen bzw. Verschmutzungen auftreten als in Reinwasser, werden Sonden mit sehr geringer Pfadlänge von 1 mm benutzt werden. Da das Abwasser außerdem eine hohe CSB-Konzentration, mehrere Komponenten wie Reinigungsmitteln und Produktresten aufwies, starken Schwankungen unterlag

und die Messungen von der angewandten Art der Durchmischung, des Einblasens von Luft, stark beeinflusst waren, konnte aus mehreren Kalibrationsversuchen eine maximale Korrelation der Labordaten mit der Ausgleichsgeraden von 83,3 % ($R^2=0,83$ Abbildung 57, $R^2=0,45$ Abbildung 58) erreicht werden. Die Messwerte dieser Kalibration waren aber von einem hohen Messrauschen überlagert. Die anderen Kalibrationsversuche wiederum ergaben eine zu geringe Übereinstimmung. Aus diesen Gründen konnte die gesicherte Anwendung im Betrieb nicht gewährleistet werden.



R^2	Alle Messungen 0,833
-------	-------------------------

Abbildung 57 Kalibrationsgerade mit 83 % Übereinstimmung.



R^2	Alle Messungen 0,451
-------	-------------------------

Abbildung 58 Kalibrationsgerade mit 45 % Übereinstimmung.

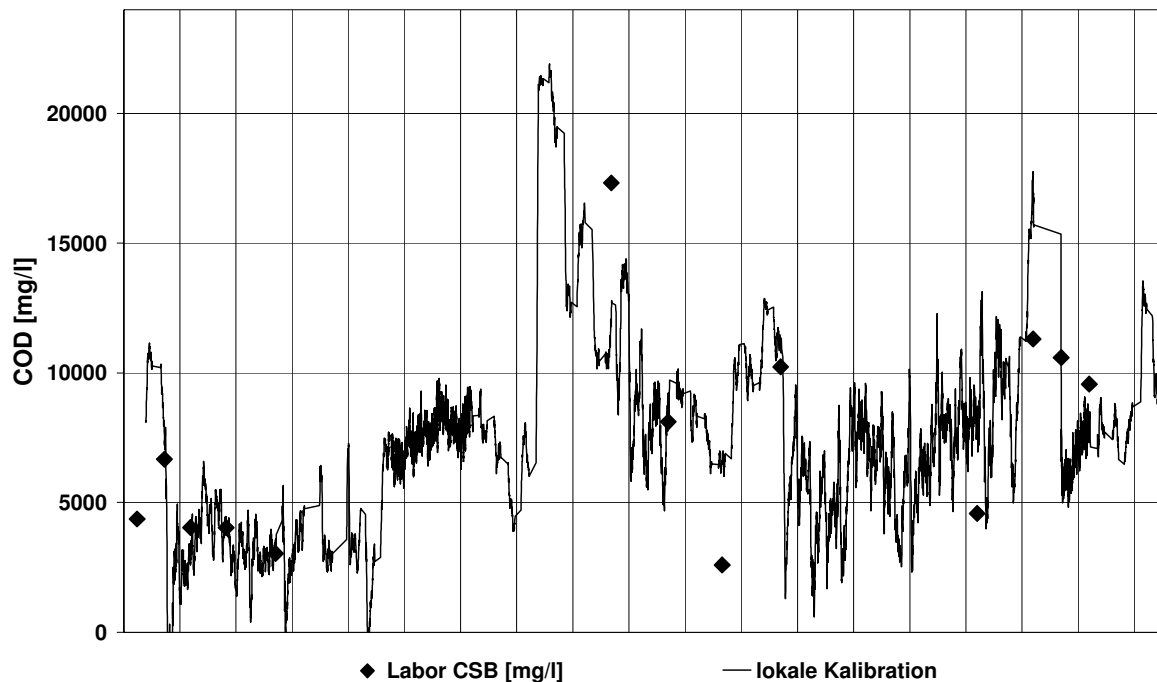


Abbildung 59 Vergleich zwischen Onlinemessung und den Labordaten im Betrieb.

Wie aus Abbildung 57, Abbildung 58 und Abbildung 59 ersichtlich, konnte insgesamt aufgrund des hohen Messrauschens nur eine unzufriedenstellende Anpassung der Sonde an das vorhandene Abwasser erreicht werden, obwohl in einigen Bereichen eine gute Übereinstimmung der Labordaten mit den Messwerten gegeben war. Um eine CSB-abhängige, dynamische Steuerungseinheit zur Optimierung der Abbaubedingungen einsetzen zu können, müssten deshalb laut Hersteller die bisherigen Messungen unter optimierten Einbaubedingungen überprüft und rekaliert werden. Unter optimierten Bedingungen müsste die Sonde so eingebaut werden, dass keine Luft-Messungen durch die Sonde möglich und der Sauerstoffeintrag durch die Durchmischungseinrichtung möglichst gering ist. Außerdem müssten die Messungen der CSB-Sonde mit im Labor ausgewerteten Abwasserproben kalibriert werden, da die Auswertung mittels Küvettentest für diesen Anwendungsbereich zu ungenaue Ergebnisse liefert.

5.4.2 Sauerstoffmessungen

Abbildung 60 zeigt den Verlauf der Sauerstoffkonzentrationen aufeinander folgender Intervalle, die jeweils mit unterschiedlichen CSB-Zulaufmengen beschickt wurden. Für den Intervall beginnend am 07.10.06 22 Uhr bis 08.10.06 10 Uhr wurde exemplarisch ein typischer Betriebsablauf dargestellt. Grundsätzlich bestand ein Reinigungsintervall aus 11 h Belüftung 0,5h Absetzen und 0,5h

Klarwasserabzug, die Befüllung mit Abwasserchargen erfolgte zu Beginn jedes Intervalls. Aus der Abbildung ist gut ersichtlich, dass steigende Belastungen zu einer Zunahme der Umsatzrate und dementsprechend zu einer Erhöhung der Sauerstoffzehrung führen. Im Intervall 4 (Abbildung 60, 8.10.06 22:00 bis 9.10.06 10:00) zeigt sich, dass bei niedriger Belastung die Sauerstoffzehrung geringer ist und deshalb der Sauerstoffgehalt schneller wieder ansteigt als bei höherer zugeführter Belastung. Die Sauerstoffzehrung, die gleichbedeutend mit der Aktivität der Bakterien ist, ist zu Beginn am höchsten, da zu diesem Zeitpunkt das Nährstoffangebot am größten ist. Eine reine Regelung der Intervalldauer aufgrund der Sauerstoffzehrung ist grundsätzlich möglich, jedoch ist es sinnvoll die Sauerstoffsonde mit einer CSB-Messung in der Vorlage zu koppeln um durch eine dynamische Nährstoffdosierung Nährstoffdefizite oder Überschüsse in der Vorlage zu vermeiden.

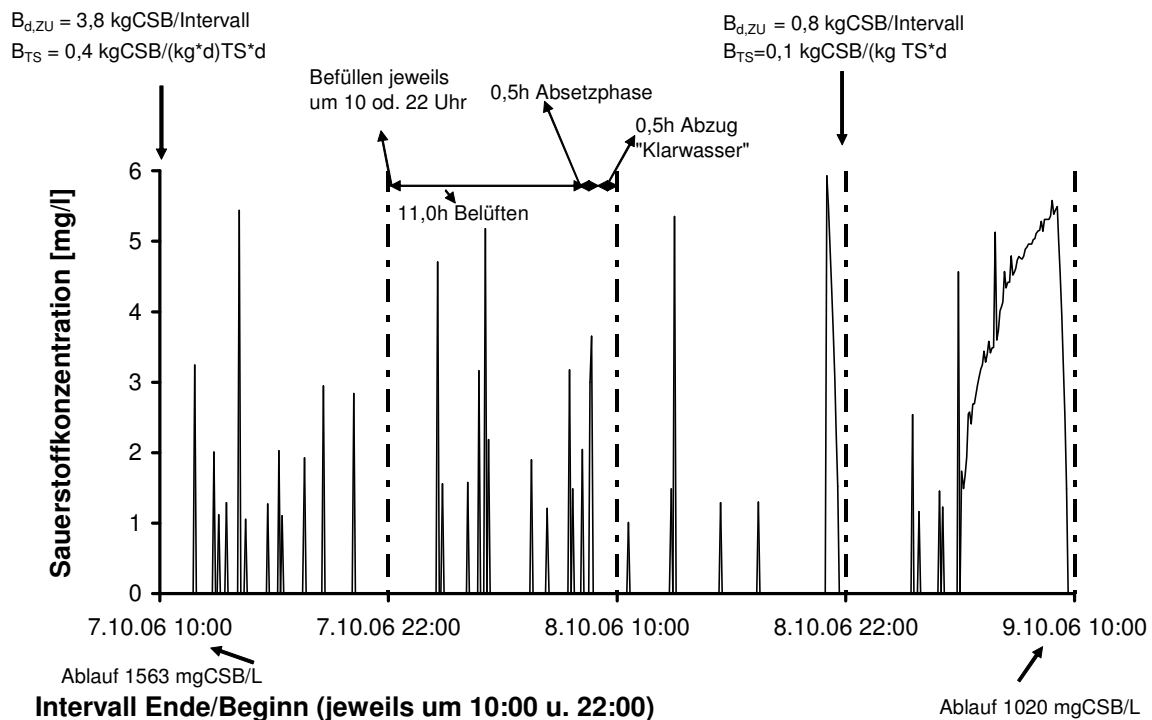


Abbildung 60 Verlauf der Sauerstoffkonzentration in Abhängigkeit verschiedener Zulaufmengen.

Bereits in Abbildung 45 wurde die Abhängigkeit der Sauerstoffkonzentration am Ende der Belüftungsphase von den CSB-Zulaufmengen und den TS-Gehalten im Belebungsbecken dargestellt. Bei Erhöhung des TS-Gehaltes zeigte sich eine starke Reduktion der Sauerstoffkonzentration, während bei Erhöhung der CSB-Fracht die Sauerstoffkonzentration in viel geringerem Masse zunahm. Da bei Erhöhung des TS-Gehaltes im Belebungsbecken eine deutliche Volumenersparnis möglich ist, könnte dem Absinken der Sauerstoffkonzentration mit dem Einsatz eines stärkeren Gebläses entgegengewirkt werden. Hierbei ist jedoch zu

beachten, dass bei der Erzeugung zu großer Turbulenzen (verursacht durch ein stärkeres Gebläse) die Gefahr besteht die Belebtschlammflocken zu zerstören und in weiterer Folge die Abbauleistung zu minimieren.

5.4.3 Induktive Durchflussmessung

Die Kontrolle der Messeinrichtung der Induktiven Durchflussmessung (MID) erfolgte wie in Kap.4.8.2.3 beschrieben stichprobenartig, die Messergebnisse wurden in Abbildung 21 dargestellt. Die an sechs verschiedenen Tagen durchgeführten Messungen ergaben eine durchschnittliche Abweichung der durchgeführten Kontrollmessungen zu den durch die IDM durchgeführten Messungen von 0,17 m³, dem entspricht ein Fehler von 2,4%.

Die Abweichung der MID zu den Aufmassmessungen liegt in beinahe allen Messungen außerhalb des vom Hersteller als maximalen Messfehler von 0,5 % vom Messwert angegebenen Bereichs. Dies ist mitunter auch auf die Art der Kontrollmessungen zurückzuführen. Es handelte sich dabei um einfache Aufmassmessungen bei denen bereits geringe Messfehler (z.B. 0,5 cm) zu einer Volumendifferenz von mehr als 0,3 m³ führten.

Tabelle 22 Kontrolle der induktiven Durchflussmessung (IDM) durch Aufmassmessungen.

Datum	Messfehler IDM	Volumenstrom
	[%]	[m ³]
10. Sep	3,6	4,1
16. Sep	4	9,74
29. Sep	1,7	9,25
09. Okt	1	9,63
18. Okt	3,6	4,61
25. Okt	0,5	7,19

5.5 pH-Wert Messungen

Die stationäre pH-Wert Messung in der Vorlage diente der kontinuierlichen Neutralisation der sauren Abwässer und wurden über den gesamten Versuchsverlauf durchgeführt. Eine Aufzeichnungseinheit stand nicht zur Verfügung. Stichprobenartige Messungen im USB mit der mobilen pH-Sonde ergaben pH-Werte im Abwasserstrom von ca. pH 3 bis zu pH 6.

In Abbildung 61 sind die Einstellungen der automatischen Dosiereinheit für die Lauge in der Vorlage und die in Folge in der Belebung gemessenen pH-Werte dargestellt. Bis 17. Juli 2006 zeigten sich nur sehr geringe Abweichungen

zwischen dem eingestellten pH-Sollwert der Dosiereinheit und dem in der Belebung gemessenem pH-Wert. Am 24. Juli kam es aufgrund eines Ausfalles der Dosiereinheit zu einer signifikanten pH-Wert Absenkung in der Belebung. Als Konsequenz wurde der pH-Sollwert für die Dosiereinheit kurzfristig auf pH 7,7 erhöht und nach ausreichender Neutralisation wieder auf einen Sollwert von pH 7 zurückgestellt. In Phase 5 sank der pH-Wert in der Belebung nur langsam wieder und stieg am Ende der Phase bei gleich bleibenden Betriebseinstellungen sogar wieder an (Abbildung 61). Auch in Phase 6 war trotz eines Sollwertes von pH 7 in der Vorlage ein Anstieg des pH-Wertes in der Belebung zu beobachten. Diese Entwicklung war auf die Art der Durchmischung der Vorlage zurückzuführen. Aufgrund der starken Schaumbildung in der Vorlage konnte durch den grobblasigen Lufteintrag zur Durchmischung der Vorlage eine ausreichende Umwälzung nicht gewährleistet werden und ein Teil des zugeführten Neutralisationsmittels sammelte sich auf der Schaumhaube ohne von der automatischen pH-Messung erfasst zu werden.

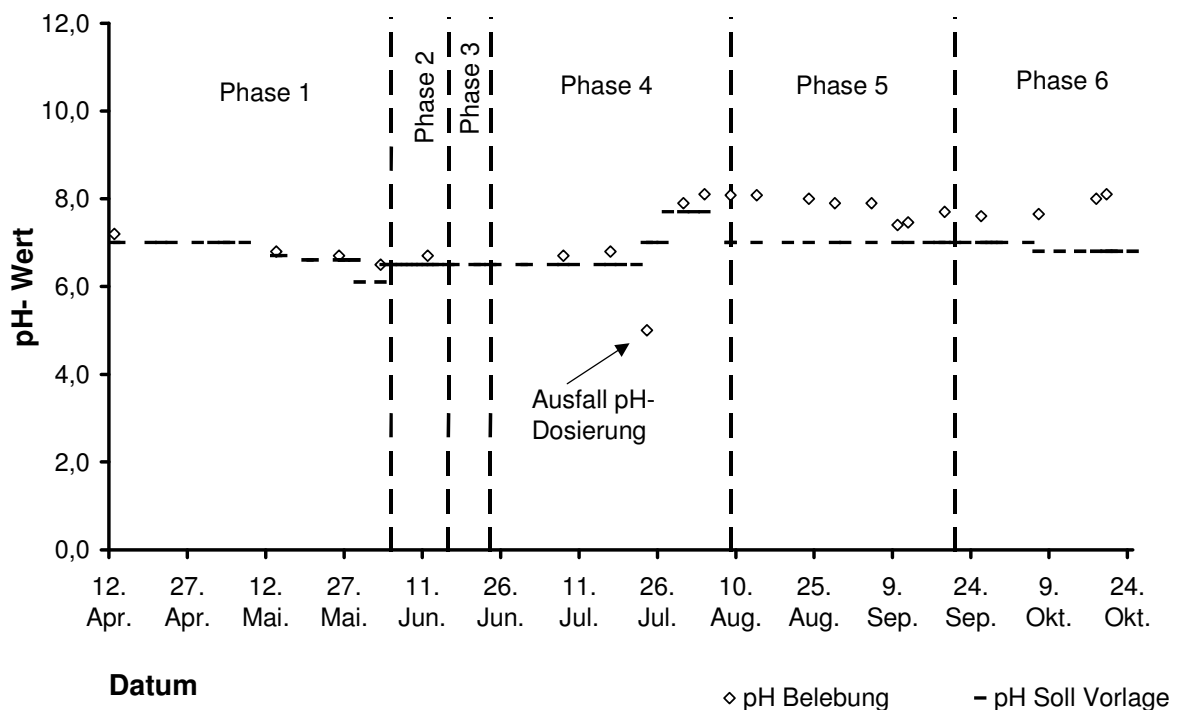


Abbildung 61 Einstellungen der pH-Sollwerte in der Vorlage und die in der Belebung gemessenen pH-Werte.

5.6 Sauerstoffeintragsversuche

5.6.1 Sauerstoffeintragsversuche in Reinwasser

Der Sauerstoffeintragsversuch in Reinwasser wurde am 26. Oktober 2006 durchgeführt. In Tabelle 23 sind die jeweils zu Beginn und Ende gemessenen Parameter aufgelistet. Darüber hinaus wurde mit Hilfe eines Rotameters für das gefüllte Becken der über einen Druckbelüfter eingetragene Luftvolumenstrom bestimmt. Der dem Belebungsbecken zugeführte Luftvolumenstrom (Q_L) betrug, bezogen auf Normbedingungen ($T=0^\circ\text{C}$, $p=1013\text{hPa}$), $2,6\text{ m}^3_{\text{N}}/\text{h}$.

Tabelle 23 Zu Beginn und Ende des Reinwasserversuches gemessene Parameter.

	Wassertemperatur $T_W [^\circ\text{C}]$	Umgebungstemperatur $T_U [^\circ\text{C}]$	Leistung $P [\text{W}]$	Reaktionsvolumen $V_R [\text{m}^3]$
Beginn	8,9	19	390	4,11
Ende	9,4	20	427	4,11

Abbildung 62 zeigt den Verlauf des Sauerstoffgehaltes bei einem Absorptionsversuch in Reinwasser. Wobei t_{90} die Zeit die für die Abnahme des Sättigungsdefizits ($C_S - C$) um 90 % bezeichnet und für diesen Versuch 38 Minuten betrug.

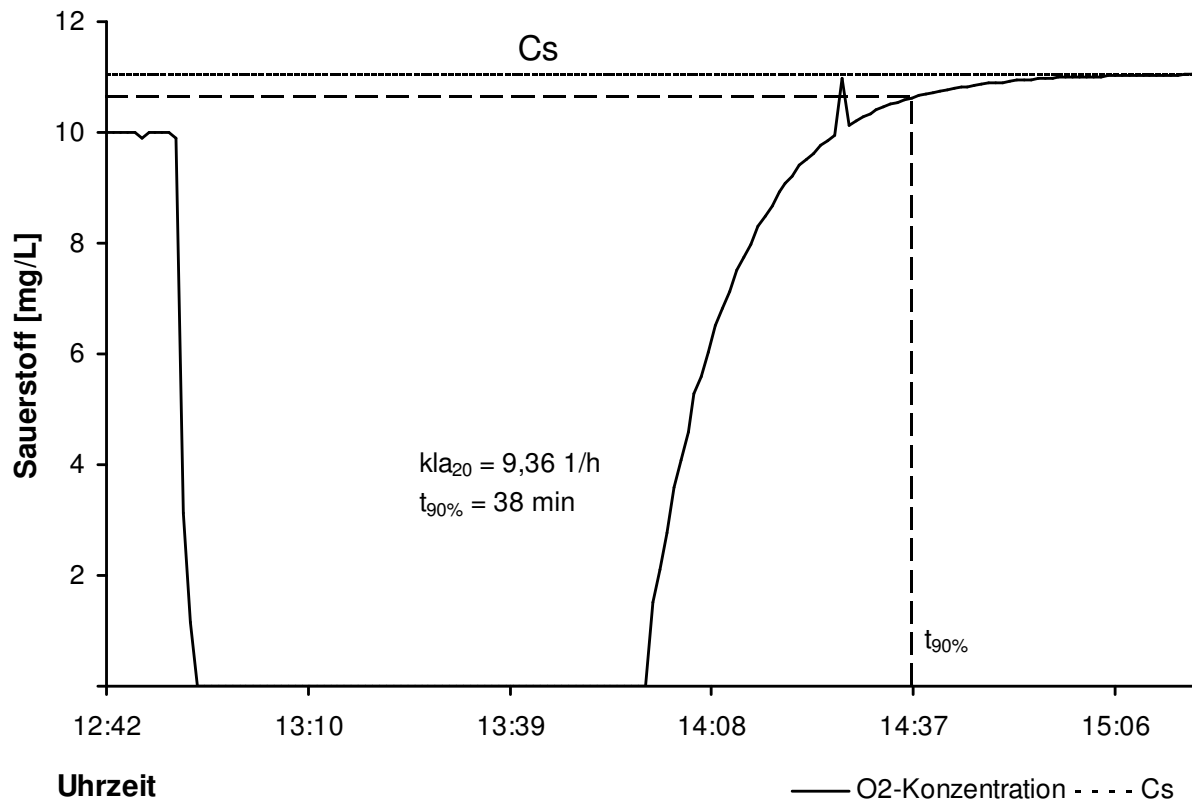


Abbildung 62 Verlauf des Sauerstoffgehaltes bei einem Absorptionsversuch in Reinwasser.

Tabelle 24 Ergebnisse des Sauerstoffeintragsversuches in Reinwasser.

Sauerstoffzufuhr OC kg/h	Sauerstoffertrag OP kg/kWh	Spezifische Sauerstoffzufuhr $OC_{L,h}$ g/($m^3_N \cdot h$)	Sauerstoff- ausnutzung OA_h %/m	Belüftungs- koeffizient kLa_{20} 1/h	Zugeführter Luftvolumenstrom Q_L m^3_N/h
0,49	1,19	93,4	31,24	9,36	2,60

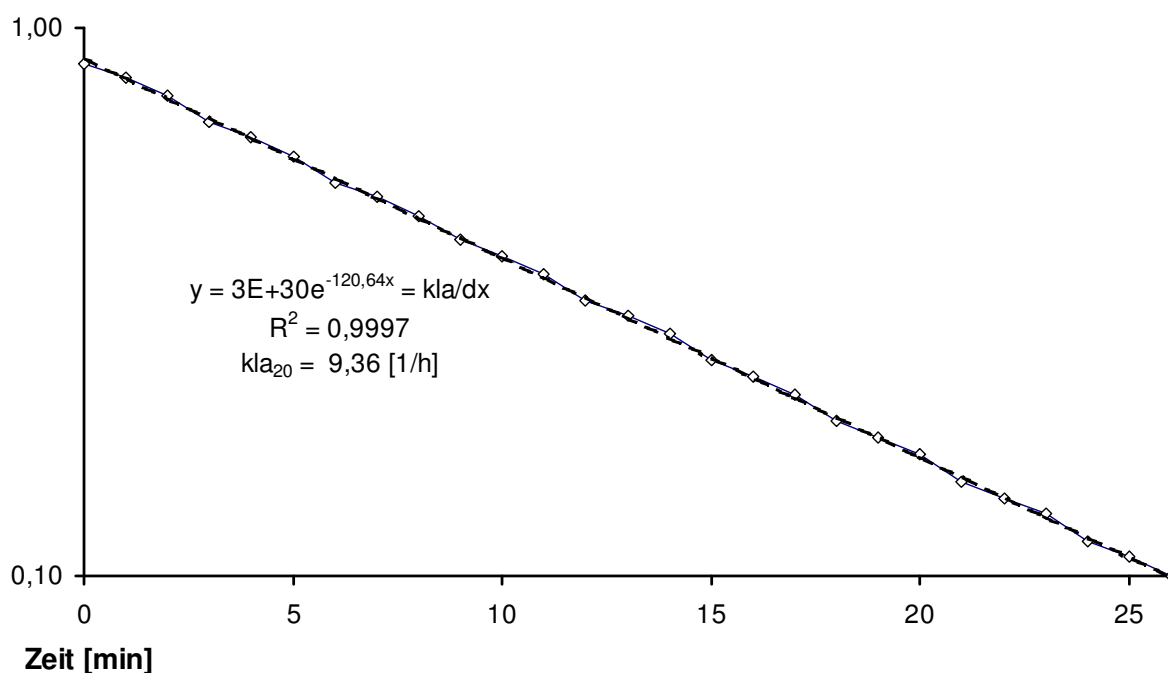


Abbildung 63 Logarithmische Darstellung des Adsorptionsverlaufes zur Berechnung von $kla [1/h]$ in Reinwasser.

5.6.2 Sauerstoffeintragsversuch in Belebtschlamm

Der Sauerstoffeintragsversuch in Belebtschlamm wurde am 29. September 2006 durchgeführt. Tabelle 25 zeigt die jeweils zu Beginn und Ende gemessenen Parameter.

Tabelle 25 Jeweils zu Beginn und Ende gemessene Parameter des Eintragsversuches in belebtem Schlamm gemessene Parameter.

	Wasser- temperatur $T_w [^{\circ}C]$	Leistung $P [W]$	Reaktions- volumen $V_R [m^3]$	Umgebungs- temperatur $T_u [^{\circ}C]$	Trocken- substanz $TS [g/L]$	Schlamm- volumen $SV [mL/L]$	CSB $[mg/L]$	NH_4-N $[mg/L]$
Beginn:	18,4	388	4,13	14	4,2	390	195	k.A.
Ende:	18	441	4,1	12	4,7	450	185	k.A.

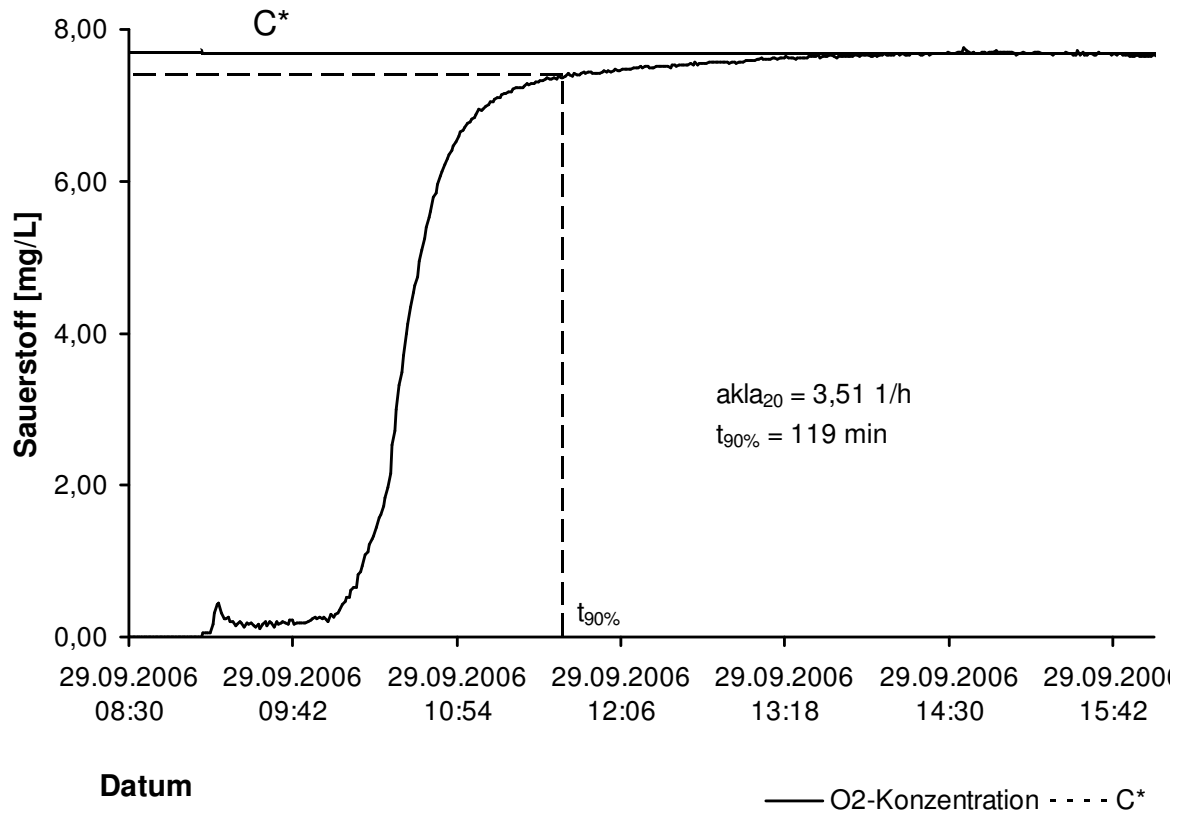


Abbildung 64 Verlauf des Sauerstoffgehaltes bei einem Absorptionsversuch in belebtem Schlamm.

Tabelle 26 Sauerstoffzufuhr und Sauerstoffertrag.

Sauerstoffzufuhr α_{OC} kg/h	Sauerstoffertrag α_{OP} kg/kWh	Spezifische Sauerstoffzufuhr $\alpha_{OCL,h}$ g/(m ³ _N *h)	Sauerstoff- ausnutzung $\alpha_{OA,h}$ %/m	Belüftungs- koeffizient $\alpha_{kla_{20}}$ 1/h	Zugeführter Luftvolumenstrom Q_L m ³ _N /h
0,15	0,36	29,20	9,76	3,51	2,60

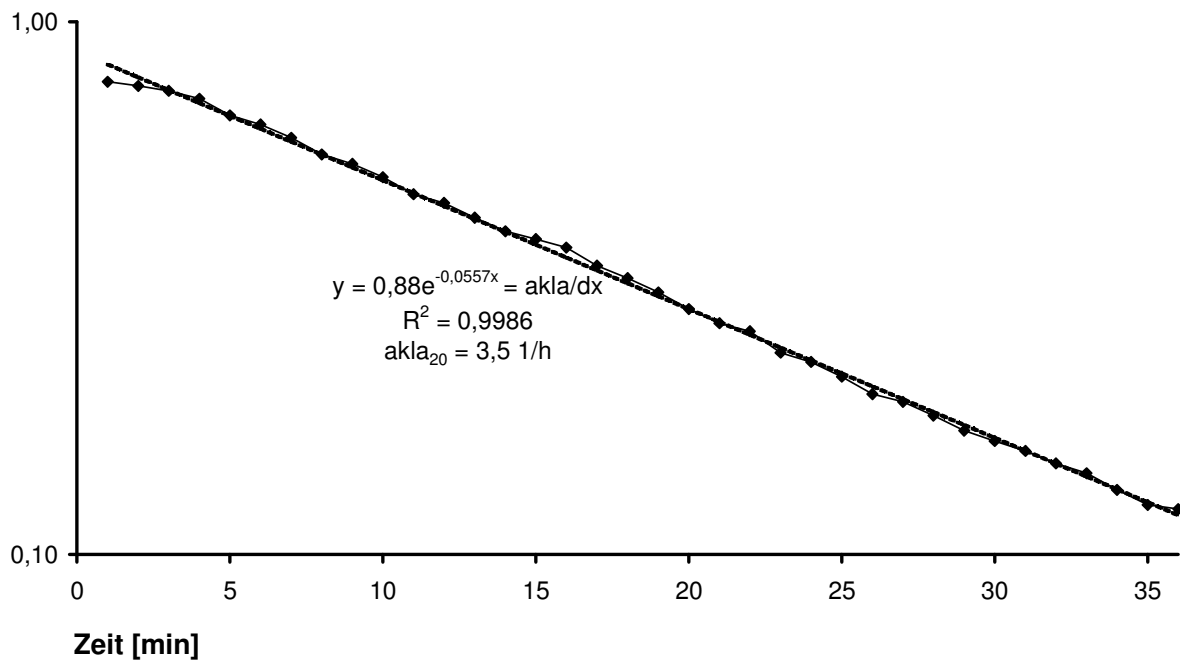


Abbildung 65 Logarithmische Darstellung des Adsorptionsverlaufes zur Berechnung von $akla$ [1/h] belebten Schlamm belebten Schlamm.

5.6.3 Grenzflächenfaktor α

Der Grenzflächenfaktor α erreichte bei einem Trockensubstanzgehalt von 4,4 g/L, einer Einblastiefe von zwei Metern und einer Luftzufuhr (Q_L) von 2,6 m³_N/h in das Reaktionsvolumen einen Wert von 0,40. Die Verteilung der eingeblasenen Luft erfolgte über einen feinporigen Membranbelüfter.

Im Vergleich dazu erreicht der Grenzflächenfaktor in kommunalen Belebungsanlagen in Abhängigkeit verschiedener TS-Gehalte, der Einblastiefe und der Art der Luftverteilung (grob- oder feinblasig, Druck- oder Oberflächenbelüftung) Werte von 0,3 bis 1,2. Bei Druckbelüftung liegen die α -Werte bei feinblasiger Lufteinblasung niedriger (0,3-0,7) als bei grobblasiger Lufteinblasung (ca. 0,8), Oberflächenbelüfter weisen α -Werte von 0,6 bis 1,2 auf (STENSTROM et al., 1984).

Die Belüftung des Belebungsbeckens verursacht 45-75 % der Energiekosten der Abwasserreinigung. Feinporige (feinblasige) Belüftungseinrichtungen werden in der kommunalen Abwasserreinigung bevorzugt angewendet da sie einen höheren Sauerstoffertrag (α_{OP} [kgO₂/kWh]) aufweisen. Der bedeutende Nachteil feinporiger Belüfter liegt darin, dass auf ihnen Ablagerungen auftreten und sie deshalb periodisch gereinigt werden müssen und dass durch oberflächenaktive Stoffe (z. B. Tenside) die Sauerstoffausnutzung (α_{OA_h} [%/m]) stark herabgesetzt wird. Grobblasige Belüftungseinrichtungen sowie Oberflächenbelüfter weisen eine

höhere Sauerstoffausnutzung auf, damit gehen jedoch erhöhte Energiekosten einher (ROSSO et al., 2007).

In Versuchsreihen durchgeführt in Batch-Kulturen wurde nachgewiesen, dass der α -Wert mit zunehmendem Gehalt an TS geringere Werte annimmt. Eine weitere Verminderung des α -Wertes geht mit der Zufuhr organischer Verschmutzung einher, da die Mikroorganismen durch die gesteigerte Stoffwechselaktivität zusätzlich Sauerstoff aufnehmen (STEINMETZ, 1996). Abbildung 66 zeigt die Abhängigkeit des α -Wertes vom Trockensubstanzgehalt.

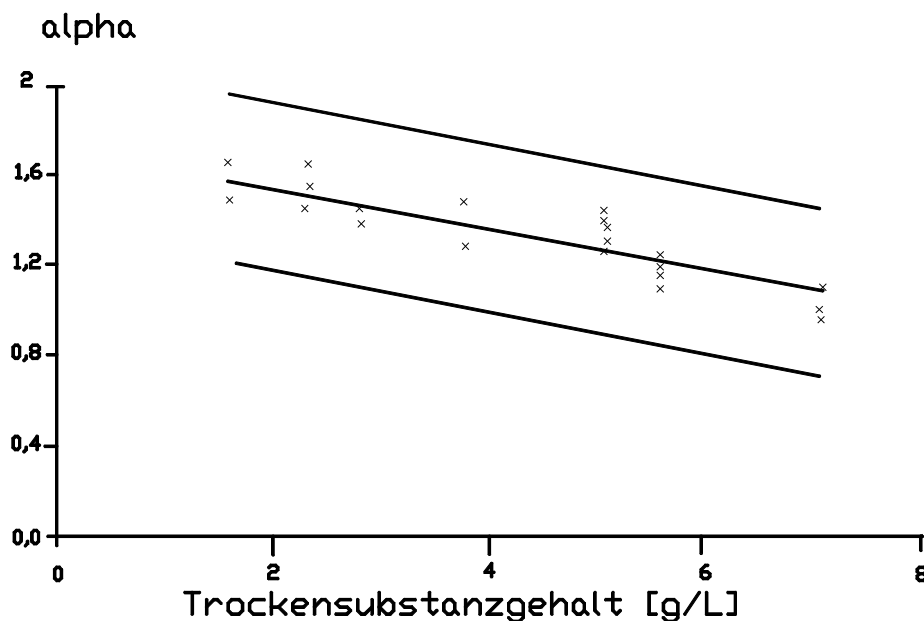


Abbildung 66 Abhängigkeit des Grenzflächenfaktors vom TS-Gehalt (STEINMETZ, 1996).

Trotz der Tatsache, dass höhere TS-Gehalte geringere α -Werte implizieren können durch höhere Biomassekonzentrationen vermehrt gelöste Substrate aufgenommen und abgebaut werden, jedoch erhöht sich die Sauerstoffzehrung. Oberflächenaktive Stoffe neigen dazu sich der Wasseroberfläche anzulagern und dadurch die Gaszirkulation und die Sauerstoffzufuhr (α OC) zu reduzieren. Durch grobblasige Lufteinbringung können Oberflächeneffekte stark vermindert und der Grenzflächenfaktor erhöht werden (ROSSO et al. 2007).

Für die Ergebnisse aus dem Versuchsverlauf bedeutet dies, dass bei starker Erhöhung des Trockensubstanzgehaltes der α -Wert sinken und als Folge der Sauerstoffeintrag immer schwerer möglich sein wird. Da sich durch Erhöhung der Zulauffrachten der α -Wert weiter vermindert sollte man in der Planung in Abhängigkeit von TS-Gehalten von 4 bis maximal 10 mg/L ausgehen und eine grobblasige Belüftungseinrichtung wählen.

5.6.4 CSB-Bilanz

Tabelle 27 zeigt den Vergleich der durch analytische Messungen ermittelten mit den durch die CSB-Bilanz berechneten CSB-Ablauffrachten.

Die Zulauffracht (CSB_0-F) minus der Ablauffracht (CSB_e-F) ist gleich der CSB-Fracht des Belebtschlammes ($\dot{U}_{CSB-F}$) plus der Sauerstofffracht die für die Kohlenstoffatmung verbraucht wird ($OVC-F$). Beides entspricht der entfernten CSB-Fracht (n_{CSB-F}). Durch die Durchführung der CSB-Bilanz konnten die durch analytische Messungen ermittelten Daten der CSB-Ablauffrachten mit teilweise sehr guter Übereinstimmung bestätigt werden (Tabelle 27).

Tabelle 27 Vergleich der gemessenen CSB-Ablauffrachten mit den durch die CSB-Bilanz berechneten Werten.

Datum	$CSB_0-F - CSB_e-F$ [kg/batch]	$\dot{U}_{CSB-F} + OVC-F$ [kg/batch]
7. Okt.	3,16	3,07
11. Okt.	2,21	1,88
15. Okt.	1,18	1,34
18. Okt.	1,43	2,06
20. Okt.	3,86	3,87
25. Okt.	2,42	2,49

In Tabelle 28 ist der Berechnungsgang für die CSB-Bilanz des 20. Oktobers 2006 exemplarisch dargestellt.

Tabelle 28 Berechnungsbeispiel einer CSB-Bilanz.

$C_{\text{CSB,ZU}}$ mg/L	Beschickung L	CSBo-F kg/batch	$C_{\text{CSB,AB}}$ mg/L	C_t mg/L	$B_{\text{d,O2,AB}}$ kg/h	OV_C kg/h	$\dot{U}_{\text{CSB-F}}$ kgCSB/d
11307	400	4,52	1650				1,45
$C_{\text{CSB,AB}}$ mg/L		CSBe-F kg CSB	TS_{BB} mg/L	1,08	0,00432	0,1257	$n\text{CSB}$
1650		0,66	3,9	1,66	0,00664	0,1234	kg/batch
		Ablauf mg/L	TSe-F kg/d	1,57	0,00628	0,1237	$3,86 = \text{CSBo-F} - \text{CSBe-F}$
		1650	0,1	1,43	0,00572	0,1243	$3,87 = \dot{U}_{\text{CSB-F}} + \text{OV}_C - \text{F}$
			CSB_{TS}	1,30	0,0052	0,1248	αOC
			kg/m ³	1,72	0,00688	0,1231	kgO ₂ /h
				5,27	0,02108	0,1089	0,130
				6,80	0,0272	0,1028	V_{BB}
				7,22	0,02888	0,1011	m ³
			$\dot{U}_{\text{TS-F}}$	7,49	0,02996	0,1000	4,0
			kg/batch	7,73	0,03092	0,0991	
				7,89	0,03156	0,0984	
			$\Delta\text{TS}_{\text{BB}}$	8,09	0,03236	0,0976	
			kg/m ³	8,25	0,033	0,0970	
				8,09	0,03236	0,0976	
				8,23	0,03292	0,0971	
				8,38	0,03352	0,0965	
				8,44	0,03376	0,0962	
				8,39	0,03356	0,0964	
				8,50	0,034	0,0960	
				8,51	0,03404	0,0960	
				8,53	0,03412	0,0959	
				7,92	0,03168	0,0983	
				Σ		2,42	

Abbildung 67 zeigt einen typischen Kurvenverlauf der Sauerstoffkonzentration während des Abbauprozesses. Nach der Beschickung mit einer gewissen Schmutzfracht (hier mit 4,52 kgCSB/d) sinkt die Sauerstoffkonzentration aufgrund der durch die Mikroorganismen verursachten Zehrung abrupt ab.

In dieser Phase, der so genannten exponentiellen Phase, erfolgt die Veratmung der im Übermaß vorhandenen organischen Schmutzstoffe, weshalb der Abbau auch als Substratatmung bezeichnet wird, außerdem erfolgt ein stetiges Anwachsen der Zellzahl. In der darauf folgenden stationären Phase sinkt der Sauerstoffverbrauch wieder, da die Schmutzstoffe bereits größtenteils abgebaut wurden. Die Veratmung eigener Zellsubstanz, die so genannte endogene Atmung, nimmt zu; gleichzeitig nimmt die Wachstumsrate der Mikroorganismen ab, bis sie bei vollständigem Abbau der organischen und der zelleigenen Substanz zum Erliegen kommen würde, würde die Kläranlage nicht wieder mit ausreichend organischen Schmutzstoffen beschickt werden (PÖPPINGHAUS et al., 1994).

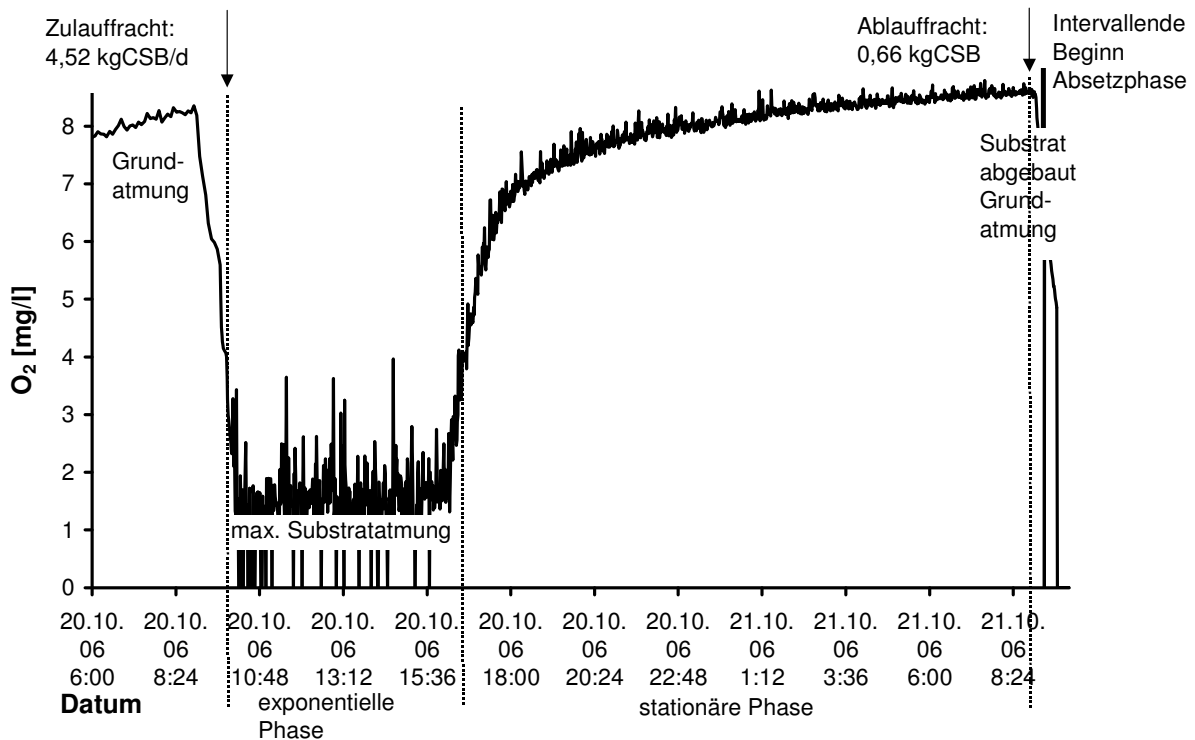


Abbildung 67 Darstellung des Sauerstoff- Gleichgewichtskonzentration bei Substratzugabe bei einem TS-Gehalt von ca. 4 g/L.

5.7 Abschätzung der Dimensionierung der SBR-Anlage

Aus dem Versuchsverlauf resultiert eine optimale Schlammbelastung B_{TS} von ca. 0,2 kgCSB/(kgTS*d) (Kap. 5.3.1), bei der eine CSB-Ablaufkonzentration von ca. 1000 mg/L im stabilen Betrieb sicher erreichbar ist (Abbildung 68). Aus diesem Grund wurden der Bemessung des Belebungsbeckens 0,2 kgCSB/(kgTS*d) als mittlere Schlammbelastung zugrunde gelegt. Zum Vergleich geht aus ATV M-766 (2002) zur Vollreinigung von Abwasser aus Getränkeabfüllbetrieben eine Schlammbelastung B_{TS} von 0,12 kgCSB/(kgTS*d) hervor. Aus dem Versuchsverlauf ist weiters ersichtlich, dass bei Auftreten einer Hochlastsituation die Schlammbelastung kurzfristig auf bis zu 0,4 kgCSB/(kgTS*d) (Abbildung 68) gesteigert werden kann ohne eine signifikante Erhöhung der CSB-Ablaufkonzentration zu bewirken.

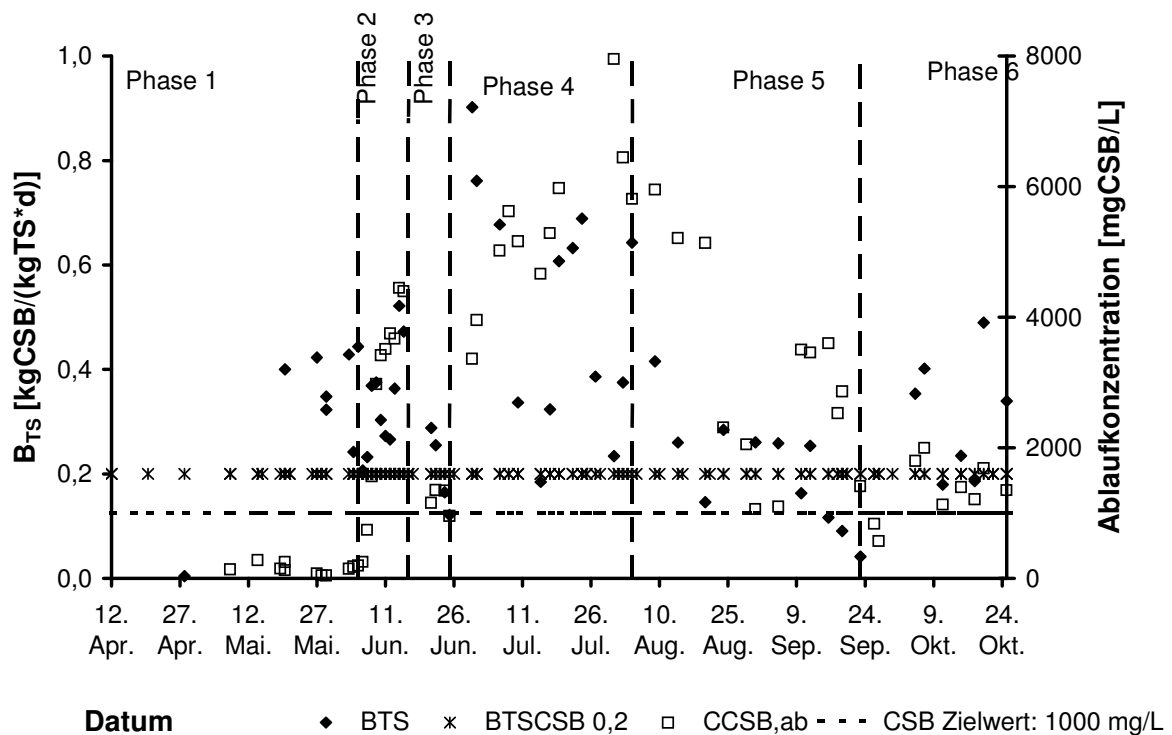


Abbildung 68 Vergleich der CSB- Schlammbelastung mit der CSB-Ablaufkonzentration.

Die Vorabschätzung der Dimensionierung erfolgte anhand der Zulaufkraft, des Trockensubstanzgehaltes, des Schlammalters und der Belüftungszeit. Der Berechnung wurden die in Tabelle 29 dargestellten Daten zugrunde gelegt. Die für die Berechnung nötigen Formeln wurden den Regelwerken ATV-A 131 und M 210 entnommen (4.12). Die als maßgebend erachtete Zulaufkraft wurde aus einem mittleren Abwasseranfall von $10,8 \text{ m}^3/\text{d}$ multipliziert mit der mittleren Abwasserkonzentration ($\varnothing\text{CSB}$) ermittelt.

Tabelle 29 Der Berechnung zugrunde gelegte Daten

Parameter	Wertebereich	Einheit
$\varnothing$ CSB	10500	mg/L
$\varnothing$ Q _d	10,8	m ³ /d
$\varnothing$ Fracht B _{d,CSB}	113,4	kg/d
TS _R	6 g/L	kg/m ³
$\varnothing$ B _{TS}	0,2	kgCSB/(kgTS*d)
kurzz. max. Aufnahmekapazität B _{TS}	0,4	kgCSB/(kgTS*d)
$\varnothing$ B _{R,BSB5}	0,65	kgBSB5/(m ³ *d)
T	15 - 20	°C
Anzahl der Becken n	2	-
Gesamtzykluszeit t _z	12	h
Reaktionszeit t _R	10,8	h
Anzahl der Intervalle m _z	2	-
Schlammalter t _{TS}	15	d

Um besser auf die Schwankungen des Abwasseranfalles und der CSB-Konzentrationen reagieren zu können sind 2 SBR- Reaktoren zweckmäßig. Ausgehend von den in Tabelle 30 zugrunde gelegten Belastungen ergeben sich, abhängig vom gewählten Trockensubstanzgehalt, die in Abbildung 69 dargestellten benötigten Volumina (d.h. die Summe) für beide Belebungsbecken. In Abbildung 69 wird außerdem die Volumenersparnis in Prozent ersichtlich, die jeweils gegenüber der Projektierung des Belebungsbeckens mit einem TS von 4 g/L erreicht wird.

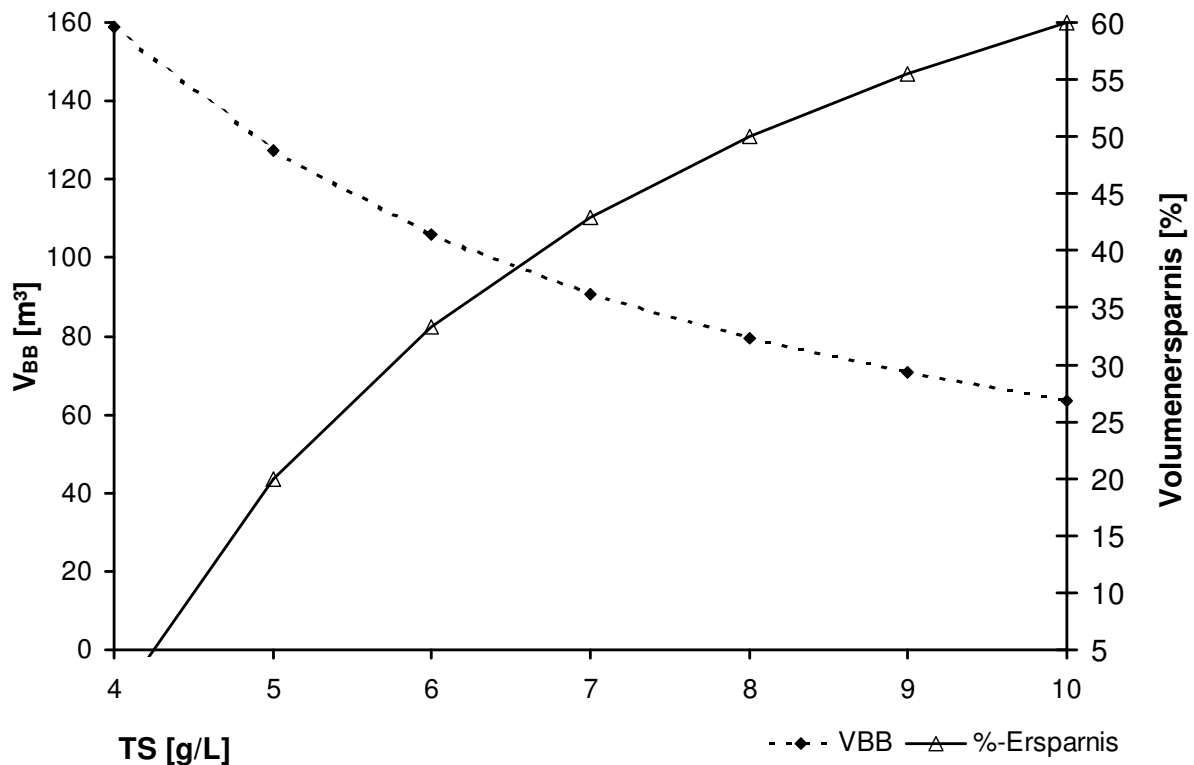


Abbildung 69 Volumina für beide Belebungsbecken der Abwasserreinigungsanlage in Abhängigkeit vom TS-Gehalt

Die Berechnungen für die Höhenlage des Schlammspiegels und die Sinkgeschwindigkeit sind für die verschiedenen Füllvolumina (V , $V_{\min}$) zu berechnen und die Vorgaben der ATV-A131 einzuhalten (Kap. 4.11).

Nach den Berechnungen aus ATV-A131 würde ein Überschussschlammanfall von 27 kgTS/d resultieren. Aus dem Versuchsverlauf wurde eine mittlere spezifische Überschussschlammproduktion von durchschnittlich 0,23 kgTS/kgCSB ermittelt, dies würde einem Überschussschlammanfall von ca. 26 kgTS/d ergeben und somit den Berechnungen der ATV-A131 sehr gut entsprechen. Im Weiteren wird den Berechnungen deshalb eine spezifische Überschussschlammproduktion von 0,3 kgTS/kgCSB zugrunde gelegt. Ausgehend von durchschnittlichen Belastungen (10,8 m³/d; 10500 mgCSB/L) ergibt sich somit ein gesamter Schlammanfall ($\dot{U}_{d,C}$) von ca. 35 kgTS/d aus beiden Becken.

Nach jedem Reinigungszyklus müssen demnach ca. 8,75 kgTS aus dem System entfernt werden, dem ein Überschussschlammvolumen ($V_{\text{ÜS}}$) von 0,87 m³ je Zyklus und Becken entspricht.

Im Überschussschlamm Speicher sollte eine Eindickung auf ca. 40 gTS/L erfolgen. Demnach muss mit einem benötigten Speichervolumen pro Tag und Becken von ca. 0,5 m³ gerechnet werden. Das erforderliche Speichervolumen für den

gesamten anfallenden Überschussschlamm für einen Zeitraum von mindestens 180 Tagen sollte deshalb 180 m³ betragen.

Um die als Ziel definierte Ablaufkonzentration von ca. 1000 mgCSB/L nicht zu überschreiten, sollte die Schlammbelastung im Belebungsbecken 0,4 kgCSB/(kgTS*d) dauerhaft nicht überschreiten. Dieser als maximale Aufnahmekapazität bezeichnete Belastung entspricht bei einem Trockensubstanzgehalt von 7 g/L einer gesamten täglichen CSB-Zulaufkraft für beide Becken von 260 kgCSB/d, das entspricht dem 2,25-fachen der Durchschnittsbelastung.

Der Dimensionierung der vor geschalteten Pufferbecken zur Ermittlung des erforderlichen Speichervolumens liegt die maximale Zulaufkraft und die maximale Aufnahmekapazität der geplanten Anlage zugrunde (Tabelle 29). Im Versuchsverlauf wurden die in Tabelle 30 folgenden Spitzenlasten und ihre Auftrittsdauer beobachtet. Tabelle 30 zeigt außerdem das erforderliche Speichervolumen welches aus der maximalen Aufnahmekapazität ($B_{TS}=0,4$ kgCSB/(kgTS*d)) und der kurzzeitigen (2-6 Tage dauernden, von der Anlage verarbeitbaren) Erhöhung der Frachten ermittelt wurde.

Tabelle 30 Der Bemessung des Pufferspeichers zugrunde gelegten Spitzenfrachten unter Berücksichtigung einer maximalen kurzzeitigen Aufnahmekapazität der Anlage von 250 kgCSB/d.

Zulaufvolumen [m³]	Zulaufkonzentration [mg/L]	Zulaufkraft [kg/d]	Dauer [d]	Erforderliches Speichervolumen [m³]
21	20000	420	2	17
13	25033	325	3	13,5
13	22733	295	4	8
17	17327	294	5	13
13	18343	238	6	0

Die möglichen Dimensionen der Kläranlage in Abhängigkeit vom TS-Gehalt sind in Tabelle 31 zusammengestellt.

Tabelle 31 Dimensionierungsabschätzung der Anlagenteile.

Anlagenteil	Größe [m³]	durchschnittlicher Bevorratungszeitraum oder Einheit
2 Belebungsbecken: gesamt (bei TS=6 g/L)	110	-
B _R min/max	0,16 / 2,78	kg CSB/(m³*d)
B _{TS} min/max	0,02 / 0,4	kg CSB/(kg TS*d)
Pufferbecken	20	Konzentrationschwankungen
1 Überschussschlamm-speicher	180	ca. 180 Tage
Neutralisationsmitteltank	5	4-5 Monate
Harnstofftank	0,81	5 Monate
Speicher (NH ₄) ₂ HPO ₄	0,7	5 Monate
Speicher H ₃ PO ₄ 75 %	0,2	5 Monate
Auslegung der SBR-Anlage ohne Vorschaltung eines Pufferspeichers		
2 Belebungsbecken: gesamt (TS-Gehalt: 6 [g/L])	152	-

Wird die SBR-Anlage ohne Pufferspeicher ausgeführt, wäre zur Gewährleistung der gewünschten Ablaufkonzentration von 1000 mgCSB/L ein Volumen von ca. 152 m³ nötig (TS = 6 g/L, Q_d = 10,8 m³, CCSB,ZB = 15000 mg/L) (Tabelle 31). Errichtet man hingegen ein ca. 20 m³ fassendes Pufferbecken (Tabelle 31) lässt sich das benötigte Volumen auf 110 m³ reduzieren.

Die erforderliche Sauerstoffzufuhr einer Belüftungseinrichtung je Becken ist in Tabelle 32 zusammengefasst. Die maßgebenden Belastungen und Temperaturen gehen aus dem Versuchsverlauf hervor.

Tabelle 32 Zusammenfassung der erforderlichen Sauerstoffzufuhr einer Belüftungseinrichtung (je Becken) bei unterschiedlicher Belastung

Belastung	Konzentration [mg/L]	Abwassermenge [m³/d]	Fracht je Becken kgCSB/(d*Becken)	Temperatur °C	O ₂ -Verbrauch kg/h
Minimal	3000	5	7,5	15	0,3
				18	0,3
Mittel	10500	10,8	56,7	15	2,2
				18	2,3
Maximal	18300	14	128	15	7,8
				18	8,1

6. Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde die Optimierung der Vorbehandlung hoch belasteter Abwässer zur Indirekteinleitung in die öffentliche Kanalisation aus der Getränkeindustrie in einem Sequencing Batch Reactor (SBR) untersucht. Das zu behandelnde Abwasser wies sehr hohe organische Belastungen mit einer durchschnittlichen CSB- Belastung von 10500 mg/L auf, die vorwiegend durch Kohlenhydrate verursacht wurde. Das Abwasser unterlag großen Schwankungen in der Abwasserqualität (2500-25000 mgCSB/L) sowie der -quantität (5-21 m³/d). Aufgrund der Betriebsführung, die aus der Abfüllung von Erfrischungsgetränken und der Reinigung der Behälter besteht, traten abwechselnd niedrige pH-Werte (3-6) oder pH-Werte um den Neutralpunkt auf. Das Verhältnis CSB:N:P lag durchschnittlich bei 100:0,00:0,14. Das Abwasser wurde in einem unterirdischen Sammelbehälter gesammelt und setzte sich aus betrieblichen und sanitären Teilströmen zusammen.

Ziel dieser Arbeit war es, mittels klärtechnischer Untersuchungen im Technikummaßstab die Anlageneckdaten für eine biologische Kläranlage zu ermitteln.

Das Abwasser, das aufgrund seines hohen Gehaltes an Kohlenhydraten grundsätzlich sehr gut biologisch abbaubar ist, musste jedoch vor der biologischen Behandlung durch eine kontinuierliche Neutralisation (Anhebung des pH-Wertes auf pH 7) und ausreichendem Nährstoffausgleich (Anhebung des Verhältnisses CSB:N:P auf ca. 100:5:1) vorkonditioniert werden.

Über einen Versuchsverlauf von ca. 7 Monaten wurde dabei neben der Anlagenoptimierung eine quantitative sowie qualitative Erfassung des Abwasserstromes durchgeführt. Die Teilreinigung sollte dabei eine CSB-Konzentration von 1000 mgCSB/L im Ablauf und die Vorgaben der Behörde nicht überschreiten.

Die anfallenden Abwässer wurden in einem unterirdischen Sammelschacht bis zu einem Volumen von ca. 10m³ gesammelt und bei Erreichen dieses Pegelstandes mittels Schmutzwasserpumpe als Batch in die öffentliche Kanalisation abgeleitet. Aus diesem Sammelbehälter wurde stündlich ein Abwasserteilstrom in die Vorlage gepumpt. In der Vorlage wurde der pH-Wert eingestellt und die Nährstoffe zudosiert. Die Durchmischung der Vorlage erfolgte über eine grobblasige Belüftungseinheit. Die Beschickung der Kläranlage erfolgte je nach Zyklenzahl und Reinigungsvolumen 2-4 mal pro Tag.

Der Kläranlagenzu- und Ablauf sowie die Parameter des Belebtschlammes wurden zumindest drei Mal wöchentlich beprobt. Die Probennahmen und Analysen wurden für das Rohabwasser, den Zulauf, den Belebtschlamm und den Ablauf durchgeführt.

Die Parameter CSB, P_{ges} , und $\text{NH}_4\text{-N}$ wurden jeweils für den Zu- und Ablauf photometrisch mittels Küvettentests von Lange bestimmt. Die abfiltrierbaren Stoffe (AFS) wurden nur für den Ablauf bestimmt. Die Untersuchungsparameter des Belebtschlammes beinhalteten die Bestimmung des Schlammvolumens (SV) und der Trockensubstanz (TS). Weiters wurde zur Bestimmung der CSB-Konzentration der AFS und des TS der Glühverlust ermittelt. Die Prozessstabilität wurde mit regelmäßigen lichtmikroskopischen Untersuchungen des belebten Schlammes kontrolliert. Schließlich wurde zur Überprüfung der Auslastung der Anlage die Sauerstoffkonzentration kurz vor Beginn der Absetzphase mittels mobiler Sauerstoffsonde gemessen.

Der durchschnittliche betriebsbedingte Abwasseranfall betrug $10,8 \text{ m}^3/\text{d}$. Im Mittel wurden 670 L/d , das entsprach ca. $6,2 \%$ des täglichen Abwasseranfalls, der Versuchskläranlage zugeführt und nach erfolgter Teilreinigung in die öffentliche Kanalisation eingeleitet.

Die Nährstoffdosierung erfolgte ausgehend von einer mittleren CSB-Konzentration von ca. 10500 mg/L . Zur Abdeckung des Nährstoffdefizits wurde Stickstoff in Form von Harnstoff zudosiert, für Phosphor erwiesen sich Diammoniumphosphat oder Phosphorsäure gleichermaßen als geeignet zur Abdeckung des Nährstoffmangels.

Der der Versuchskläranlage zur Vorreinigung zugeführte Abwasserteilstrom wies einwohnerbezogene Frachten (EGW) im Bereich von 17 bis zu 160 EGW auf. Die Teilreinigung des Rohabwassers erfolgte bis zu einer CSB-Ablaufkonzentration von 1000 mg/L . Die als Ziel formulierte Ablaufkonzentration von 1000 mgCSB/L konnte unter Einhaltung einer Schlammbelastung von $0,2 \text{ kgCSB/kgTS}$ in stabilem Betrieb erreicht werden. Die unter dieser Belastung erreichte CSB-Abbaueffizienz lag bei $80\text{-}90 \%$.

Der Anteil der abfiltrierbaren Stoffe (AFS) erreichte eine mittlere Konzentration von 700 mg/L . Aufgrund der groben Abschätzung des Gehaltes an organischer Substanz durch die Bestimmung des Glühverlustes konnte durch die AFS eine Erhöhung der CSB-Ablaufkonzentration von bis zu 400 mg/L im Kläranlagenablauf nachgewiesen werden.

Die durchschnittliche spezifische Schlammproduktion lag bei $0,23 \text{ kgTS}/(\text{kgCSB} \cdot \text{d})$. Der Schlammindex wies großteils geringe Werte auf, starke Erhöhungen auf bis zu 250 mL/L konnten jedoch beobachtet werden. Die Blähschlammbildung trat bei geringen Trockensubstanzgehalten von weniger als 4 g/L vermehrt auf (Abbildung 44).

Im Versuchsverlauf trat bei TS-Gehalten von 6 bis 10 g/L das geringste Potential zur Blähschlammbildung auf. Um das Auftreten von Blähschlamm zu verhindern und die Absetzbarkeit und den Sauerstoffeintrag nicht negativ zu beeinflussen, ist aufgrund der Untersuchungen ein TS-Gehalte von ca. 6 g/L zu empfehlen.

Die Zusammensetzung des Belebtschlammes entsprach im Grossen und Ganzen der Beschreibung höher belasteter Anlagen nach BLW (1999), mit muffigem Geruch, großen unregelmäßigen Flocken, sehr heller Färbung, vereinzelt oder gehäuft vorkommender Blähschlambildung, teilweise starker Trübung verursacht durch freie Bakterien und eine eingeschränkte Artenvielfalt mit höherer Individuenzahl pro Art.

Im letzten Versuchsabschnitt (18.09-26.10.06) wurde eine Online CSB-Messung im Vorlagebehälter installiert mit dem Ziel eine UV/VIS Sonde mit dem vorliegenden Abwasser zu kalibrieren. Die Messung erfolgte spektrometrisch für den Ultravioletten (200 bis 400 nm Wellenlänge) und den sichtbaren Wellenlängenbereich (400 bis 750 nm, UV-VIS). Zur Anwendung kam eine CSB-Sonde der Firma S:CAN. Die Sonde befand sich im Vorlagebehälter und diente der Messung der Zulaufkonzentrationen und im Weiteren der Kalibration der CSB-Messung für den dynamischen Kläranlagenbetrieb. Mit Hilfe einer dynamischen Steuerungseinheit könnten die starken Belastungsschwankungen durch Variation der Intervalldauer oder der Beschickungsmenge ausgeglichen und die Nährstoffdosierung besser an die jeweils vorhandene Belastung abgestimmt werden. Da die Sonde jedoch nicht kontinuierlich von Abwasser überdeckt war und die Durchmischung der Vorlage durch Lufteinblasung erfolgte, trat ein extrem hohes Messrauschen auf. Durch diese suboptimalen Messbedingungen konnte nur eine wenig zufrieden stellende Korrelation zwischen den Messdaten der Sonde und der Laborauswertung hergestellt werden. Für eine gesicherte Anwendung im Betrieb müssten die bisher gewonnenen Daten durch weitere Messungen validiert werden.

Zeitgleich mit dem Einbau der CSB-Sonde wurde eine Sauerstoffsonde installiert. Zur Ermittlung des erreichbaren Sauerstoffertrages (OP) bei definierter Sauerstoffzufuhr (OC), der Wirtschaftlichkeit von Belüftungseinrichtungen im Belebungsbecken und der Kontrolle der gemessenen Parameter wurden Sauerstoffeintragsversuche durchgeführt. Die Versuche wurden in Reinwasser sowie in belebtem Schlamm durchgeführt und erfolgten nach dem Merkblatt ATV-M 209 (1996). Aus den Versuchen resultierte bei Trockensubstanzgehalten von ca. 4,4 g/L ein Grenzflächenfaktor (α) von 0,4.

Mit Hilfe der im Betrieb gewonnenen Daten und der Merkblätter ATV-M 210 (1997) und ATV-M 131 (2000) wurde eine Vorbemessung der SBR-Anlage durchgeführt. Für eine zweistrassige Ausführung der geplanten Kläranlage zur Vorklärung der betrieblichen Abwässer ergab sich bei einem TS-Gehalt von 6 g/L und einer durchschnittlichen Schlammbelastung von 0,2 kgCSB/kgTS, für beide Belebungsbecken ein Volumen von ca. 110 m³ mit einem Pufferbecken von 20 m³. Für den Überschussschlamm Speicher ergab sich ein Speichervolumen für ca. 180 Tage von ca. 180 m³. Im Vergleich zu der vom Ziviltechniker durchgeführten Standardbemessung von kommunalen Kläranlagen konnte durch den

Versuchsbetrieb eine mögliche Reduktion des Reaktionsvolumens um ca. 60 % ermittelt werden.

7. Literaturverzeichnis

- AIM R. M. B., SEMMENS M.J.: Membrane bioreactors for wastewater treatment and reuse: a success story. Water Science and Technology, Proceedings of the first IWA Asia Environmental Technology, S. 1-7, 2001
- AUSTERMANN-HAUN U., ROSENWINKEL K. H.: Fruchtsaftfabriken, Erfrischungsgetränkeherstellung und Mineralbrunnen. In ROSENWINKEL K. H. (HG), ATV-Handbuch, Industrieabwasser Lebensmittelindustrie, 4. Auflage, Ernst & Sohn Verlag, Berlin, 2000
- AUSTERMANN-HAUN U., ROSENWINKEL K. H.: Two examples of the anaerobic pretreatment of wastewater in the beverage industry. Water Science & Technology, Volume 36, No. 2-3, S. 311-319, 1997
- ATV-DVWK-Arbeitsbehelf 131: Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen Regelwerk, 2004
- ATV-DVWK-Leitfaden 2-5: Betrieb von Abwasseranlagen; Ermittlung des Schlammalters, 2003
- ATV-DVWK-Merkblatt 209: Messung der Sauerstoffzufuhr von Belüftungseinrichtungen in Reinwasser und in belebtem Schlamm. Regelwerk, 1996
- ATV-DVWK-Merkblatt 210: Belebungsanlagen mit Aufstaubetrieb. Regelwerk, 2004
- ATV-DVWK-Merkblatt 776: Abwasser der Stärke Industrie. GFA, Hennef, 2002
- AWEL: Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft, Abteilung Gewässerschutz. S.a., www.gewaesserqualitaet.zh.ch/internet/bd/awel/gg/gg/de/fg_messdaten/fg_kennng.SubContainerList.SubContainer, Zugriff am 22.07.2008
- BAIER U. und DELAVY P.: Bioenergie, Protein & Fasern aus Gras Monitoring des Biogsprozesses. Im Auftrag der Bioenergie Schaffhausen und der 2B Biorefineries AG, 2003
- BITTON G.: Wastewater Biology. 2nd Edition, Wiley- Liss- Verlag, New York, 1999
- BLW (Hg): Das mikroskopische Bild bei der biologischen Abwasserreinigung. Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft, Heft 1/99, 1999
- BGBL BUNDESGESETZBLATT für die Republik Österreich, Nr. 186, Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft über die allgemeine Begrenzung von Abwasseremissionen in Fließgewässer und öffentliche Kanalisationen (AAEV), 1996
- BGBL BUNDESGESETZBLATT I für die Republik Österreich, Nr. 65/2002 Wasserrechtsgesetz (WRG) 1959, 2002

- BGBL BUNDESGESETZBLATT II für die Republik Österreich, Nr. 222/1998
Indirekteinleiterverordnung (IEV) 1998
- BGBL BUNDESGESETZBLATT für die Republik Österreich, STF.: Nr. 1077/1994:
Verordnung des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft
über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus der Herstellung
von Erfrischungsgetränken und der Getränkeabfüllung, 1994
- BRAHA A., GROZA G.: Moderne Abwassertechnik. Wiley- VCH- Verlag,
Weinheim, 2006
- BRAUN R.: Biogas-Methangärung organischer Abfallstoffe, Springer-Verlag, Wien,
1982
- CPEO (Center for Public Enviromental Oversight): Advanced Oxidation
Processes. www.frtr.gov/matrix2/section4/4-45.html (s.a.), (Zugriff am
17.08.2007)
- DEPANERI (Danish Enviromental Protection Agenca & National Enviromental
Research Institute): Nutrients and Eutrophication in Dansish Marine
Waters, 2007 www2.dmu.dk/1_viden/2_milijoe-tilstand/3_vand/4_eutrophication/effects.asp (Zugriff am 20.08.2007)
- DOCKHORN T.: CSB- Elimination in Abhängigkeit vom Typ des
Belebungsbeckens. Heft 64, Veröffentlichung des Institutes für
Siedlungswasserwirtschaft der Technischen Universität Braunschweig,
1999
- EIKELBOOM D.H., VAN BUIJSEN H.J.J.: Handbuch für die mikroskopische
Schlammuntersuchung. 3. Auflage, F. Hirthammer Verlag GmbH,
München, 1992
- EKKERLEIN C.: Erfahrungen mit SBR-Anlagen im industriellen Bereich.
Schriftenreihe des Fachgebiets Siedlungswasserwirtschaft der
Universität Kaiserslauten, Band 14, 2001
- EU-Verordnung 648/2004: Verordnung (EG) Nr. 648/2004 des Europäischen
Parlaments und des Rates vom 31. März 2004 über Detergenzien
- FRANZ A., SVARDAL K.: Bilanzierung und chemisches Rechnen in der
Abwasserreinigung. Wiener Mitteilungen, Band 192, 2005
- GERARDI H. M.: Wastewater Bacteria. Wiley & Sons Publication, New Jersey,
2006
- GEROLF L.: Qualifikation des Betriebspersonals auf Kläranlagen, ATV-DVWK,
s.a.
- GOTTWALD W., HEINRICH K. H.: UV/VIS- Spektroskopie für Anwender. Wiley
VCH- Verlag, Weinheim, 1998
- GRAY N. F.: Activated Sludge thoerie and practice. Oxford University Press, New
York, 1990
- GREENBERG A.E., CLESCERL L.S.; EATON A.D. (Hg.): Standard Methods for
the examination of water and wastewater. 18th Edition, American
Public Health Association, 1992

- HALDENWANG L.: Biologische Abwasserbehandlung mit dem Rieselstrom-Reaktor. Wasser, Luft, Boden (WLB) 4/2002
- HARTMANN L.: Biologische Abwasserbehandlung. In TEICHMANN H. (HG) ATV-Handbuch, biologische und weitergehende Abwasserreinigung, 4. Auflage, Ernst & Sohn Verlag, Berlin, 1997
- HARTMANN L.: Biologische Abwasserreinigung. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York, 1983
- HEIN H. und KUNZE W.: Umweltanalytik. 2. Auflage, VCH-Verlag, Weinheim, 1995
- HUTTER K.: Ausgewählte Vorbehandlungsmöglichkeiten von organisch hochbelasteten Industrieabläufen. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien, 1988
- JUDD S., JEFFERSON B.: Membranes for Industrial Wastewater Recovery and Re-use. Elsevier Ltd., Oxford, 2003
- KASAPGIL B., ANDERSON G. K., INCE O.: An investigation into the pretreatment of dairy wastewater prior to aerobic biological treatment. Water Science & Technology, Vol. 29, No. 9, S. 205-212, 1994
- KAYSER et.al.: Belebungsverfahren. In TEICHMANN H. (HG) ATV-Handbuch, biologische und weitergehende Abwasserreinigung, 4. Auflage, Ernst & Sohn Verlag, Berlin, 1997
- KENNETH A., MIKKELSON P. D. und NYHUIS G.: Dimensionierung von SBR-Anlagen in Handbuch des SBR-Verfahrens. 3. Auflage, Cyklar Abwassertechnik, 1998
- KERMER K.: Physikalisch-chemische Verfahren. 2. Auflage, Teil 1, Verlag für Bauwesen, Berlin, 1987a
- KERMER K.: Physikalisch-chemische Verfahren. Teil 2, Verlag für Bauwesen, Berlin, 1987b
- KOGLIN B.: Mechanische Trennverfahren. In MANN T. (HG) ATV-Handbuch, Industrieabwasser Grundlagen, 4. Auflage, Ernst & Sohn Verlag, Berlin, 1999, 223-261
- KOPF W.: Probleme der Ammoniaktoxizität am Beispiel der Regnitz. In Auswirkungen von Abwassereinleitungen auf die Gewässerökologie. Bayerische Landesanstalt, R. Oldenbourg- Verlag, München, 1993
- KOPPE P., STOZEK A.: Kommunales Abwasser. 4. Auflage, Vulkan Verlag, Essen, 1999
- KROISS H. und SVARDAL K.: Einflussfaktoren auf die anaeroben biologischen Abbauvorgänge. In BÖHNKE B. (Hg): Anaerobtechnik. 2. Auflage, Springer- Verlag, Berlin Heidelberg, 2005, 49-83
- LANSING et.al.: Small-Scale Digesters in Costa Rica, Biocycle, Vol. 48, No. 2, 2007
- LECHNER P. (HG): Kommunale Abfallentsorgung. Facultas- Verlag, Wien, 2004

- LEPPER H. u. LESSING U.: Auswirkungen von Nitrat auf die Gesundheit.
http://www.lgl.bayern.de/lebensmittel/trinkwasser_nitrat.htm (Zugriff am 16.09.2007)
- MANN T.: Wasser. In MANN T. (HG) ATV-Handbuch, Industrieabwasser Grundlagen, 4. Auflage, Ernst & Sohn Verlag, Berlin, 1999, 21-43
- MARGESIN R. u. SCHINNER F.: Low-temperature bioremediation of a waste water contaminated with anionic surfactants and fuel oil. Appl. Microbiol. Biotechnol. Volume 49, p. 482-486, 1998
- MEIER H.: UV/VIS-Spektren. In (HESSE et. al) Spektroskopische Methoden in der organischen Chemie, 7. Auflage, Thieme Verlag, Stuttgart, 2005
- MENGIS M. u. WEHRLI B.: Nitratelimination in Gewässern und ihre Auswirkung auf Nitratgehalte in Seen und Grundwasser, Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. 89,723-729 (1998) http://library.eawag.ch/EAWAG-Publications/pdf/eawag_02554.pdf (Zugriff am 23.10.2007)
- MEYER H. etal.: Anaerobe Abwasserbehandlung. In BÖHNKE B. (Hg): Anaerobtechnik. 2. Auflage, Springer- Verlag, Berlin Heidelberg, 2005, 283-529
- MOLDT C.: Bestimmung des Grenzflächenfaktors α bei Belebtschlämmen unterschiedlichen Trockensubstanzgehaltes in einer Versuchsanlage. Diplomarbeit, Wolfenbüttel, 2001 www.ibfo.de/Diplomarbeiten/Cornelius/Diplomarbeit.pdf (Zugriff am 10.02.2007)
- MUDRACK K., KUNST S.: Biologie der Abwasserreinigung. 5. Auflage, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 2003
- MUDRACK K., KUNST S.: Biologie der Abwasserreinigung. 4. Auflage, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 1994
- MUNLV (Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz: Abwasserreinigung mit Membrantechnik. 1. Auflage, Düsseldorf, 2003
- NEUMANN S.: Chemischer Sauerstoffbedarf, s.a. http://content.grin.com/binary/hade_download/5780.pdf (Zugriff am 23.10.2007)
- NIEHOFF H. H.: Einrichtungen zur Nutzung / Verwertung von Faulgas. In BÖHNKE B. (Hg): Anaerobtechnik. 2. Auflage, Springer- Verlag, Berlin Heidelberg, 2005, 655-690
- N.N.: Abbaubarkeit. Wasser-Wissen, Institut für Umweltverfahrenstechnik – Universität Bremen, 2000 <http://www.wasserwissen.de/abwasserlexikon/a/abbaubarkeit.htm> (Zugriff am 16.02.2007)
- PERTHEN B.: Sauerstoffeintragsversuche mit einem neu entwickelten Druckluftbelüfter. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien, 1993
- PÖPPINGHAUS K. etal.: Abwassertechnologie, 2. Auflage, Springer- Verlag, Berlin Heidelberg, 1994

- PROCTOR & GAMBLE: Surfactants.
www.scienceinthebox.com/en_UK/glossary/surfactants_en.html , 2005
(Zugriff am 12.08.2007)
- RAUTENBACH R.: Abwasseraufbereitung durch Membranverfahren. In MANN T. (HG) ATV-Handbuch, Industrieabwasser Grundlagen, 4. Auflage, Ernst & Sohn Verlag, Berlin, 1999, 368-408
- Richtlinie 91/271/EWG des Rates vom 21. Mai 1991 über die Behandlung von kommunalem Abwasser (Abl. L 135, 30.05.1991 S. 40 ff), 1991
- RÖSKE I., UHLMANN D.: Biologie der Wasser- und Abwasserbehandlung. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 2005
- ROSSO et.al.: Aeration of large-scale municipal wastewater treatment plants: state of arts. Proceedings, 10th IWA Specialised Conference, Design, Operation and Economics of Large Wastewater Treatment Plants, Vienna, 2007
- RUDOLPH J.: Neutralisation. In MANN T. (HG) ATV-Handbuch, Industrieabwasser Grundlagen, 4. Auflage, Ernst & Sohn Verlag, Berlin, 1999, 131-143
- RÜFFER H., ROSENWINKEL K. H.: Taschenbuch der Industrieabwasserreinigung. R. Oldenbourg Verlag GmbH, München, 1991
- SABBAS P., MOSTBAUER P. u: LECHNER P.: Deponien – Prozesse und Faktoren jenseits der Nachsorge, MA 22 – Umweltschutz, 1998
http://www.natuerlichwien.at/files/content_mistnewsdl_1/Deponie_jenseits_der_Nachsorge_1998.pdf (Zugriff am 23.10.2007)
- SASOUR J.: Reduzierung der Belastung des Textilveredelungsabwassers durch eine kombinierte aerobe/anaerobe Behandlung hochkonzentrierter Abwasserteilströme. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau Universität Stuttgart, 2004
- Siebenter Umweltkontrollbericht - 4.1 Wasser, s.a.
http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umweltkontrolle/2004/0401_wasser.pdf (Zugriff am 23.08.2007)
- SKOOG D. A., LEARY J. J.: Principles of Instrumental Analysis. 4th Edition, Saunders College Publishing, Orlando, 1992
- SCHMELZ K. G.: Co- Vergärung von Klärschlämmen und Bioabfällen. In Manuskripte zur Abfallwirtschaft. Rhombos-Verlag, Berlin, 2000
- SCHÖFFL H.: Erhebung Erfrischungsgetränke und Eistee. Arbeiterkammer Wien, 2004
- SCHOLZ W.: Anwendungen von Membranbioreaktoren in der Industrieabwasserreinigung. Diplomarbeit, Forschungsinstitut für Agrarbiotechnologie, Tulln, 1998
- SCHORIES G.: Beitrag zur Aufbereitung und stofflichen Verwertung organisch hochbelasteter industrieller Reststoffe und Abwasserteilströme. Dissertation, Fakultät für Bergbau, Hüttenwesen und Maschinenwesen der TU Clausthal, 1999

- STEINMETZ H.: Einfluss von Abwasserinhaltsstoffen, Stoffwechselprozessen und Betriebsparametern von Belebungsanlagen auf den Sauerstoff in Abwasser- Belebtschlamm- Gemische. Dissertation, Universität Kaiserslauten, 1996
- STENSTROM et.al.: Economic evaluation of upgrading aeration systems. Journal Water Pollution Control, Volume 56, Number 1, Washington D.C. , 1984
- WENGER-OEHN et.al.: Erfahrungen mit einer biologischen Reinigungsanlage für Abwasser aus der Getränkeindustrie. KA-Abwasser, Abfall, Heft 52, Nr. 11, 2005
- WIENHUSEN A.: Mechanische Abwasserreinigung. In ATV-Handbuch, Mechanische Abwasserreinigung, 4. Auflage, Ernst & Sohn Verlag, Berlin, 1997
- WIESMANN U., CHOI I. S., DOMBROWSKI E. M.: Fundamentals of Biological Wastewater Treatment. Wiley- VCH-Verlag, Weinheim, 2007
- WILDERER P.A., MCSWAIN B. S.: The SBR and its biofilm application potentials. In Proceedings of 3rd IWA Specialised Conference on Sequencing batch reactor technology, Noosa, 2004

8. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Betriebsdrücke verschiedener Membranprozesse (JUDD und JEFFERSON, 2003)	12
Abbildung 2 Überblick über die Membrantrennverfahren (STEPHENSON, 2000 in JUDD und JEFFERSON, 2003).	13
Abbildung 3 (a) Dead-End und (b) Cross-Flow Filtration (JUDD und JEFFERSON, 2003).	13
Abbildung 4 Schema des vollständigen aeroben Abbaus von Glucose (MUDRACK u. KUNST, 2003).	17
Abbildung 5 Phosphorelimination durch anaerobe und aerobe Milieubedingungen („Luxury Uptake“) (BITTON, 1999).	18
Abbildung 6 Bild Schema Belebungsanlage (PÖPPINGHAUS et.al., 1994).	20
Abbildung 7 Darstellung der Volumenanteile einer SBR Anlage.	21
Abbildung 8 Prinzip des SBR- Verfahrens (Fa. EVN, 2004).	21
Abbildung 9 Verfahrensschema des Rieselstrom- Reaktors (Fa. Water Technology, 2007).	24
Abbildung 10 Schema des mehrstufigen anaeroben Abbaus (MUDRACK u. KUNST, 2003).	26
Abbildung 11 Schematische Darstellung verschiedener anaerob- Anlagentypen a) durchmischter Reaktor, b) anaerobes Belevungsverfahren, c) UASB (Upflow Anaerobic Sludge Bed), d) Festbetteaktor e) Teilfestbetteaktor und f) Wirbelbetteaktor (SEYFRIED, 1986 in HUTTER, 1988).	28
Abbildung 12 Darstellung eines EGSB, 1: Schlamm Wasser Trennzone; 2: Entgasungszone (BAIER und DELAVA, 2003).	29
Abbildung 13 Darstellung eines UAF (BÖHNKE und SEYFRIED 1993 in SARSOOR, 2004).	30
Abbildung 14 Schema der Druck- Entspannungsflotation.	33
Abbildung 15 Schematische Darstellung eines Membranbioreaktors (Fa. 3rtechnology, 2007).	34
Abbildung 16 Funktionsschnitt und Grundriss der SBR-Anlage PURACHRON-10B® (Fa. Purator, 2006).	40
Abbildung 17 Anlagenschema der Versuchsanlage.	43
Abbildung 18 Schematische Darstellung des Messprinzips einer CSB-Sonde (Fa. WTW, 2007).	50
Abbildung 19 Darstellung einer Kalibrierfunktion (Ausgleichsgeraden) (GOTTWALD und HEINRICH, 1998).	51
Abbildung 20 CSB-Bilanz für eine Belebungsanlage (KAYSER et. al. 1997).	57
Abbildung 21 Darstellung des täglichen Abwasseranfalles und des Mittelwertes von 10,8 m³/d.	63
Abbildung 22 Ammoniumstickstoff- (C_{NH_4-N}) und Gesamtphosphorkonzentration ($C_{P_{ges}}$) im Abwasser, gemessen im UISB.	64

Abbildung 23 Darstellung der im UISB gemessenen Frachten und der korrespondierenden Frachten bei einer Zielkonzentration von 1000 mgCSB/L.	65
Abbildung 24 CSB-Zulaufkonzentrationen (C_{CSB}) zur VKA: Messung in der Vorlage (PN2) und im UISB (PN1, Abbildung 17).	67
Abbildung 25 Schematische Darstellung der Batch- Sequenzen in Abhängigkeit der Intervalle pro Tag.	68
Abbildung 26 Darstellung der täglichen Beschickungsmengen.	69
Abbildung 27 Betriebseinstellungen im Anlagenbetrieb.	69
Abbildung 28 Vergleich der P_{ges} Rohwasser-- (Messung im UISB) und Ablaufkonzentrationen.	70
Abbildung 29 Verlauf der EGW des der Versuchskläranlage zugeführten Abwasserteilstromes (Beprobung der Vorlage, Anlagenschema Abbildung 17).	72
Abbildung 30 Vergleich des über den Versuchsverlauf dosierten Phosphor (P) mit dem Bedarf an P je 1000 mgCSB/L, das Verhältnis C:P sollte auf ca. 100:1 angehoben werden.	74
Abbildung 31 Vergleich des über den Versuchsverlauf dosierten Stickstoff (N) mit dem Bedarf an N je 1000 mgCSB/L, das Verhältnis CSB:N sollte auf ca. 100:5 angehoben werden.	74
Abbildung 32 Darstellung der N- und P-Gaben über den Versuchsverlauf	75
Abbildung 33 CSB-Zulauffrachten (kgCSB/d) in der Vorlage und Beschickungsmenge (L/d)	76
Abbildung 34 Darstellung der Schlammbelastung und der prozentuellen CSB-Reduktion über den Versuchsverlauf.	77
Abbildung 35 Darstellung der CSB-Ablaufkonzentrationen und der in der Vorlage gemessenen CSB-Zulauffrachten über den Versuchsverlauf.	77
Abbildung 36 Darstellung der Sauerstoffkonzentration und des TS-Gehalt in der Belebung und der CSB-Zulaufkonzentration in der Vorlage.	80
Abbildung 37 CSB-Raumbelastung ($B_{\text{R,CSB}}$) der Versuchsanlage.	80
Abbildung 38 Darstellung der B_{TS} und der CSB-Ablaufkonzentration über den Versuchsverlauf.	81
Abbildung 39 Zusammenhang der CSB-Ablaufkonzentration und der BTS	82
Abbildung 40 Abhängigkeit der CSB-Ablaufkonzentration von der in der Vorlage gemessenen CSB-Zulauffracht.	83
Abbildung 41 Vergleich der prozentuellen Reinigungsleistung mit der BTS.	84
Abbildung 42 Vergleich der prozentuellen Reinigungsleistung mit der CSB-Zulauffracht.	84
Abbildung 43 Verlauf des Gehaltes an TS und der Schlammbelastung B_{TS}	87
Abbildung 44 Darstellung des ISV und des TS	88
Abbildung 45 Abhängigkeit des TS-Gehaltes und der CSB-Zulauffrachten von der Sauerstoffkonzentration (gemessen in der VKA kurz vor Beginn der Absetzphase).	89
Abbildung 46 Abhängigkeit der Sauerstoffkonzentration von der Schlammbelastung	90

Abbildung 47 Zusammenhang zwischen der spezifischen Schlammproduktion $\ddot{U}_{S,CSB}$ und der Schlammbelastung B_{TS}	91
Abbildung 48 Vergleich der spezifischen Schlammproduktion ($\ddot{U}_{S,CSB}$) mit der CSB-Fracht im Zulauf zur VKA	92
Abbildung 49 Belebtschlammflocke mit starker Fädigkeit (Phase 3), im Bild links Vorticella spp.	94
Abbildung 50 Nematode mit sehr starker Fadenbakterienbildung (Phase 5)	94
Abbildung 51 Schaumbildung in der Versuchskläranlage (Phase 6)	95
Abbildung 52 Darstellung der AFS und des CSB in den AFS im Ablauf der VKA.	96
Abbildung 53 Abhängigkeit der CSB-Ablaufkonzentration von den AFS im Ablauf der VKA.	96
Abbildung 54 Zusammenhang zwischen der CSB-Ablaufkonzentration und der prozentuellen Erhöhung durch die AFS im Kläranlagenablauf.	97
Abbildung 55 Darstellung der CSB-Ablaufkonzentration und der prozentuellen Erhöhung durch die abfiltrierbaren Stoffe über den Versuchsverlauf.	98
Abbildung 56 Vergleich der AFS im Kläranlagenablauf mit dem ISV.	99
Abbildung 57 Kalibrationsgerade mit 83 % Übereinstimmung.	101
Abbildung 58 Kalibrationsgerade mit 45 % Übereinstimmung.	101
Abbildung 59 Vergleich zwischen Onlinemessung und den Labordaten im Betrieb.	102
Abbildung 60 Verlauf der Sauerstoffkonzentration in Abhängigkeit verschiedener Zulaufmengen.	103
Abbildung 61 Einstellungen der pH-Sollwerte in der Vorlage und die in der Belebungs gemessenen pH-Werte.	105
Abbildung 62 Verlauf des Sauerstoffgehaltes bei einem Adsorptionsversuch in Reinwasser.	107
Abbildung 63 Logarithmische Darstellung des Adsorptionsverlaufes zur Berechnung von k_{la} [1/h] in Reinwasser.	108
Abbildung 64 Verlauf des Sauerstoffgehaltes bei einem Adsorptionsversuch in belebtem Schlamm.	109
Abbildung 65 Logarithmische Darstellung des Adsorptionsverlaufes zur Berechnung von αk_{la} [1/h] belebten Schlamm belebten Schlamm.	110
Abbildung 66 Abhängigkeit des Grenzflächenfaktors vom TS-Gehalt (STEINMETZ, 1996).	111
Abbildung 67 Darstellung des Sauerstoff- Gleichgewichtskonzentration bei Substratzugabe bei einem TS-Gehalt von ca. 4 g/L.	114
Abbildung 68 Vergleich der CSB- Schlammbelastung mit der CSB-Ablaufkonzentration.	115
Abbildung 69 Volumina für beide Belebungsbecken der Abwasserreinigungsanlage in Abhängigkeit vom TS-Gehalt	117

9. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Definition des Einwohnerwertes (EW) für kommunales Abwasser (nach GEROLF, s. a.)	8
Tabelle 2 Ernährungsweisen und Abbauprozesse (RÖSKE u. UHLMANN, 2004).	15
Tabelle 3 Reaktionen des Stickstoffabbaus (BITTON, 1999).	18
Tabelle 4 Einteilung der für die Methangärung angewandten Systeme nach BRAUN (1982).	27
Tabelle 5 Zusammenstellung ausgewählter Behandlungsmöglichkeiten und deren Anlagenkennwerte.	31
Tabelle 6 Parameter laut behördlichem Bescheid für die Einleitung in die öffentliche Kläranlage.	37
Tabelle 7 Eckdaten der Versuchskläranlage (PURACHRON-10B®).	39
Tabelle 8 Beschreibung der verwendeten Behälter und der Probenahmestellen.	41
Tabelle 9 Beschreibung der verwendeten Pumpen, Gebläse. Mess-, Regel- und Aufzeichnungseinheiten.	42
Tabelle 10 Zusammenstellung der durchgeführten Analysen des Zu- und Ablaufes und des Belebtschlammes.	47
Tabelle 11 Formblatt für die mikroskopische Schlammuntersuchung in Anlehnung an die Formblätter des BLW (1999).	48
Tabelle 12 Durchführung der Bilanzierung: Bestimmung der einzelnen Parameter.	58
Tabelle 13 Abwasseranfallstellen.	62
Tabelle 14 Derzeitige Entsorgung der Abwasserteilströme.	62
Tabelle 15 Zusammenstellung der wichtigsten Abwasserkennwerte.	66
Tabelle 16 Zusammenstellung der verwendeten Substrate und deren Nährstoffinhalte.	73
Tabelle 17 Betriebsparameter einer kommunalen Belebungsanlage unter unterschiedlichen Anforderungen (GEROLF s.a.)	85
Tabelle 18 Betriebsparameter der Versuchskläranlage	85
Tabelle 19 Nährstoff- und Neutralisationsmittelbedarf für einen Abwasserstrom von 10,8 m³/d mit einer durchschnittlichen Konzentration von 10.500 mgCSB/L	86
Tabelle 20 Mittlere Abwasser- und Betriebsparameter zu Berechnung des Schlammalters.	86
Tabelle 21 Analyseergebnisse der anionischen Tenside	99
Tabelle 22 Kontrolle der induktiven Durchflussmessung (IDM) durch Aufmassmessungen.	104
Tabelle 23 Zu Beginn und Ende des Reinwasserversuches gemessene Parameter.	106
Tabelle 24 Ergebnisse des Sauerstoffeintragsversuches in Reinwasser.	107
Tabelle 25 Jeweils zu Beginn und Ende gemessene Parameter des Eintragsversuches in belebtem Schlamm gemessene Parameter.	108
Tabelle 26 Sauerstoffzufuhr und Sauerstofftrag.	109

Tabelle 27 Vergleich der gemessenen CSB-Ablauffrachten mit den durch die CSB-Bilanz berechneten Werten.	112
Tabelle 28 Berechnungsbeispiel einer CSB-Bilanz.	113
Tabelle 29 Der Berechnung zugrunde gelegte Daten	116
Tabelle 30 Der Bemessung des Pufferspeichers zugrunde gelegten Spitzenfrachten unter Berücksichtigung einer maximalen kurzzeitigen Aufnahmekapazität der Anlage von 250 kgCSB/d.	118
Tabelle 31 Dimensionierungsabschätzung der Anlagenteile.	119
Tabelle 32 Zusammenfassung der erforderlichen Sauerstoffzufuhr einer Belüftungseinrichtung (je Becken) bei unterschiedlicher Belastung	119

10. Anhang

10.1 Auswertungsdatenblätter

10.2 Berechnungen

10.3 Sicherheitsdatenblätter

- Calgonit CF 301
- SOLVIN SR
- KALUIMSORBAT GRAN. CHIN. KT25KG

10.4 Curriculum Vitae

10.1 Auswertungsdatenblätter

Datum Zyklusende	Zeit Zyklusende	tägliche Zyklenzahl	Beschickung		Bemerkungen	CSB [mg/l]						CSB Verminderung [%]	
			[L/Intervall]	[L/d]		Stichprobe Zulauf Vorlage	Mischprobe Vorlage	MP, MW x d Vorlage	BOKU Vorlage	Ablauf	BOKU Ablauf		
Phase 1													
12. Apr.	0:00	2	50	100	Umstellung SBR auf Dauerbelüftung, Abschalten Ruhephasen		11397						
12. Apr.													
20. Apr.		2	70	140									
28. Apr.	0:00	2	50	100			1000						
8. Mai.	12:00	2	135	270							135	222	
8. Mai.	0:00		135				500		300				
14. Mai.	10:00	2	203	406							281		
14. Mai.	22:00		203										
15. Mai.	10:00	2	203	406									
19. Mai.	22:00	2	100	200							148		
20. Mai.	10:00	2	250	500			18367	11334			122		99
20. Mai.	22:00		265				17100	13500			248		98
21. Mai.	10:00	2	318	636			8807	7270					
21. Mai.	22:00		318										
26. Mai.	21:00	2	318	636									
27. Mai	9:00	2	420	840		8090	6883			74		99	
27. Mai	21:00		420			9070	8557						
28. Mai	21:00	2	420	840						46			
29. Mai	9:00	2	420	840		14033	4883			43		99	
29. Mai	21:00		420			10233	4967						
03. Jun	18:00	3	300	900		12460		13570		146		99	
4. Jun.	14:00		170			16050	14900						
04. Jun	18:00	3	170	510		16470		15334		178		99	
04. Jun	23:00		300			16890	15768						
MW Phase:							8413			142		99	
Phase 2													
05. Jun	17:00	4	300	1200	Regenabdeckung verrutscht; Wassereintrag	14448		11932		196		98	
05. Jun	23:00		300		Beginn Phase mit korrespondierender Probenahme	12007	8097						
06. Jun	11:00	4	300	1200		7083		5238		252		95	
06. Jun	17:00		300			2160	2380						
07. Jun	11:00	4	300	1200				6257		743		88	
07. Jun	17:00		300				10134						
08. Jun	17:00	4	300	1200	Regenwassereintritt in KA			11684		1563		87	
08. Jun	23:00		300				13233						
09. Jun	11:00	4	300	1200				12001		2976		75	
09. Jun	17:00		300				10769						
10. Jun	11:00	4	300	1200				9896		3417		65	
10. Jun	17:00		300				9023						
11. Jun	17:00	4	300	1200				9071		3510		61	
11. Jun	23:00		300				9118						
12. Jun	17:00	4	300	1200	Schaum in der Vorlage und in KA; Verflüchtigung			9007		3750		58	
12. Jun	23:00		300				8897						

Datum Zyklusende	Zeit Zyklusende	tägliche Zykluszahl	Beschickung		Bemerkungen	CSB [mg/l]						CSB Verminderung [%]
			[L/Intervall]	[L/d]		Stichprobe Zulauf Vorlage	Mischprobe Vorlage	MP, MW x d Vorlage	BOKU Vorlage	Ablauf	BOKU Ablauf	
13.Jun	17:00	4	300	1200				12536		3670		71
Phase 2												
13.Jun	23:00		300				16175					
14.Jun	17:00	4	300	1200	Ausfall pH Dosierung; Behälter leer			16021		4450		72
14.Jun	23:00		300				15867					
15.Jun	11:00	4	300	1200				14668		4395		70
15.Jun	17:00		300				13470					
16.Jun	17:00	4	300	1200	Ausfall Pumpe Sammelbehälter-Vorlage; Ende korrespondierende Probenahme							
16.Jun	23:00		100	400					15700			
MW Phase:							10651			2629		77
Phase 3												
17.Jun	11:00	4	100		Entnahme Probe für UNI; Plane war heruntergerissen, Austritt ca 200l BS							
21.Jun	11:00		100	400			11770			1157		90
21.Jun	23:00	4	100				11603					
22.Jun	11:00		100	400	geringer W-Stand in UI-Vorlage, geringe Beschickung KA			10168		1350		87
23.Jun	23:00	4	100		Schaumbildung in Vorlage und KA; Ablauf trüb		8733					
24.Jun	11:00		100	400	Ausschaltung P-Dosierung, da sehr hohe P- Zulaufwerte			3790		1340		65
24.Jun	23:00	4	100			4430	3150					
MW Phase:							8814			1282		81
Phase 4												
25.Jun	23:00	4	150	600	geringe Füllhöhe in Vorlage			3073		956		69
26.Jun	5:00	4	150				1717					
30.Jun	23:00	4	200	800	starke Schaumbildung in Vorlage; Ablauf milchig!			12068		3363		72
30.Jun	5:00		200				22420					
01.Jul	11:00	4	200	800	Schaum in KA; Ablauf milchig trüb			19885		3960	3150	80
01.Jul	23:00		200				17350		14600			
06.Jul	17:00	4	200	800	starke Schaumbildung in KA			20275		5020		75
06.Jul	23:00		200				23200					
08.Jul	11:00	3	250	750	sehr starke Schaumbildung in KA			18733		5620		70
08.Jul	19:00		250				14267					
10.Jul	11:00	3	250	750	Wechsel Behälter Natronlauge (leer), ger. Schaumb.			10068		5160		49
10.Jul	19:00		250				5870					
15.Jul	19:00	3	250	750				6368		4663		27
15.Jul	3:00		250				6867					
17.Jul	11:00	3	250	750	starke Schaumbildung in KA; Ablauf trüb nicht mehr so milchig			10000		5287		47
17.Jul	19:00		250				13133					
19.Jul	19:00	3	250	750				19083		5977		69
19.Jul	23:00		250				25033					
22.Jul	11:00	3	250	750	NaOH leer bei Ankunft; pH in Vorlage 4,95!; keine Schaumbildung in KA; Ablauf milchig			24983		8543		66
22.Jul	23:00		250				24933					
24.Jul	17:00	3	250	750	Bei Ankunft pH=5 in KA			22683		8543		62
24.Jul	17:00	-	-	250	Neutralisation bis pH=7 und Schaltung auf Dauerbelüftung		20433					
25.Jul	7:00	-	-	-	Dauerbelüftung			20150		8253		59

Datum Zyklusende	Zeit Zyklusende	tägliche Zyklenzahl	Beschickung		Bemerkungen	CSB [mg/l]						CSB Verminderung [%]
			[L/Intervall]	[L/d]		Stichprobe Zulauf Vorlage	Mischprobe Vorlage	MP, MW x d Vorlage	BOKU Vorlage	Ablauf	BOKU Ablauf	
25.Jul	19:00	3	250	750			19867					
27.Jul	19:00	2	330	660	Umstellung auf 2 Reinigungszyklen			16183		8503		47
28.Jul	7:00		330		Stellung pH-Dosierung auf pH _{Soll} = 8		12500					
31.Jul	19:00	2	330	660	Stellung pH _{Soll} auf 7,7, da pH in BB = 7,9			10503		7953		24
01.Aug	7:00		330				8507					
02.Aug	19:00	2	350	700	Schaum in KA, Ablauf milchig trüb			14253		6450		55
03.Aug	7:00		400			21300	20000					
MW Phase:							15740			5883		58
Phase 5												
04.Aug	19:00	2	400	800	Schaum in KA, pH 8,3 in KA; Stellung pH-Soll auf 7; Wiederaufnahme Dosierung P			17100		5810		66
05.Aug	7:00		400				14200					
09.Aug	19:00	2	400	800	Schaum in KA; Wechsel NaOH;			15787		5953		62
10.Aug	7:00		400				17373					
14.Aug	19:00	2	400	800	pH _{Soll} auf 7; pH in KA 8,28; Schaum in KA u. Vorlage; Schlammabzug war ein um 18:11			11608		5210		55
15.Aug	7:00		400				5843					
20.Aug	15:00	2	400	800	Umstellung Zyklusende; Nährstoffp. war verstopft, geputzt und Wechsel Nährstoff (P)			6987		4137		41
21.Aug	10:00		300				8130					
24.Aug	10:00	2	300	600	ph KA 8,1; in KA sehr starke Schaumbildung, Nährst. dosiert wie berechnet,			12795		2310		82
24.Aug	22:00		300				17460					
29.Aug	10:00	2	300	600	Schwimmschlamm; jedoch bei Klarwasser Schlamm gut abgesetzt; pH in KA 8			12970		2050		84
29.Aug	22:00		370				8480					
31.Aug	10:00	2	370	740	Schaum in KA; pH in Nährlösung: 1,5; Wechsel NaOH - Behälter			8565		1060		88
31.Aug	22:00		200				8650					
05.Sep	10:00	2	200	400	pH KA 8,1; Schaum in KA jedoch geringer			6705		1100		84
05.Sep	0:00		400				4760					
10.Sep	12:00	2	400	800	pH BS 7,4; mittelstark Schaum in KA;			5253		3500		33
10.Sep	0:00		400				5747					
12.Sep	12:00	2	400	800	pH in KA 7,46; etwas Schaum in KA; Ablauf klarer			6988		3460		50
12.Sep	0:00		350				8230					
16.Sep	12:00	2	200	400	Umstellung KA auf 1 Zyklus/d			6402		3600		44
16.Sep	0:00		200				4573					
18.Sep	12:00	2	150	300	Installation der CSB; und 02-Sonde			4468		2530		43
18.Sep			150				4363					
19.Sep	10:00	1	350	350	Umstellung KA auf 1 Zyklus/d; pH in KA 7,7			5517		2863		48
19.Sep			350				6670					
20.Sep	10:00	1	400	700	Reinigung 2 von 3 Belüftern - weil mit BS verblockt; 1 Belüfter hängt fest			5352		2137		60
20.Sep			300				4033					
21.Sep	15:30	1	300	300				4032		1670		59
21.Sep			300				4030					
MW Phase:				613			6498			2545		47
Phase 6												
23.Sep	10:00	1	200	200	Ausbau und Entwirrung der Belüfterschläuche			3535		1410		60
23.Sep			200				3037					

Datum Zyklusende	Zeit Zyklusende	tägliche Zyklenzahl	Beschickung		Bemerkungen	CSB [mg/l]						CSB Verminderung [%]	
			[L/Intervall]	[L/d]		Stichprobe Zulauf Vorlage	Mischprobe Vorlage	MP, MW x d Vorlage	BOKU Vorlage	Ablauf	BOKU Ablauf		
Phase 6													
26.Sep	10:00	2	200	400	Kalibration CSB-Sonde mit 5 Werten; Aufzeichnung CSB ZU mit Sonde, pH in KA 7,6					834		81	
26.Sep	22:00		200				4482						
27.Sep	10:00	1	200	200	Beginn Durchführung O2-Eintragsversuch; Schwimmschlamm in KA			4469		569		87	
27.Sep			200				4456						
30.Sep	10:00	2	200	400	Ende O2-Eintragsversuch; Wiederaufnahme Betrieb								
05.Okt	10:00	2	300	600	pH in Ka 7,67; bei Ankunft viel Schaum in KA u. geringer O2-Gehalt (hohes SV)			15230		1800		88	
05.Okt	22:00		400				17327						
07.Okt	10:00	2	300	600	pH in KA 7,65, Schaum in KA			12720		1997		84	
07.Okt	22:00		250				8113						
09.Okt	10:00	2	300	600				5352		1020		81	
09.Okt	22:00		300				2590						
11.Okt	10:00	2	250	500	geringerer Schaum in KA; Blähschlamm; Zugabe Flockungsmittel (Prästol) in KA			6410		1130		82	
11.Okt	22:00		300				10230						
15.Okt	10:00	2	300	600	Exztre Entwicklung von Fadenbakterien; Erhöhung zugabe Flockungsmittel			6985		1397		80	
15.Okt	22:00		400				3740						
18.Okt	10:00	2	400	800	Etwas geringer Fadenentwicklung, noch immer hoch; pH in KA ca. 8; ca 100 L Rücklauf in Vorlage nach Beschickung			4162		1210		71	
18.Okt	22:00		250				4583						
20.Okt	10:00	1	400	400	pH in KA 8,1; kein Schaum in KA; etwas Schaum in Vorlage Beginn 2. O2-Eintragsversuch			9066		1687		81	
20.Okt							11307						
21.Okt	10:00									1650			
22.Okt	10:00	2	250	500	Beendigung O2-Eintragsversuch; Wiederaufnahme Betrieb Wechsel Behälter Natronlauge (leer),			10437					
22.Okt	22:00	2	300	600			9567						
25.Okt	10:00	2	240	480	Letzte Probenahme vor Beendigung Versuch; Leerpumpen KA; Reinigung; Durchführung O2-Eintragsversuch in Reinwasser			9403		1347		86	
25.Okt	22:00						9240						
MW Phase				491			7631			1337		80	
MW Gesamter Versuchsverlauf							10353						
ngesamt													

Datum Zyklusende	CSB BR [kg CSB/(m³*d)]	CSB BR MW x d [kg CSB/(m³*d)]	CSB - Fracht [kg/d]		Einwohnergleichwerte [g/(EW*d)]		NH4-N [mg/l]					NO3-N [mg/L]		Pges [mg/l]		
			Zulauf	Ablauf	Vorlage	Gesamt	Stichprobe Zulauf Vorlage	Mischprobe Vorlage	TKN BOKU Zulauf	Ablauf	BOKU Ablauf	Vorlage	Ablauf	Stichprobe Zulauf Vorlage	12h-Mischprobe Vorlage	BOKU Vorlage
Phase 1																
12. Apr.	0,3		1,1		9	1026										
12. Apr.																
20. Apr.																
28. Apr.	0,024		0,1													
8. Mai.				0,04							0,04	0,1				
8. Mai.	0,036		0,1					0,12	10,9				0,6			1,4
14. Mai.				0,11							0,1					
14. Mai.																
15. Mai.																
19. Mai.				0,03							0,02					
20. Mai.	1,5		5,7	0,06	47	1020	3,1				0,05	30,8				
20. Mai.	1,9					1215	0,5				0,1	12,5		69,9	49,0	
21. Mai.	1,2		4,6		39	654	0,4					unter 5		18,2	15	
21. Mai.																
26. Mai.																
27. Mai	1,5		5,8	0,06	48	619					0,1					
27. Mai	1,9					770	0,5							2,2		
28. Mai				0,04							0,6					
29. Mai	1,1		4,1	0,04	34	440	0,3				0,03			4,7		
29. Mai	1,1					447	0,3	0,12						8,2	2,4	
03. Jun		3,2	12,2	0,13	102	1221					0,1					
4. Jun.	2,0					1341	0,3	0,14								
04. Jun		2,1	7,8	0,09	65	1380										
04. Jun	3,7					1419										
MW Phase:	1,4		4,6		49	963	0,8	0,13			0,1			20,6	22,1	
Phase 2																
05. Jun		3,8	14,3	0,24	119	1074					0,1					
05. Jun	2,6						0,6	0,72						4,9	5,4	
06. Jun		1,7	6,3	0,30	52	471					0,1					
06. Jun	0,8							0,54							14,2	
07. Jun		2,0	7,5	0,89	63	563					0,8					
07. Jun	3,2							0,60							5,7	
08. Jun		3,7	14,0	1,88	117	1052					1,0					
08. Jun	4,2							0,39							6,2	
09. Jun		3,8	14,4	3,57	120	1080					1,3					
09. Jun	3,4							0,40							4,7	
10. Jun		3,1	11,9	4,10	99	891					1,7					
10. Jun	2,8							0,38							12,2	
11. Jun		2,9	10,9	4,21	91	816					0,9					
11. Jun	2,9							0,30							31,2	
12. Jun		2,8	10,8	4,50	90	811					0,6					
12. Jun	2,8							0,29				unter 5			29,8	

Datum Zyklusende	CSB BR [kg CSB/(m³*d)]	CSB BR MW x d [kg CSB/(m³*d)]	CSB - Fracht [kg/d]		Einwohnergleichwerte		NH4-N [mg/l]					NO3-N [mg/L]		Pges [mg/l]		
			Zulauf	Ablauf	Vorlage	Gesamt	Stichprobe Zulauf Vorlage	Mischprobe Vorlage	TKN BOKU Zulauf	Ablauf	BOKU Ablauf	Vorlage	Ablauf	Stichprobe Zulauf Vorlage	12h-Mischprobe Vorlage	BOKU Vorlage
13.Jun		4,0	15,0	4,40	125	1128				0,5						
Phase 2																
13.Jun	5,1							0,40							26,4	
14.Jun		5,1	19,2	5,34	160	1442				0,5						
14.Jun	5,0							1,08							25,9	
15.Jun		4,6	17,6	5,27	147	1320				0,5						
15.Jun	4,3							0,50							24,7	
16.Jun			12,9		108											
16.Jun									46,7						1,4	
MW Phase:	3,4		12,9		108	968		0,51		0,7					15,6	
Phase 3																
17.Jun																
21.Jun	1,2			0,46						1,7						
21.Jun	1,2		4,6		39	1044		0,31				17,6			11,8	
22.Jun		1,1		0,54						0,7						
23.Jun	0,9		3,5		29	786		0,75				14,7			21,6	
24.Jun		0,4		0,54						0,7						
24.Jun						793	0,14								7,9	
MW Phase:	1,1		4,1		34	875		0,53		1,0					13,8	
Phase 4																
25.Jun		0,5								0,6						
26.Jun	0,3		1,0		9	155		0,41							6,1	
30.Jun		2,5	9,7	2,69	80	1086				5,2						
30.Jun	4,7							0,26							10,9	
01.Jul		4,2	15,9	3,17	133	1790				2,1	0,6					
01.Jul	3,7							0,29							7,5	3,1
06.Jul		4,3	16,2	4,02	135	1825				4,7						
06.Jul	4,9							0,16							11,9	
08.Jul		3,7	14,1	4,22	117	1686				7,5						
08.Jul	2,8							0,11							7,1	
10.Jul		2,0	7,6	3,87	63	906				8,7						
10.Jul	1,2							1,91							4,5	
15.Jul		1,3	4,8	3,50	40	573				4,3						
15.Jul	1,4							0,19							13,1	
17.Jul		2,0	7,5	3,97	63	900				5,3						
17.Jul	2,6							0,41							15,0	
19.Jul		3,8	14,3	4,48	119	1718				4,9						
19.Jul	4,9							0,30							12,8	
22.Jul		4,9	18,7	6,41	156	2249				0,7						
22.Jul	4,9							0,28							20,0	
24.Jul		4,5	17,0	6,41	142	2042				1,4						
24.Jul			5,1		43	1839		0,15							10,6	
25.Jul										1,1						

Datum Zyklusende	CSB BR [kg CSB/(m³*d)]	CSB BR MW x d [kg CSB/(m³*d)]	CSB - Fracht [kg/d]		Einwohnergleichwerte		NH4-N [mg/l]					NO3-N [mg/L]		Pges [mg/l]		
			Zulauf	Ablauf	Vorlage	Gesamt	Stichprobe Zulauf Vorlage	Mischprobe Vorlage	TKN BOKU Zulauf	Ablauf	BOKU Ablauf	Vorlage	Ablauf	Stichprobe Zulauf Vorlage	12h-Mischprobe Vorlage	BOKU Vorlage
25.Jul	3,9		14,9		124	1788									9,8	
27.Jul		2,8	10,7	5,61	89	1457				1,2						
28.Jul	2,2							0,22							12,2	
31.Jul		1,8	6,9	5,25	58	945				2,7						
01.Aug	1,5							0,96							9,4	
02.Aug		2,6	10,0	4,52	83	1283				3,7						
03.Aug	4,2							1,15							7,3	
MW Phase:	3,1		10,9		91	1478		0,49		3,6					10,5	
Phase 5																
04.Aug		3,6	13,7	4,65	114	1539										
05.Aug	3,0															
09.Aug		3,3	12,6	4,76	105	1421										
10.Aug	3,7							0,15								
14.Aug		2,4	9,3	4,17	77	1045										
15.Aug	1,2							0,21								
20.Aug		1,5	5,6	3,31	47	629										
21.Aug	1,3							0,17								
24.Aug		2,0	7,7	1,39	64	1152				2,1						
24.Aug	2,8							0,29								
29.Aug		2,0	7,8	1,23	65	1167				3,9						
29.Aug	1,7							0,53								
31.Aug		1,7	6,3	0,78	53	771				2,6						
31.Aug	0,9							0,71								
05.Sep		0,7	1,9	0,44	16	603				57,0						
05.Sep	1,0							0,16								
10.Sep		1,1	4,2	2,80	35	473				36,8			0,5			
10.Sep	1,2							0,64								
12.Sep		1,5	5,6	2,77	47	629				34,8			3,3			
12.Sep	1,5							0,66								
16.Sep		0,7	2,6	1,44	21	576				5,34			0,6			
16.Sep	0,5							0,36							10,3	
18.Sep		0,4	1,3	0,76	11	402										
18.Sep	0,3							0,42				6,0				
19.Sep		0,5	1,9	1,00	16	497				57,0			0,6			
19.Sep	1,2					600		0,27								
20.Sep																
20.Sep	0,3					363						0,4				
21.Sep						363										
21.Sep	0,3															
MW Phase:	1,0		6,2		35	764		0,27		24,2						
Phase 6																
23.Sep		0,2	0,7	0,28	6	318				45,97						
23.Sep	0,2							0,42							23,4	

Datum Zyklusende	CSB BR [kg CSB/(m³·d)]	CSB BR MW x d [kg CSB/(m³·d)]	CSB - Fracht [kg/d]		Einwohnergleichwerte		NH4-N [mg/l]					NO3-N [mg/L]		Pges [mg/l]		
			Zulauf	Ablauf	Vorlage	Gesamt	Stichprobe Zulauf Vorlage	Mischprobe Vorlage	TKN BOKU Zulauf	Ablauf	BOKU Ablauf	Vorlage	Ablauf	Stichprobe Zulauf Vorlage	12h-Mischprobe Vorlage	BOKU Vorlage
Phase 6																
26.Sep			1,8	0,33	15	403										
26.Sep	0,5							0,19								
27.Sep		0,5	0,9	0,11	7	401										
27.Sep	0,2							0,24							27,2	
30.Sep																
05.Okt		2,4	9,1	1,08	76	1371					0,9					
05.Okt	3,6							0,35							14,2	
07.Okt		2,0	7,6	1,20	64	1145					1,2					
07.Okt	1,1														6,9	
09.Okt		0,8														
09.Okt	0,4		1,6													
11.Okt		0,8	3,2	0,57	27	577					1,0					
11.Okt	1,6							0,41							12,6	
15.Okt		1,1	4,2	0,84	35	629										
15.Okt	0,8														8,9	
18.Okt		0,9	3,3	0,97	28	375					3,5					
18.Okt	0,6							1,10								
20.Okt		1,9	3,6	0,67	30	816					2,4					
20.Okt	1,19							0,34								
21.Okt																
22.Okt		1,4	5,2		43	939										
22.Okt	1,5		5,7		48	861										
25.Okt		1,2	4,5	0,65	38	846		0,21		0,6						
25.Okt						832										
MW Phase	1,1		4,3		35	766		0,34		7,9						
MW Gesamt	1,3				69	1027									15,9	
ngesamt					62	67		50								

MP 12- Stunden Mischprobe
MW x d Mittelwert über x Tage
BOKU Vergleichswert der Messung, analysiert im Labor an der Boku

Datum Zyklusende	Pges [mg/l]		AFS im Ablauf				Belebtschlammanalyse			Belebtschlammanalyse					Schlammzuwachs	
	Ablauf	BOKU Ablauf	Ablauf [g/l]	BOKU [g/l]	oTS [mg/L]	CSB _{AFS} [mg/L]	SV [mL/L]	TS [g/L]	GV _{TS} [%]	GV _{TS} [mg/L]	ISV [mL/g]	T [°C]	O ₂ -Konzentration [mg/L]	B _{TS} [kg CSB/(kg TS*d)]	Q _{ÜSd} -Abzug [L]	ÜS _{C,CSB} [kgTS/(kgCSB)]
Phase 1																
12. Apr.																
12. Apr.																
20. Apr.								3,7								
28. Apr.								5,8						0,0		
8. Mai.		1,1	0,10	0,1			550								1x25	
8. Mai.													1			
14. Mai.	4,4						730						4,2		AUS	
14. Mai.																
15. Mai.							760								25	
19. Mai.	5,7															
20. Mai.			0,30													
20. Mai.	9,9						520	4,7			111		5,4	0,4		
21. Mai.															25	
21. Mai.							750									
26. Mai.																
27. Mai	35,0		0,20				240	3,6	79	2850	67			0,4	AUS	
27. Mai																
28. Mai	0,6															
29. Mai	0,3		0,50				250	3,1	86	2670	81		7	0,3		
29. Mai			0,40				250	3,4	87	2970	74		4,9	0,3		0,10
03. Jun			0,10				600	7,5			80			0,4		0,38
4. Jun.							680									
04. Jun							680	8,5			80			0,2		0,49
04. Jun																
MW Phase:			0,27					5,0						0,31		0,32
Phase 2																
05. Jun	1,0						590	8,5	92	7370	69		0,4	0,4		
05. Jun																
06. Jun	3,2		0,30				605	8	92	7370	76		0,3	0,2		
06. Jun																
07. Jun	1,1		0,10				645	8,5			76			0,2		0,28
07. Jun																
08. Jun	3,6		0,10				680	10	93	9280	68		0,2	0,4		0,35
08. Jun																
09. Jun	1,1		0,10				690	10,1			68			0,4		0,04
09. Jun																
10. Jun	3,9		0,10				700	10,3	94	9660	68		0,2	0,3		0,06
10. Jun																
11. Jun	3,7						715	10,5			68			0,3		0,05
11. Jun																
12. Jun	18,7		0,20				730	10,7	93	9990	68		0,2	0,3		0,07
12. Jun																

Datum Zyklusende	Pges [mg/l]		AFS im Ablauf				Belebtschlammanalyse			Belebtschlammanalyse					Schlammzuwachs	
	Ablauf	BOKU Ablauf	Ablauf [g/l]	BOKU [g/l]	oTS [mg/L]	CSB _{AFS} [mg/L]	SV [mL/L]	TS [g/L]	GV _{TS} [%]	GV _{TS} [mg/L]	ISV [mL/g]	T [°C]	O ₂ -Konzentration [mg/L]	B _{TS} [kg CSB/(kg TS*d)]	Q _{Üsd} *Abzug [L]	ÜS _{C,CSB} [kgTS/(kgCSB)]
13.Jun	13,2						735	10,9			67		0,2	0,4		0,07
Phase 2																
13.Jun																
14.Jun	12,7		0,10				740	9,7	94	9110	76	20,3	0,3	0,5		
14.Jun																
15.Jun	11,9		0,07				770	9,8			79		0,6	0,5		0,02
15.Jun																
16.Jun								9,9				23,6	0,6			0,02
16.Jun																
MW Phase:			0,13					9,7						0,35		0,11
Phase 3																
17.Jun							920								1*50	
21.Jun	6,3		0,30				950	4,3	92	3940	221			0,3	25,0	
21.Jun																
22.Jun	16,1		0,20		393	570	930	4,2	42	3753	221		3,7	0,3		
23.Jun																
24.Jun	5,8		0,40		610	885	940	4,2	95	3800	224			0,1		0,10
24.Jun																
MW Phase:			0,30					4,2						0,21		
Phase 4																
25.Jun	4,8		0,30		90	131	870	4	89	3544	218	25,2	7	0,1	AUS	
26.Jun																
30.Jun	7,4		0,40				820	4,8			171	23	1	0,5		0,10
30.Jun															AUS	
01.Jul	10,7	0,71	1,20	1,71			860	5,5			156	23,7	8,1	0,8	25,0	0,17
01.Jul																
06.Jul	11,3		2,00		1160	1682	540	6,3	82	5170	86	26,9	7,1	0,7	AUS	0,05
06.Jul																
08.Jul	7,3		2,50				850					26,1			25,0	
08.Jul																
10.Jul	11,0		1,30				870	5,9			147			0,3	25,0	0,13
10.Jul																
15.Jul	5,9		2,10				610	6,8			90			0,2	AUS	0,26
15.Jul																
17.Jul	8,2		2,00				770	6,1			126			0,3	25,0	
17.Jul																
19.Jul	7,3						620	6,2			100			0,6	AUS	0,17
19.Jul			1,50													
22.Jul	2,5		1,00				500	7,8			64			0,6		0,07
22.Jul																
24.Jul	4,9		0,50				490	6,5			75			0,7		
24.Jul																
25.Jul	4,6		0,30				480	7,7			62					0,18

Datum Zyklusende	Pges [mg/l]		AFS im Ablauf				Belebtschlammanalyse			Belebtschlammanalyse					Schlammzuwachs	
	Ablauf	BOKU Ablauf	Ablauf [g/l]	BOKU [g/l]	oTS [mg/L]	CSB _{AFS} [mg/L]	SV [mL/L]	TS [g/L]	GV _{TS} (%)	GV _{TS} [mg/L]	ISV [mL/g]	T [°C]	O ₂ -Konzentration [mg/L]	B _{TS} [kg CSB/(kg TS*d)]	Q _{Üsd} *Abzug [L]	ÜS _{C,CSB} [kgTS/(kgCSB)]
25.Jul																
27.Jul	4,1		0,30				440	7,4			59			0,4		
28.Jul																
31.Jul	4,2		0,40				500	7,8			64			0,2		0,03
01.Aug																
02.Aug	4,7		0,90				590	7			84			0,4		
03.Aug																
MW Phase:			1,11					6,4						0,5		0,13
Phase 5																
04.Aug			1,10				660	5,6			118	23		0,6		
05.Aug																
09.Aug			2,60				710	8			89	20,8		0,4	25	0,13
10.Aug																
14.Aug			1,80				760	9,4			81	20,4		0,3	AUS	0,10
15.Aug																
20.Aug			2,60				890	10,1			88			0,1	1*25	0,10
21.Aug																
24.Aug	45,0		2,00				950	7,1			134	21,2		0,3	25	
24.Aug																
29.Aug	40,0		0,90									20			AUS	
29.Aug																
31.Aug	195,0		1,60		560	812	940	6,4			147	20		0,3	25	
31.Aug																
05.Sep	210,0		0,20				690	4,3			160	21,1		0,2	AUS	
05.Sep																
10.Sep			0,30		80	116	960	7,4			130			0,1	25	0,56
10.Sep																
12.Sep	10,0		0,20		70	102	620	5,8			107	20,1		0,3	AUS	
12.Sep																
16.Sep	32,0		0,40		170	247	810	5,8			140			0,1	AUS	
16.Sep																
18.Sep							880									
18.Sep																
19.Sep			0,16		40	58	890	5,6			159	19,6		0,1		
19.Sep																
20.Sep																
20.Sep																
21.Sep																
21.Sep																
MW Phase:			1,16					6,9						0,2		0,22
Phase 6																
23.Sep	32,5		0,40				400	4,5			89				EIN	
23.Sep																

Datum Zyklusende	Pges [mg/l]		AFS im Ablauf				Belebtschlammanalyse			Belebtschlammanalyse					Schlammzuwachs	
	Ablauf	BOKU Ablauf	Ablauf [g/l]	BOKU [g/l]	oTS [mg/L]	CSB _{AFS} [mg/L]	SV [mL/L]	TS [g/L]	GV _{TS} (%)	GV _{TS} [mg/L]	ISV [mL/g]	T [°C]	O ₂ -Konzentration [mg/L]	B _{TS} [kg CSB/(kg TS*d)]	Q _{Üsd} -Abzug [L]	ÜS _{C,CSB} [kgTS/(kgCSB)]
Phase 6																
26.Sep			0,20					4,6							AUS	
26.Sep																
27.Sep	35,0						SS	4,7				19,5			AUS	0,21
27.Sep																
30.Sep							580	4,7			123	18				
05.Okt	4,0		0,20		60	87	1200	6,8			176	18,2		0,4	3*25	0,28
05.Okt															25	
07.Okt	4,3		0,30		90	131	1500	5			300	17,1		0,4	25	
07.Okt																
09.Okt																
09.Okt								4,8						0,1		
11.Okt	11,2						BS	4,7						0,2	AUS	
11.Okt																
15.Okt	9,2		0,70		310	450	1500	4,7			319,1	16,8		0,2	25	0,04
15.Okt																
18.Okt	8,0		0,60		330	479	BS	4,7				12,3		0,2	25	0,06
18.Okt																
20.Okt	6,9		0,30		150	218	BS	3,9				12,2		0,5	AUS	
20.Okt																
21.Okt								4,3								0,42
22.Okt															25	
22.Okt																
25.Okt			0,30		40	58	750	3,5			214,3	9,5		0,3	AUS	
25.Okt																
MW Phase	13,9		0,38					4,7						0,3		0,20
MW Gesamter Versuchsverlauf					277	401								0,4		
ngesamt																

MP

MW x d

BOKU

12- Stunden Mischprobe

Mittelwert über x Tage

Vergleichswert der Messung, analysiert im Labor an der Boku

Datum	Beschickung Sammelbehälter - Vorlage		automatische Dosierung	Nährstoffdosierung	Durchmischung Vorlage	Beschickung Vorlage - Kläranlage		tägliche Beschickung [L]	Anzahl Intervalle
	Zeitpunkt stündlich	Menge [l/h]		NaOH in Vorlage	Beginn	Dauer min	Intervall täglich		
			bis pH						
Phase 1									
10. Apr.									
13. Apr.	00:00-23:00	8	7			12:15+24:15	96	192	2
14. Apr.	00:30-23:30	8				12:15+24:15	96	96	1
18. Apr.									
20. Apr.	00:30-23:30	6				12:15+24:15	70	140	2
21. Apr.									
22. Apr.	AUS		7			AUS			
24. Apr.	00:30-23:30	4	7	12:30+24:30	DAUER	12:15+24:15	50	100	2
29. Apr.	00:30-23:30	8	7	12:30+24:30	330	12:15+24:15	101	201,6	2
1. Mai.									
2. Mai.	00:30-23:30	10	7	09:30+21:30	180	09:15+21:15	118	236	2
4. Mai.	00:30-23:30	10	7	12:30+24:30	180	12:15+24:15	118	236	2
5. Mai.	00:30-23:30	10	7	12:30+24:30	DAUER	12:15+24:15	400	800	2
8. Mai.	00:30-23:30	11	7	12:30+24:30	330	12:15+24:15	135	270	2
13. Mai.									
14. Mai.	00:30-23:30	17	6,7	10:30+22:30	180	10:15+22:15	203	406	2
15. Mai.	00:30-23:30	17	6,7	08:00+20:00	330	10:15+22:15	203	406	2
20. Mai.	00:30-23:30	27	6,6	08:30+20:15	330	10:15+22:15	318	635,2	2
21. Mai.	00:30-23:30	27	6,6	08:30+20:15	330	10:15+22:15	318	635,2	2
22. Mai.									
26. Mai.	00:30-23:30	35	6,6	08:30+20:15	285	09:15+21:15	420	840	2
27. Mai.	00:30-23:30	35	6,6	8:40	285	09:15+21:15	420	420	1
27. Mai.	00:30-23:30	35	6,6	0+0	285	09:15+21:15	420	420	1
29. Mai.	00:30-23:30	35	6,6	08:30+20:15	285	09:15+21:15	420	420	1
29. Mai.	00:30-23:30	35	6,6	08:30+20:15	285	09:15+21:15	420	420	1
30. Mai.	00:30-23:30	35	6,1	08:30+20:15	210	09:15+21:15	420	840	2
3. Jun.	00:30-23:30	21	6,1	9:00+17:00+1:00	150	10:15+18:15+21:15	170	340	2
4. Jun.	00:30-23:30	38	6,5	9:00+17:00+1:00	150	10:15+18:15+21:15	300	900	3
5. Jun.	00:30-23:30	50	6,5	3:30+9:30+15:30+21:30	96	5:15+11:15+17:15+23:15	300	1200	4
6. Jun.	00:30-23:30	50	6,5	3:30+9:30+15:30+21:30	96	5:15+11:15+17:15+23:15	300	1200	4
7. Jun.	00:30-23:30	50	6,5	3:30+9:30+15:30+21:30	96	5:15+11:15+17:15+23:15	300	1200	4
8. Jun.	00:30-23:30	50	6,5	3:30+9:30+15:30+21:30	96	5:15+11:15+17:15+23:15	300	1200	4
9. Jun.	00:30-23:30	50	6,5	3:30+9:30+15:30+21:30	96	5:15+11:15+17:15+23:15	300	1200	4
10. Jun.	00:30-23:30	50	6,5	3:30+9:30+15:30+21:30	96	5:15+11:15+17:15+23:15	300	1200	4
11. Jun.	00:30-23:30	50	6,5	3:30+9:30+15:30+21:30	96	5:15+11:15+17:15+23:15	300	1200	4
12. Jun.	00:30-23:30	50	6,5	3:30+9:30+15:30+21:30	96	5:15+11:15+17:15+23:15	300	1200	4

Datum	Beschickung Sammelbehälter - Vorlage		automatische Dosierung	Nährstoffdosierung	Durchmischung Vorlage	Beschickung Vorlage - Kläranlage		tägliche Beschickung	Anzahl Intervalle
	Zeitpunkt stündlich	Menge [l/h]	NaOH in Vorlage	Beginn	Dauer min	Intervall täglich	Menge/ Intervall [l]	[L]	
			bis pH						
13. Jun.	00:30-23:30	50	6,5	3:30+9:30+15:30+21:30	96	5:15+11:15+17:15+23:15	300	1200	4
14. Jun.	00:30-23:30	50	6,5	3:30+9:30+15:30+21:30	96	5:15+11:15+17:15+23:15	300	1200	4
Phase 3									
16. Jun.	00:30-23:30	17	6,5	3:30+9:30+15:30+21:30	96	5:15+11:15+17:15+23:15	100	400	4
17. Jun.	00:30-23:30	17	6,5	3:30+9:30+15:30+21:30	96	5:15+11:15+17:15+23:15	100	400	4
19. Jun.									
20. Jun.									
21. Jun.	00:30-23:30	17	6,5	3:15+9:15+15:15+21:15	96	5:15+11:15+17:15+23:15	100	400	4
22. Jun.	00:30-23:30	17	6,5	3:00+9:00+15:00+21:00	96	5:15+11:15+17:15+23:15	100	400	4
24. Jun.	00:30-23:30	17	6,5	3:00+9:00+15:00+21:00	96	5:15+11:15+17:15+23:15	100	400	4
Phase 4									
25. Jun.	00:30-23:30	33	6,5	4:15+10:15+16:15+22:15	96	5:15+11:15+17:15+23:15	200	800	4
30. Jun.	00:30-23:30	33	6,5	4:15+10:15+16:15+22:15	96	5:15+11:15+17:15+23:15	200	800	4
1. Jul.	00:30-23:30	33	6,5	4:15+10:15+16:15+22:15	96	5:15+11:15+17:15+23:15	200	800	4
6. Jul.	00:30-23:30	33	6,5	4:15+10:15+16:15+22:15	96	5:15+11:15+17:15+23:15	200	800	4
8. Jul.	00:30-23:30	31	6,5	4:15+10:15+16:15+22:15	96	11:15+19:15+03:15	250	750	3
10. Jul.	00:30-23:30	31	6,5	4:15+10:15+16:15+22:15	96	11:15+19:15+03:15	250	750	3
15. Jul.	00:30-23:30	31	6,5	4:15+10:15+16:15+22:15	96	11:15+19:15+03:15	250	750	3
17. Jul.	00:30-23:30	31	6,5	4:15+10:15+16:15+22:15	96	11:15+19:15+03:15	250	750	3
19. Jul.	00:30-23:30	31	6,5	4:15+10:15+16:15+22:15	96	11:15+19:15+03:15	250	750	3
22. Jul.	00:30-23:30	31	6,5	4:15+10:15+16:15+22:15	96	11:15+19:15+03:15	250	750	3
24. Jul.	00:30-23:30	31	7	4:15+10:15	96	11:15	250	250	1
25. Jul.	00:30-23:30	31	7	16:15+22:15	0	19:15	250	250	1
27. Jul.	00:30-23:30	28	7	06:00+18:00	240	07:30+19:30	330	660	2
28. Jul.	00:30-23:30	28	8	06:00+18:00	240	07:30+19:30	330	660	2
31. Jul.	00:30-23:30	28	7,7	06:00+18:00	240	07:30+19:30	330	660	2
2. Aug.	00:30-23:30	33	7,7	06:00+18:00	240	07:30+19:30	400	800	2
4. Aug.	00:30-23:30	33	7	06:00+18:00	225	07:30+19:30	400	800	2
Phase 5									
9. Aug.	00:30-23:30	33	7	06:00+18:00	225	07:30+19:30	400	800	2
14. Aug.	00:30-23:30	33	7	06:00+18:00	225	07:30+19:30	400	800	2
20. Aug.	00:30-23:30	25	7	06:00+21:15	225	07:30+22:30	300	600	2
24. Aug.	00:30-23:30	31	7	09:15+21:15	240	10:30+22:30	370	740	2
29. Aug.	00:30-23:30	31	7	09:15+21:15	240	10:30+22:30	370	740	2
31. Aug.	00:30-23:30	17	7	09:15+21:15	240	10:30+22:30	200	400	2
5. Sep.	00:30-23:30	13	7	09:15+21:15	240	10:30+00:30	150	300	2

Datum	Beschickung Sammelbehälter - Vorlage		automatische Dosierung	Nährstoffdosierung	Durchmischung Vorlage	Beschickung Vorlage - Kläranlage		tägliche Beschickung	Anzahl Intervalle
	Zeitpunkt stündlich	Menge [l/h]	NaOH in Vorlage	Beginn	Dauer min	Intervall täglich	Menge/ Intervall [l]	[L]	
			bis pH						
10. Sep.	00:30-23:30	33	7	11:15+23:15	240	12:30+00:30	400	800	2
Phase 5									
12. Sep.	00:30-23:30	29	7	11:15+23:15	240	12:30+00:30	350	700	2
16. Sep.	00:30-23:30	17	7	11:15+23:15	240	12:30+00:30	200	400	2
18. Sep.	00:30-23:30	13	7	11:15+23:15	240	12:30+00:30	150	300	2
19. Sep.	00:30-23:30	13	7	9:30	480	10:30	300	300	1
Phase 6									
21. Sep.	00:30-23:30	15	6,8	9:30	480	10:30	350	350	1
23. Sep.	00:30-23:30	8	6,8	9:30	480	10:30	200	200	1
26. Sep.	00:30-23:30	17	6,8	09:30:+21:30	480	10:30	200	400	2
27. Sep.	00:30-23:30	17	6,8	9:30	480	10:30	200	200	1
28. Sep.	Abschalten der Belüftung und Sauerstoffzehrung bis 29.09 10:00								
29. Sep.	Belüftung bis Sauerstoffsättigung								
30. Sep.	00:30-23:30	17	6,8	9:30	480	10:30	200	400	2
5. Okt.	00:30-23:30	25	6,8	09:30:+21:30	480	10:30+22:30	300	600	2
7. Okt.	00:30-23:30	25		09:30:+21:30	480	10:30+22:30	300	600	2
11. Okt.	00:30-23:30	21		09:30:+21:30	480	10:30+22:30	250	500	2
15. Okt.	00:30-23:30	33	6,8	09:30:+21:30	480	10:30+22:30	400	800	2
18. Okt.	00:30-23:30	25	6,8	09:30:+21:30	481	10:30+22:30	300	600	2
20. Okt.	00:30-23:30	17	6,8	09:30:+21:30	480	10:30+22:30	200	200	1
21. Okt.	00:30-23:30		6,8	O2-Eintragsversuch in BS	482	10:30+22:30			
22. Okt.	00:30-23:30	25	6,8	09:30:+21:30	480	10:30+22:30	300	600	2
25. Okt.	00:30-9:30	20	6,8	09:30:+21:30	481	10:30	240	240	1
26. Okt.	Befüllung Reaktor mit Trinkwasser			O2-Eintragsversuch in RW					

Datum	Steuerung SBR									Messung des Abwasseranfalles		
	Zyklus 1 [von-bis]	Zyklus 2 [von-bis]	Zyklus 3 [von-bis]	Zyklus 4 [von-bis]	Belebung [h]	Absetzphase [h]	Klarwasserabzug/Zyklus		ÜS-Abzug	Ul Sammelbehälter- kommunale KA [m³]	Abwasseranfall/d m³/d	Abwasseranfall/d Firmenmessung m³/d
							Dauer [h]	Menge [l]				
Phase 1												
10. Apr.	Einbringung ca. 3,5m³ Belebtschlamm aus KA Weißenbach					Dauerbelüftung						1221
13. Apr.	00:00-12:00	12:00-24:00			10	1	1		AUS			
14. Apr.	2. Einbringung von ca. 3,5m³ Belebtschlamm aus KA Weißenbach					Dauerbelüftung						
18. Apr.											9	1290,00
20. Apr.	00:00-12:00	12:00-24:00			10	1	1		AUS			
21. Apr.											16	1322,00
22. Apr.					Dauerbelüftung							
24. Apr.	00:00-12:00	12:00-24:00			10	1	1				10	1353,00
29. Apr.	00:00-12:00	12:00-24:00			10	1	1					
1. Mai.											12	1437,00
2. Mai.	09:00-21:00	21:00-09:00			10	1	1	256	1x 50			
4. Mai.	00:00-12:00	12:00-24:00			10	1	1	256	AUS			
5. Mai.	00:00-12:00	12:00-24:00			10	1	1	256				
8. Mai.	00:00-12:00	12:00-24:00			10	1,5	0,5		1x25		11	1511,00
13. Mai.											13	1577,00
14. Mai.	00:00-12:00	12:00-24:00			10	1,5	0,5		AUS			
15. Mai.	00:00-12:00	12:00-24:00			10	1,5	0,5		1x25			
20. Mai.	00:00-12:00	12:00-24:00			10	1,5	0,5		AUS			
21. Mai.	00:00-12:00	12:00-24:00			10	1,5	0,5	318	25			
22. Mai.											11	1664,00
26. Mai.	09:00-21:00	21:00-09:00			10	1,5	0,5	360	AUS			
27. Mai.	09:00-21:00				10	1,5	0,5	360	AUS			
27. Mai.		21:00-09:00			10	1	1	404	AUS			
29. Mai.	09:00-21:00				10	1	1	404	AUS	1718	8	
29. Mai.		21:00-09:00			10	1	1	420	AUS			
30. Mai.	09:00-21:00	21:00-09:00						420	AUS			
3. Jun.	02:00-10:00	10:00-18:00	18:00-02:00		6	1	1	170	AUS	1765	9	
4. Jun.	02:00-10:00	10:00-18:00	18:00-02:00		6	1	1	300	AUS			
5. Jun.	02:00-10:00	5:00-11:00	11:00-17:00	17:00-23:00	4	1	1	300	AUS	1782	9	
6. Jun.	23:00-5:00	5:00-11:00	11:00-17:00	17:00-23:00	4	1	1	300	AUS			
7. Jun.	23:00-5:00	5:00-11:00	11:00-17:00	17:00-23:00	4	1	1	300	AUS			
8. Jun.	23:00-5:00	5:00-11:00	11:00-17:00	17:00-23:00	4	1	1	300	AUS			
9. Jun.	23:00-5:00	5:00-11:00	11:00-17:00	17:00-23:00	4	1	1	300	AUS			
10. Jun.	23:00-5:00	5:00-11:00	11:00-17:00	17:00-23:00	4	1	1	300	AUS	1831	8	
11. Jun.	23:00-5:00	5:00-11:00	11:00-17:00	17:00-23:00	4	1	1	300	AUS			
12. Jun.	23:00-5:00	5:00-11:00	11:00-17:00	17:00-23:00	4	1	1	300	AUS			

Datum	Steuerung SBR									Messung des Abwasseranfalles		
	Zyklus 1 [von-bis]	Zyklus 2 [von-bis]	Zyklus 3 [von-bis]	Zyklus 4 [von-bis]	Belebung [h]	Absetzphase [h]	Klarwasserabzug/Zyklus		ÜS-Abzug Menge [l]	UI Sammelbehälter- kommunale KA [m³]	Abwasseranfall/d m³/d	Abwasseranfall/d Firmenmessung m³/d
							Dauer [h]	Menge [l]				
13. Jun.	23:00-5:00	5:00-11:00	11:00-17:00	17:00-23:00	4	1	1	300	AUS			
14. Jun.	23:00-5:00	5:00-11:00	11:00-17:00	17:00-23:00	4	1	1	300	AUS	1866	9	
Phase 3												
16. Jun.	23:00-5:00	5:00-11:00	11:00-17:00	17:00-23:00	4	1	1	100	AUS	1877	6	
17. Jun.	23:00-5:00	5:00-11:00	11:00-17:00	17:00-23:00	4	1	1	100	1x50			
19. Jun.										1898	7	
20. Jun.										1928	30	
21. Jun.	23:00-5:00	5:00-11:00	11:00-17:00	17:00-23:00	4	1	1	100	AUS	1951	23	
22. Jun.	23:00-5:00	5:00-11:00	11:00-17:00	17:00-23:00	4	1	1	100	AUS			
24. Jun.	23:00-5:01	5:00-11:01	11:00-17:01	17:00-23:01	4	1	1	100	AUS	1993	14	
Phase 4												
25. Jun.	23:00-5:00	5:00-11:00	11:00-17:00	17:00-23:00	4	1	1	200	AUS	2014	21	
30. Jun.	23:00-5:00	5:00-11:00	11:00-17:00	17:00-23:00	4	1	1	200	AUS			
1. Jul.	23:00-5:00	5:00-11:00	11:00-17:00	17:00-23:00	4	1	1	200	25	2091	13	
6. Jul.	23:00-5:00	5:00-11:00	11:00-17:00	17:00-23:00	4	1	1	200	AUS			
8. Jul.	03:00-11:00	11:00-19:00	19:00-3:00	-	6	1	1	250	25	2167	11	
10. Jul.	03:00-11:00	11:00-19:00	19:00-3:00	-	6	1	1	250	25	2185	9	
15. Jul.	03:00-11:00	11:00-19:00	19:00-3:00	-	6	1	1	250	AUS	2254	14	
17. Jul.	03:00-11:00	11:00-19:00	19:00-3:00	-	6	1	1	250	25	2268	7	
19. Jul.	03:00-11:00	11:00-19:00	19:00-3:00	-	7	0,5	0,5	250	AUS			
22. Jul.	03:00-11:00	11:00-19:00	19:00-3:00	-	7	0,5	0,5	250	AUS			
24. Jul.	Dauerbelüftung von 17:00 am 24.07											
25. Jul.	Dauerbelüftung bis 17:00 am 25.07						0,5	0,5	250	AUS	2375	13
27. Jul.	07:-19:00	19:00-07:00	-	-	11	0,5	0,5	330	AUS	2399	12	
28. Jul.	07:-19:00	19:00-07:00	-	-	11	0,5	0,5	330	AUS			
31. Jul.	07:-19:00	19:00-07:00	-	-	11	0,5	0,5	330	AUS	2432	8	
2. Aug.	07:-19:00	19:00-07:00	-	-	11	0,5	0,5	400	AUS	2453	11	
4. Aug.	07:-19:00	19:00-07:00	-	-	11	0,5	0,5	400	AUS	2495	21	4,42
Phase 5												
9. Aug.	07:-19:00	19:00-07:00	-	-	11	0,5	0,5	400	25	2539	9	
14. Aug.	07:-19:00	19:00-07:00	-	-	11	0,5	0,5	400	AUS	2606	13	
20. Aug.	07:-19:00	22:00-10:00	-	-	11	0,5	0,5	300	1*25	2659	9	
24. Aug.	10:00-22:00	22:00-10:00	-	-	11	0,5	0,5	370	25	2703	11	
29. Aug.	10:00-22:00	22:00-10:00	-	-	11	0,5	0,5	370	AUS	2749	9	
31. Aug.	10:00-22:00	22:00-10:00	-	-	11	0,5	0,5	200	25	2770	10	
5. Sep.	22:00-12:00	12:00-22:00	-	-	11	0,5	0,5	150	AUS	2802	8	

Datum	Steuerung SBR									Messung des Abwasseranfalles		
	Zyklus 1 [von-bis]	Zyklus 2 [von-bis]	Zyklus 3 [von-bis]	Zyklus 4 [von-bis]	Belabung [h]	Absetzphase [h]	Klarwasserabzug/Zyklus		ÜS-Abzug	UI Sammelbehälter- kommunale KA [m³]	Abwasseranfall/d m³/d	Abwasseranfall/d Firmenmessung m³/d
							Dauer [h]	Menge [l]	Menge [l]			
10. Sep.	00:00-12:00	12:00-22:00	-	-	11	0,5	0,5	400	25	2846	9	
Phase 5												
12. Sep.	00:00-12:00	12:00-22:00	-	-	11	0,5	0,5	350	AUS	2874	14	
16. Sep.	00:00-12:00	12:00-22:00	-	-	11	0,5	0,5	200	AUS	2896	6	
18. Sep.	00:00-12:00	12:00-22:00	-	-	11	0,5	0,5	150	AUS	2906	5	
19. Sep.	10:00-10:00	-	-	-	23	0,5	0,5	300	AUS			
Phase 6												
21. Sep.	10:00-10:00	-	-	-	23	0,5	0,5	350	AUS	2949	14	
23. Sep.	10:00-10:00	-	-	-	23	0,5	0,5	200	25	2959	5	
26. Sep.	10:00-22:00	22:00-10:00	-	-	11	0,5	0,5	200	AUS	2980	7	
27. Sep.	12:46-9:30	Beginn O2 - Eintragsversuch; Start Belüftung 12:46; Versuchsende								2986	6	
28. Sep.	Abschalten der Belüftung und Sauerstoffzehrung bis 29.09 10:00											
29. Sep.	Belüftung bis Sauerstoffsättigung									3023	18	
30. Sep.	10:00-22:00	22:00-10:00	-	-	11	0,5	0,5	200	AUS	3034	11	
5. Okt.	10:00-22:00	22:00-10:00	-	-	11	0,5	0,5	300	3*25	3075	7	
7. Okt.	10:00-22:00	22:00-10:00	-	-	11	0,5	0,5	300	25	3109	17	
11. Okt.	10:00-22:00	22:00-10:00	-	-	11	0,5	0,5	250	AUS	3145	9	
15. Okt.	10:00-22:00	22:00-10:00	-	-	11	0,5	0,5	400	AUS	3189	9	
18. Okt.	10:00-22:00	22:00-10:00	-	-	11	0,5	0,5	300	AUS	3228	13	
20. Okt.	Beginn Durchführung des 2. O2-Eintragsversuches in BS							200	AUS	3258	15	
21. Okt.	Durchführung des 2. O2-Eintragsversuches in BS							0	25	3271	13	
22. Okt.	10:00-22:00	22:00-10:00			11	0,5	0,5	300	AUS	3278	7	
25. Okt.	Entleerung und Reinigung KA; Adaption für O2-Eintragsversuch in Reinwasser									3315	12	
26. Okt.												

Datum	Nährstoffart		Bemerkungen	Mengenbilanz/100Liter [g]		Lösungsmittel	Dosierung/100l [g]	
	N	P		N	P	Wasser [l/100lAW]	CO(NH2)2	(NH4)2PO4
Phase 1								
10. Apr.	Harnstoff	Naturphosphat		20,0	4,0			
15. Apr.				20,0	4,0			
20. Apr.				18,0	3,5			
25. Apr.				18,0	3,5			
28. Apr.	Harnstoff	Naturphosphat	Naturphosphat (P2O5) löst nicht	18,0	3,5			
2. Mai.	Harnstoff	Hyperphosphat	Hyperphosphat löst nicht	18,0	4,0			
4. Mai.	Harnstoff	Diammoniumphosphat (NH4)2PO4		20,0	4,6	1	34	20
8. Mai.	CO(NH2)2	(NH4)2PO4	Harnstoff CO(NH2)2 löst nicht vollk.	20,0	4,6	2	34	20
15. Mai.	CO(NH2)2	(NH4)2PO4	geringer Bodensatz	20,0	4,6	3	34	20
19. Mai.	CO(NH2)2	(NH4)2PO4	alle Stoffe in Lösung	19,5	2,1	4	38	9
20. Mai.	CO(NH2)2	(NH4)2PO4	alle Stoffe in Lösung	19,5	2,0	4	38	9
21. Mai.	CO(NH2)2	(NH4)2PO4	geringer Bodensatz/Wasser aus	19,6	1,0	3,3	40	4
26. Mai.	CO(NH2)2	(NH4)2PO4	alle Stoffe in Lösung/Schaumbildung in Vorlage	19,6	1,0	4	40	4
27. Mai.	CO(NH2)2	(NH4)2PO4	alle Stoffe in Lösung	17,0	1,0	4	35	4
27. Mai.	CO(NH2)2	(NH4)2PO4	Dosierpumpe aus		0,0	0	0	0
27. Mai.	CO(NH2)2	(NH4)2PO4	Versuchslösung/Stoffe lösen nicht vollkommen	69,0	5,0	4	138	22
29. Mai.	CO(NH2)2	(NH4)2PO4		21,4	2,0	3,75	30,0	35
30. Mai.	CO(NH2)2	(NH4)2PO4	Stoffe nicht vollkommen in Lösung	21,4	2,0	3,75	30	35
3. Jun.	CO(NH2)2	(NH4)2PO4	geringer Schleier	25,5	2,3	3	50	10
4. Jun.	CO(NH2)2	(NH4)2PO4	Bodensatz	25,5	2,3	4	50	10
Phase 2								
5. Jun.	CO(NH2)2	(NH4)2PO4	geringer Bodensatz	24,0	2,3	4	47	10
6. Jun.	CO(NH2)2	(NH4)2PO4		24,0	2,3	5	47	10
7. Jun.	CO(NH2)2	(NH4)2PO4		24,0	2,3	5	47	10
8. Jun.	CO(NH2)2	(NH4)2PO4	geringer Schleier	24,0	2,3	5	47	10
9. Jun.	CO(NH2)2	(NH4)2PO4		24,0	2,3	5	47	10
10. Jun.	CO(NH2)2	(NH4)2PO4		24,0	2,3	5	47	10
11. Jun.	CO(NH2)2	(NH4)2PO4		24,0	2,3	5	47	10
12. Jun.	CO(NH2)2	(NH4)2PO4	Schleier in Versuchslösung	24,0	2,3	5	47	10
13. Jun.	CO(NH2)2	(NH4)2PO4		24,0	2,3	5	47	10
14. Jun.	CO(NH2)2	(NH4)2PO4		24,0	2,3	5	47	10
Phase 3								
16. Jun.	CO(NH2)2	(NH4)2PO4	28,4	72,1	6,9	5	141	30

Datum	Nährstoffart		Bemerkungen	Mengenbilanz/100Liter [g]		Lösungsmittel Wasser [l/100lAW]	Dosierung/100l [g]	
	N	P		N	P		CO(NH2)2	(NH4)2PO4
Phase 3								
17. Jun.	CO(NH2)2	(NH4)2PO4		72,1	2,3	5	141	30
21. Jun.	CO(NH2)2	(NH4)2PO4	Schleier in Versuchslösung	18,0	1,9	6	35	8
22. Jun.	CO(NH2)2	(NH4)2PO4	Schleier in Versuchslösung	20,8	3,8	7	40	10
24. Jun.	CO(NH2)2	(NH4)2PO4	Absetzen P-Zugabe	16,3	3,8	7	35	10
Phase 4								
25. Jun.	CO(NH2)2	-	nach Versuchen Nachweis	37,4		4	80	-
30. Jun.	CO(NH2)2	-	Diammoniumphosphosphat löst nicht gut!	18,7		4	40	-
1. Jul.	CO(NH2)2	-	Aufgrund hoher Zulaufwerte auf	18,7		3	40	-
6. Jul.	CO(NH2)2	-	wird auf P-Zugabe verzichtet!	18,7		3	40	-
8. Jul.	CO(NH2)2	-		14,9		3	32	-
10. Jul.	CO(NH2)2	-		14,9		4	32	-
15. Jul.	CO(NH2)2	-		14,9		4	32	-
17. Jul.	CO(NH2)2	-		14,9		4	32	-
19. Jul.	CO(NH2)2	-		14,9		4	32	-
22. Jul.	CO(NH2)2	-		14,9		2	32	-
24. Jul.	CO(NH2)2	-		14,9		2	32	-
25. Jul.	CO(NH2)2	-		18,7		2	40	-
27. Jul.	CO(NH2)2	-		17,0		2	36	-
31. Jul.	CO(NH2)2	-		17,0		2	36	-
2. Aug.	CO(NH2)2	-		18,7		2	40	-
Phase 5								
4. Aug.	CO(NH2)2	(NH4)2PO4	hohe P-Werte im Ablauf, jedoch trüb; Versuch P-Dosierung	18,6	0,5	2	39	2
9. Aug.	CO(NH2)2	(NH4)2PO4		18,7	0,5	2	40	2
14. Aug.	CO(NH2)2	(NH4)2PO4	Wechsel NaOH	18,7	0,5	2	40	2
								H3PO4 [ml]
20. Aug.	CO(NH2)2	H3PO4	Wechsel Nährstoff P wegen Vestopfung der Leitung (Diammoniumph.)	24,8	23,7	1,5	53	75
24. Aug.	CO(NH2)2	H3PO4		14,9	23,7	2	32	75
29. Aug.	CO(NH2)2	H3PO4		20,2	29,9	0,8	43	95
31. Aug.	CO(NH2)2	H3PO4	geringer pH in Nährlösung = 1,5;	20,1	30,0	1,5	43	95
5. Sep.	CO(NH2)2	H3PO4	zu hohe P Dosierung!	18,7		1,3	40	
10. Sep.	CO(NH2)2	H3PO4	Änderung in P - Dosierung	18,7	1,6	1,3	40	5,2
12. Sep.	CO(NH2)2	H3PO4		18,7	1,6	1,7	40	5,2
16. Sep.	CO(NH2)2	H3PO4		18,7	1,6	1,5	40	5,2

Datum	Nährstoffart		Bemerkungen	Mengenbilanz/100Liter [g]		Lösungsmittel	Dosierung/100l [g]	
	N	P		N	P	Wasser [l/100lAW]	CO(NH2)2	(NH4)2PO4
Phase 5								
18. Sep.	CO(NH2)2	H3PO4		28,0	2,5	2,0	60	7,8
19. Sep.	CO(NH2)2	H3PO4		21,3	1,9	1,7	46	5,9
23. Sep.	CO(NH2)2	H3PO4		28,0	2,5	3,0	60	7,8
Phase 6								
26. Sep.	CO(NH2)2	H3PO4		14,0	1,2	1,5	30	3,9
28. Sep.	-	-	Durchführung O2-Eintragsversuch					
30. Sep.	CO(NH2)2	H3PO4		23,4	2,1	1,5	50	6,5
5. Okt.	CO(NH2)2	H3PO4		11,7	1,0	1,0	25	3,3
7. Okt.	CO(NH2)2	H3PO4		22,4	1,9	1,2	48	6,0
11. Okt.	CO(NH2)2	H3PO4		18,7	1,6	1,0	40	5,0
15. Okt.	CO(NH2)2	H3PO4		14,0	1,2	0,5	30	4
16. Okt.	CO(NH2)2	H3PO4		14,0	1,2	0,5	30	4
18. Okt.	CO(NH2)2	H3PO4		14,0	0,9	1	30	3
20. Okt.			Beginn 2. O2-Eintragsversuh in BS	11,7	0,9	1	25	3
22. Okt.	CO(NH2)2	H3PO4		14,0	0,9	1	30	3
25. Okt.	CO(NH2)2	H3PO4		14,0	0,9	1	30	3

Datum	Gesamtverbrauch/Tag [g]		Gleichbleibender Verbrauch [d]	forlaufender Verbrauch [kg]		Verbrauch NaOH [kg]	Abwasser [L] je 60 kg NaOH	pro 1000 mg/L CSB Abwasser	
	CO(NH2)2	(NH4)2PO4		CO(NH2)2	(NH4)2PO4			Phosphor [g]	Stickstoff [g]
Phase 1									
10. Apr.									
15. Apr.									
20. Apr.									
25. Apr.									
28. Apr.									
2. Mai.									
4. Mai.	39	68	7,5	0,3	0,5		1500,0		
8. Mai.	39	68	6,5	0,5	1,0		3255,0		
15. Mai.	136	78,4	3	1,0	1,2		4473,0		
19. Mai.	76	17,6	0,5	1,0	1,2		4573,0		
20. Mai.	190	44	1	1,2	1,2		5073,0	0,0015	0,0145
21. Mai.	240	25,8	5,5	2,5	1,4		8571,0	0,0014	0,0269
26. Mai.	321	34,4	0,5	2,7	1,4		8940,0		
27. Mai.	276	34,4	0,5	2,8	1,4		9360,0		
27. Mai.	0	0	0	2,8	1,4		9360,0		
27. Mai.	552	32	2,5	4,2	1,5		11460,0	0,0073	0,0806
29. Mai.	171	280	0,5	4,3	1,6		11880,0	0,0041	0,0437
30. Mai.	240	280	4	5,2	2,8		15240,0	0,0040	0,0430
3. Jun.	450	90	1	5,7	2,8	60	16140,0	0,0017	0,0188
4. Jun.	450	90	1	6,1	2,9		900,0	0,0016	0,0171
Phase 2									
5. Jun.	564	120	1	6,7	3,1		2100,0	0,0029	0,0297
6. Jun.	564	120	1	7,3	3,2		3300,0	0,0098	0,1010
7. Jun.	564	120	1	7,8	3,3		4500,0	0,0023	0,0237
8. Jun.	564	120	1	8,4	3,4		5700,0	0,0018	0,0182
9. Jun.	564	120	1	8,9	3,5		6900,0	0,0022	0,0223
10. Jun.	1128	120	1	10,1	3,7		8100,0	0,0026	0,0267
11. Jun.	564	120	1	10,6	3,8		9300,0	0,0026	0,0264
12. Jun.	564	120	1	11,2	3,9		10500,0	0,0026	0,0270
13. Jun.	564	120	1	11,8	4,0		11700,0	0,0014	0,0149
14. Jun.	564	120	1	12,3	4,1		12900,0	0,0015	0,0152
Phase 3									
16. Jun.	1692	360	1	14,0	4,5		13300,0		

Datum	Gesamtverbrauch/Tag [g]		Gleichbleibender Verbrauch [d]	forlaufender Verbrauch [kg]		Verbrauch NaOH [kg]	Abwasser [L] je 60 kg NaOH	pro 1000 mg/L CSB Abwasser	
	CO(NH2)2	(NH4)2PO4		CO(NH2)2	(NH4)2PO4			Phosphor [g]	Stickstoff [g]
Phase 3									
17. Jun.	1128	240	4	18,5	5,5	60	14900,0		
21. Jun.	140	32	1	18,7	5,5		400,0	0,0016	0,0155
22. Jun.	160	40	3	19,2	5,6		1600,0	0,0044	0,0238
24. Jun.	140	40	1	19,3	5,6		2000,0	0,0058	0,0248
Phase 4									
25. Jun.	320	-	5	20,9	-		4000,0		0,2176
30. Jun.	320	-	1	21,2	-		4800,0		0,0083
1. Jul.	320	-	5	22,8	-		8800,0		0,0108
6. Jul.	320	-	2	23,5	-		10400,0		0,0081
8. Jul.	240	-	2	23,9	-		11900,0		0,0105
10. Jul.	240	-	5	25,1	-	60	15650,0		0,0255
15. Jul.	240	-	2	25,6	-		1500,0		0,0218
17. Jul.	240	-	2	26,1	-		3000,0		0,0114
19. Jul.	240	-	2	26,6	-		4500,0		0,0060
22. Jul.	240	-	2	27,1	-	60	6000,0		0,0060
24. Jul.	80	-	0,5	27,1	-		125,0		0,0073
25. Jul.	100	-	2	27,3	-		625,0		0,0091
27. Jul.	240	-	4	28,3	-		3265,0		0,0136
31. Jul.	240	-	2	28,7	-		4585,0		0,0200
2. Aug.	320	-	5	30,3	-		8585,0		0,0093
Phase 5									
4. Aug.	312	56	2	31,0	5,7		10185,0	0,0003	0,0131
9. Aug.	320	72	5	32,6	6,1	60	14185,0	0,0003	0,0108
14. Aug.	320	88	5	34,2	6,5		4000,0	0,0008	0,0320
		H3PO4 [ml]			H3PO4 [l]				
20. Aug.	318	450	4	35,4	1,8		6400,0	0,0292	0,0304
24. Aug.	237	555	5	36,6	4,6		10100,0	0,0136	0,0086
29. Aug.	320	699,3	2	37,3	6,0	60	11580,0	0,0352	0,0238
31. Aug.	172	380	10	39,0	9,8		7400,0	0,0347	0,0232
5. Sep.	320	0	5	40,6	9,8		11400,0		0,0677
10. Sep.	320	41,6	2	41,2	9,9		13000,0	0,0029	0,0325
12. Sep.	280	36,4	4	42,3	10,0		15800,0	0,0020	0,0227
16. Sep.	160	20,8	2	42,7	10,0		16600,0	0,0036	0,0408

Datum	Gesamtverbrauch/Tag [g]		Gleichbleibender Verbrauch [d]	forlaufender Verbrauch [kg]		Verbrauch NaOH [kg]	Abwasser [L] je 60 kg NaOH	pro 1000 mg/L CSB Abwasser	
	CO(NH2)2	(NH4)2PO4		CO(NH2)2	(NH4)2PO4			Phosphor [g]	Stickstoff [g]
Phase 5									
18. Sep.	180	23,4	1	42,8	10,1		16900,0	0,0056	0,0642
19. Sep.	160	20,8	3	43,3	10,1		17950,0	0,0041	0,0320
23. Sep.	120	15,6	3	43,7	10,2		18550,0	0,0065	0,0923
Phase 6									
26. Sep.	120	15,6	1,5	43,9	10,2	60	19150,0	0,0027	0,0310
28. Sep.									
30. Sep.	200	26	6	45,1	10,4		2400,0	0,0017	0,0196
5. Okt.	200	26	2	45,5	10,4		4000,0	0,0006	0,0067
7. Okt.	240	30	4	46,4	10,5		6000,0	0,0015	0,0176
11. Okt.	240	30	4	47,4	10,6		8400,0	0,0017	0,0183
15. Okt.	240	30	1	47,6	10,7		9200,0	0,0017	0,0201
16. Okt.	240	31,2	2	48,1	10,7		10800,0	0,0030	0,0337
18. Okt.	150	15	2	48,4	10,8		11800,0	0,0023	0,0337
20. Okt.	50	6	2	48,5	10,8		12200,0	0,0010	0,0129
22. Okt.	180	18	4	49,2	10,9	60	14600,0	0,0009	0,0134
25. Okt.	72	7,2	1	49,3	10,9		240,0	0,0010	0,0149

Häufigkeit H: 1: 1-5 Organismen; 2: 5-10 Organismen; 3: >10 Organismen (Wimpertiere, Amöben, Algen)

Fädigkeit F: 0: selten; 1: gering; 2: mäßig; 3 (Fadenförmige Bakterien, Pilzfäden)

Vorkommen V: 1: einzelne; 2: einige; 3: häufig 4: massenhaft (freie Bakterien, Spirillen, Spirochäten, Zoogloen, Geißeltiere)

Datum	Betriebsstabilität			Beschreibung	Temperatur [°C]	O2-Konzentration [mg/l]	Absetzbarkeit
	stabil	instabil	Hemmung				
Phase 1							
12.Apr	x			SBR wurde 2 Tage Dauerbelüftet; reiner BS aus KA			
14.Apr			x	pH-Wert über 12 in Kläranlage - Überdosierung NaOH			
21.Apr	x						sehr gut
22.Apr	x						sehr gut
28.Apr	x						
26.Mai	x				15,4		sehr gut
27.Mai	x				15,3		sehr gut
29.Mai	x					4,9	sehr gut
04.Jun	x						sehr gut
Phase 2							
05.Jun	x				16,3	0,4	sehr gut
06.Jun	x				17,3	0,3	sehr gut
07.Jun	x			Schlamm wie vortags			sehr gut
08.Jun	x			erstmalig Schaum in KA			sehr gut
10.Jun	x			vermehrte Tätigkeit			sehr gut
12.Jun	x						sehr gut
14.Jun		x		pH=5 bei Ankunft			mittel
Phase 3							
21.Jun		x		Verringerung Zulauf			schlecht
22.Jun		x		geringe Verbesserung			schlecht
24.Jun	x			Verbesserung			gut
Phase 4							
30.Jun	x			milchiger Ablauf			sehr gut
06.Jul				michiger Ablauf			sehr gut
08.Jul		x		Ablauf milchig; sehr viele frei Bakterien			gut
15.Jul		x					sehr gut
17.Jul		x		sehr geringer Abbau?; jedoch hohe Organismenaktivität			sehr gut
19.Jul		x		hohe Flagellatenvielfalt			sehr gut
22.Jul		x		Auftreten stäbchenförmiger Cyanobakterien; Fehlen v. Flagellaten			sehr gut
24.Jul		x		viele Schnecken an Klarwasseroberfläche			sehr gut
25.Jul			x	geringe MO-Aktivität			sehr gut
27.Jul		x		Ph in KA 5,5; geringe Aktivität;Fadenf. Verzweigungen abschnitts			sehr gut
31.Jul	x	x		Verbesserung; Zunahme Aktivität u. Artenvielfalt			sehr gut
02.Aug	x			Fäden in Flocken - Pilze			sehr gut
04.Aug	x	x		Sehr viele freie Bakterien, Pilze (gering Säurekapazität)			sehr gut
Phase 5							
09.Aug	x			sehr viele freie Bakterien, rege Aktivität			sehr gut
14.Aug	x						sehr gut
20.Aug	x						sehr gut
24.Aug	x						Schwimmschlamm
29.Aug	x						sehr gut
31.Aug	x						sehr gut
05.Sep	x			rege Aktivität (freie Bakterien Zooflagellaten, Flagellaten)			sehr gut
10.Sep	x			sehr hohe Aktivität			sehr gut
12.Sep	x						sehr gut
16.Sep	x						sehr gut
19.Sep		x		viele Flagellaten, eine Spezies dominierend			sehr gut
Phase 6							
27.Sep	x						Schwimmschlamm
05.Okt	x			Anstieg Fadenbakterien; Erhöhte Vielfalt (Wimperntiere)			Blähschlamm
07.Okt	x			viele Fadenförmige;			Blähschlamm
11.Okt	x			sehr viele Fadenförmige; Probe Flockungsmittel			Blähschlamm
15.Okt	x						Blähschlamm
18.Okt	x			etwas Rückgang der Fadenförmigen jedoch noch immer stark			Blähschlamm
20.Okt	x			nach wie vor starke Fädigkeit			Blähschlamm
25.Okt	x			nach wie vor starke Fädigkeit; geringer Rückgang			Blähschlamm

Häufigkeit H: 1: 1-5 Organismen; 2: 5-10 Organismen; 3: >10 Organismen (Wimpertiere, Amöben, Algen)

Fädigkeit F: 0: selten; 1: gering; 2: mäßig; 3: stark 4: sehr stark (Fadenförmige Bakterien, Pilzfäden)

Vorkommen V: 1: einzelne; 2: einige; 3: häufig 4: massenhaft (freie Bakterien, Spirillen, Spirochäten, Zoogloen, Geißeltiere)

Datum			Morphologie	Bakterien	
	Farbe	Geruch		Gesamtfädigkeit F	freie Bakterien V
Phase 1					
12.Apr	braun	erdig	kompakt,abgerundet,geschlossen	0	1
14.Apr					
21.Apr	grau-dunkelbraun	erdig/muffig	abgerundet, kompakt geringe Aktivität	2	2
22.Apr	graubraun	erdig/muffig	relativ kompakt gering Aktivität	2	2
28.Apr	bräunlich	erdig/muffig	fest,rel. große Flocken,Hohlräume	2	1
26.Mai	hellbraun	erdig/muffig	abgerundet, viele Hohlräume	1	3
27.Mai	hellbraun	erdig/muffig	abgerundet, viele Hohlräume	1	3
29.Mai	hellbraun	erdig/muffig	mittelgroß,offen	1	3
04.Jun	hellbraun	erdig/muffig	mittelgroß,offen	1	3
Phase 2					
05.Jun	hellbraun	erdig/muffig	groß, einige Hohlräume	1	3
06.Jun	hellbraun	erdig/muffig	viele Hohlräume, nicht kompakt, fest	0	2
07.Jun	hellbraun		viele Hohlräume, nicht kompakt, fest	1	
08.Jun	hellbraun	stechend	viele Hohlräume, nicht kompakt, fest	1	2
10.Jun	hellbraun	muffig	viele Hohlräume, nicht kompakt, fest	1	3
12.Jun	hellbraun	muffig	große Flocken weniger Hohlräume, kompakt	1	3
14.Jun	hellbraun	muffig	offen, gering Durchm., verstreut	2	3
Phase 3					
21.Jun	hellbraun	stechend	offen, viele Fadenförmige	3	3
22.Jun	hellbraun	stechend	kleine Flocken, schwach	3	3
24.Jun	hellbraun	muffig	größere und mehrere Flocken	2	3
Phase 4					
30.Jun	hellbraun	erdig/muffig	groß, fest, kompakt	2	4
06.Jul	hellbraun	erdig/muffig	groß; kompakt; teilw. Offen	1	4
08.Jul	hellbraun	erdig/muffig		1	4
15.Jul	hellbraun	erdig/muffig		1	4
17.Jul	hellbraun	erdig/muffig		1	4
19.Jul	hellbraun	erdig/muffig	offen; umhüllt von freien Bakterien;fest	1	3
22.Jul	hellbraun	muffig	teilw. Offen, groß, relativ fest	1	3
24.Jul	hellbraun	stechend		1-2	3
25.Jul	hellbraun	stechend		0	3
27.Jul	hellbraun	muffig;scharf	offen;Fadenf. Von Baktereinhülle umgeben	1	2
31.Jul	hellbraun	stechend	offen,groß,fest	1-2	3
02.Aug	hellbraun	stechend	groß, offen, fest	1-2	3
04.Aug	hellbraun	muffig	mittelgroß,offen, fest	2-3	3-4
Phase 5					
09.Aug	hellbraun	erdig/muffig	mittelgroß bis groß, offen, fest	1	3
14.Aug	hellbraun	erdig/muffig	mittelgroß bis groß, offen, fest	1-2	3
20.Aug	hellbraun	erdig/muffig	groß, fest, offen	1	3
24.Aug	hellbraun	erdig/muffig	groß-mittelgroß, fest, offen	1	3
29.Aug	hellbraun	erdig/muffig	groß-mittelgroß, fest, offen	1-2	3
31.Aug	hellbraun	erdig/muffig	groß-mittelgroß, fest, offen	1-2	2-3
05.Sep	hellbraun	erdig/sauer	groß-mittelgroß, fest, offen	1-2	2
10.Sep	hellbraun	erdig/muffig	groß-mittelgroß, fest, offen	1	2-3
12.Sep	hellbraun	erdig/muffig	groß-mittelgroß, fest, +/-offen	0-1	2
16.Sep	hellbraun	erdig/stechend	groß-mittelgroß, fest, offen	1-2	2-3
19.Sep	hellbraun	erdig/stechend	groß-mittelgroß, fest, offen	2	2
Phase 6					
27.Sep	hellbraun	erdig/muffig	mittelgroß, fest, offen	1-2	2
05.Okt	hellbraun	erdig/muffig	mittelgroß, offen, fädig	3	2
07.Okt	hellbraun	erdig/muffig	mittelgroß, offen, fädig	3-4	2
11.Okt	hellbraun	erdig/muffig	mittelgroß, offen, fädig	4	2-3
15.Okt	hellbraun	erdig/muffig	mittelgroß, offen, fädig	4	2
18.Okt	hellbraun	erdig/muffig	mittelgroß, offen, fädig	3-4	2
20.Okt	hellbraun	erdig/muffig	mittelgroß, offen, fädig	3-4	2
25.Okt	hellbraun	erdig/muffig	mittelgroß, offen, fädig	3-4	2

Häufigkeit H: 1: 1-5 Organismen; 2: 5-10 Organismen; 3: >10 Organismen (Wimpertiere, Amöben, Algen)

Fädigkeit F: 0: selten; 1: gering; 2: mäßig; 3: stark 4: sehr stark (Fadenförmige Bakterien, Pilzfäden)

Vorkommen V: 1: einzelne; 2: einige; 3: häufig 4: massenhaft (freie Bakterien, Spirillen, Spirochäten, Zoogloen, Geißeltiere)

Datum	Bakterien			Pilzfäden	Bäumchenbakterien		
	Typ 021N V	Sphaerotilus spp. V	sarcina spp. V	Fusarium V	Thiothrix V	Algen V	Zooglea spp. V
Phase 1							
12.Apr	1	1	0				
14.Apr							
21.Apr							
22.Apr			1				
28.Apr	2	1					
26.Mai	1		2				
27.Mai	1		2				
29.Mai	1		2				
04.Jun	1		2				
Phase 2							
05.Jun	1		2				
06.Jun			2				2
07.Jun			1				
08.Jun	1		1				2
10.Jun	1						2
12.Jun	1						1
14.Jun	2						1
Phase 3							
21.Jun	2				1		
22.Jun	1	1			1		
24.Jun	1				1		
Phase 4							
30.Jun	1				1		
06.Jul					1		
08.Jul						1	
15.Jul						1	
17.Jul						1	
19.Jul					1		
22.Jul					1		
24.Jul				1	1	3	
25.Jul						3	
27.Jul					1	3	
31.Jul				1	1		
02.Aug				1	1		1
04.Aug				3			
Phase 5							
09.Aug				1			
14.Aug				1-2			
20.Aug			1	1			1
24.Aug				1		1	
29.Aug				1-2		1	
31.Aug				1-2			
05.Sep				1-2			
10.Sep				1			
12.Sep				0-1			
16.Sep				1-2			
19.Sep				1	1		
Phase 6							
27.Sep				1-2	1-2		
05.Okt				1	2		
07.Okt				2	2		
11.Okt				2	2		
15.Okt				2	2		
18.Okt				2	2		
20.Okt				2	2		
25.Okt				2	2		

Häufigkeit H: 1: 1-5 Organismen; 2: 5-10 Organismen; 3: >10 Organismen (Wimpertiere, Amöben, Algen)

Fädigkeit F: 0: selten; 1: gering; 2: mäßig; 3: stark 4: sehr stark (Fadenförmige Bakterien, Pilzfäden)

Vorkommen V: 1: einzelne; 2: einige; 3: häufig 4: massenhaft (freie Bakterien, Spirillen, Spirochäten, Zoogloen, Geißeltiere)

Datum	Glockentierchen		Geißeltierchen		Nacktamäöben	Schalenamöben	Nierentierchen
	festsitzende Einzeller		Flagellaten		Rhizopoda		Ciliaten
	Vorticella spp. H	Zoothamnium H	kl. Zooflagellaten H	Flagellaten H	Vahlkampfia spp. H	Arcella spp. H	Dexiostoma camp H
Phase 1							
12.Apr							
14.Apr							
21.Apr				1			
22.Apr							
28.Apr							
26.Mai							
27.Mai							1
29.Mai	2						
04.Jun	2						
Phase 2							
05.Jun	2	1					
06.Jun	2	1	2	1	1	2	
07.Jun							
08.Jun	2	1	2	2		1	
10.Jun	2	1	1	2	1	1	
12.Jun	1		2	1	1	1	
14.Jun			1	1			
Phase 3							
21.Jun			2	2		1	
22.Jun			2	2			
24.Jun			2	1	1		
Phase 4							
30.Jun		1		2			
06.Jul		1	1	2	1	1	
08.Jul							
15.Jul		1					
17.Jul			2	3	2	1	
19.Jul			2	2			
22.Jul		1	Abwesenheit!			1	
24.Jul							
25.Jul							
27.Jul						2	
31.Jul			2-3	2-3			
02.Aug			2-3	2-3		2	2
04.Aug			2-3	2-3		1	1
Phase 5							
09.Aug		1	2-3	2-3		1	
14.Aug	1		2-3	2-3	1	1	
20.Aug			2	1		2	1
24.Aug	1			2			
29.Aug	1		1-2	1		1	
31.Aug			1	2-3		1	
05.Sep			1-2	2			
10.Sep		1	1-2	1-2		1	
12.Sep	1		2-3	2-3			
16.Sep		1	2-3	2-3			
19.Sep			2	2-4			1
Phase 6							
27.Sep			1	1			1
05.Okt			1				
07.Okt						1	
11.Okt				1			1
15.Okt	1	1				1-2	
18.Okt			1			2	
20.Okt		1	1			1	
25.Okt	1	1				1	1

Häufigkeit H: 1: 1-5 Organismen; 2: 5-10 Organismen; 3: >10 Organismen (Wimpertiere, Amöben, Algen)

Fädigkeit F: 0: selten; 1: gering; 2: mäßig; 3: stark 4: sehr stark (Fadenförmige Bakterien, Pilzfäden)

Vorkommen V: 1: einzelne; 2: einige; 3: häufig 4: massenhaft (freie Bakterien, Spirillen, Spirochäten, Zoogloen, Geißeltiere)

Datum	Ciliaten = Wimpertierchen					Pantoffeltier	Sauginfusorie	Fadenwurm	
	Glaucoma spp. H	Spirillen/Spirochaeten H	Aspidisca H	Paramecium spp. H	Schwärmerzellen H	Rotaria spp. H	Cephalodella spp. H	Nematoden H	
Phase 1									
12.Apr				1					1
14.Apr									
21.Apr				1					
22.Apr									
28.Apr				2					
26.Mai						1	1		
27.Mai	1								1
29.Mai									
04.Jun									
Phase 2									
05.Jun									
06.Jun	1								
07.Jun									
08.Jun					1				
10.Jun					1				
12.Jun		1							
14.Jun									
Phase 3									
21.Jun									
22.Jun									
24.Jun									
Phase 4									
30.Jun				1					
06.Jul									
08.Jul									
15.Jul									
17.Jul									
19.Jul									
22.Jul									
24.Jul									
25.Jul									
27.Jul									
31.Jul									
02.Aug	1								
04.Aug									
Phase 5									
09.Aug									
14.Aug	1								
20.Aug									
24.Aug			1	1		1			
29.Aug				1					
31.Aug	1			2	1				1
05.Sep				2					
10.Sep	1					1			
12.Sep			1	2					1
16.Sep				1					
19.Sep			1	1					
Phase 6									
27.Sep	1		1	3					1
05.Okt			2	2					1
07.Okt			2-3	2-3					1
11.Okt	1			2					
15.Okt	2		2	2					1
18.Okt	2		1	2					1
20.Okt	2		1	2					1
25.Okt	2		1	1					1

10.2 Berechnungen

Dimensionierung einer Aufstauanlage nach ATV-M210:
Dimensionierung mit Sicherheit:

	EGW:	1350
Durchschnittswert:	Qd:	10,8 m³/d
	T _{AW} :	18 °C
C_{20%}-Überschreitung	C_{CSB,ZB}:	15000 mg/L
	B _{d,CSB} :	162 kg/d
	B _{d,BSB} :	81 kg/d
	TS _R :	6 kg/m³
	X _{TS,ZB} :	500 mg/L
	F _T :	1,23
	X _{TS,ZB} /C _{BSB,ZB} :	0,07

$$V_R = \frac{\text{tägliche BSB} - \text{Fracht}}{n \times B_{TS} \times TS_R} \times \frac{t_Z}{t_R} [m^3]$$

Reaktionsphase :	t _R	10,7 h
Sedimentationsdauer t _{SED} :	t _{SED} :	1 h
Klarwasserabzugsph.:	t _{AB} :	0,25 h
Schlammabzugsph.:	t _{SAB} :	0,05 h
Gesamtzykluszeit t _Z :	t _Z :	12 h
Anzahl der Zyklen/Tag:	m _Z :	2
	ISV:	100 ml/g
Anzahl der Becken:	n	2

Berechnungen nach ATV-M210:

biologisches V je Becken V _R :	V _R :	76 m³
	Δ V _{max} :	5 m³
	V _{minBB} :	70,7 m³
erf. Masse an Feststoffen im BB	M _{TS} :	810 kg
	M _{TS, vorh.} :	908 kg
Data aus dem Versuchsbetrieb:	ÜS_{C,BSB}:	0,3 kgTS/(kgCSB*d)
Versuchsbetrieb:	ÜS _{d,C} :	48,6 kgTS/d - > maßgebend
Berechnung nach ATV-A131:	ÜS _{d,C} :	26 kgTS/d
mittlere Verweilzeit BS:	θ _X :	19 d
biolog. Schlammalter:	t _{TS} :	17 d
Data aus dem Versuchsbetrieb:	B_{TS}:	0,20 kgCSB/(kgTS*d)
Raumbelastung:	B _{R,CSB}	1,07 kgCSB/(m³*d)

Vergleich kommunale Anlagen für weitgehenden C-Abbau:	
B _{TS} <	0,3 kg/(kgTS*d)
B _{R,BSB} :	0,75-1 kg/(m³*d)

Höhenlage Schlamm Spiegel:	hs:	3 m
Sinkgeschwindigkeit Schlamm:	v _S :	1,08 m/h
Differenz hs-hw:		2,00
W-Spiegelhöhe h _w :	h _w :	5 m
Volumenaustauschverhältnis:	f _A :	0,55
	f _{A,max} :	0,63
	h _{w,min} :	1,875 m
	V _{min} :	28,3878505 m³
	ΔV _{TW} :	1,25 m³
	V _{R,TW} :	29,6378505 m³
	f _{A,TW} :	0,04
	TS _{R,TW} :	15,33 g/L
	v _{S,TW} :	0,42 m/h

<u>Beckengeometrie:</u>		
Einbauten V _E :		2 m³
V _{BB,Brutto,erf.} :		77,7 m³
Durchmesser:		4 m
Fläche:		12,6 m²
Wassertiefe:		5 m
Freibord:		1 m
h _{ges.} :		6 m
V _{Brutto, errechnet} :		75,4 m³

Reaktionsvolumen je Becken:	V _R :	76 m³/d
Mittlere Belastung:	Q _d :	11 m³/d
	C _{CSB,ZB} :	10500 mg/L
	B _{d,CSB} :	115,5 kg/d
	TS _R :	6 kg/m³
	B _{d,CSB} :	57,75 kg/d
Fracht pro Becken:	B _{R,CSB} :	0,76 kgBSB/(m³*d)
	B _{TS} :	0,13 kgCSB/(kgTS*d)
Minimale Belastung:	Q _d :	5 m³/d
	C _{CSB,ZB} :	3000 mg/L
	B _{d,CSB} :	15 kg/d
Fracht pro Becken:	B _{d,CSB} :	7,5 kg/d
	B _{R,CSB} :	0,10 kgCSB/(m³*d)
	B _{TS} :	0,01 kgCSB/(kgTS*d)
Maximale Belastung:	Q _d :	16 m³/d
	C _{CSB,ZB} :	25000 mg/L
	B _{d,CSB} :	400 kg/d
Fracht pro Becken:	B _{d,CSB} :	200 kg/d
	B _{R,BSB} :	2,64 kgCSB/(m³*d)
	B _{TS} :	0,44 kgCSB/(kgTS*d)

Dimensionierung für durchschnittliche Verhältnisse:

Mittlere Belastung:	Qd:	10,8 m³/d
	T _{AW} :	18 °C
	TS _R :	6 kg/m³
	C _{CSB,ZB} :	10500 mg/L
	B _{d,CSB} :	113,4 kg/d
Anzahl der Becken:	n:	2
gesamter Schlammanfall:	ÜS _{C,CSB} :	0,3 kgTS/(kgCSB*d)
	ÜS _{C,d} :	34 kgTS/d
Volumen je Becken:	V _{BB} :	53 m³
Annahme:	B _{TS} :	0,20 kgCSB/(kgTS*d)

Maximale Belastung:	Qd:	14 m³/d
	C _{CSB,ZB} :	18343 mg/L
	B _{d,CSB} :	256,802 kg/d
Fracht pro Becken:	B _{d,BSB} :	128,401 kg/d

Minimale Belastung:	B _{R,CSB}	2,42 kgCSB/(m³*d)
	B _{TS} :	0,40 kgCSB/(kgTS*d)
	Qd:	5 m³/d
	C _{CSB,ZB} :	3000 mg/L
	B _{d,CSB} :	15 kg/d
Fracht pro Becken:	B _{d,CSB} :	7,5 kg/d
	B _{R,CSB}	0,14 kgCSB/(m³*d)
	B _{TS} :	0,024 kgCSB/(kgTS*d)

Überschussschlammanfall:

TS _{ÜS} :	10 kg/m³
TS _{EindickungÜS} :	40 kg/m³
ÜS _{dgesamt} (durchschn. Verhältnis	34,0 kgTS/d
ÜS _{batch,Becken} :	9 kgTS/(Zyklus und Becken)
Abzug/d	0,85 m³/(Zyklus und Becken)
Volumenbedarf _{ÜS} /d (eingedickt)	0,21 m³/(Zyklus und Becken)
V _{ÜSpeicher_180dgesamt}	153 m³ 0,42525

Zulaufvolumen [m³]	Zulaufkonzentration [mg/L]	Zulauffracht [kgCSB/d]	Dauer [d]	für 1 Tag [m³]
21	20000	429	2	16
12	25033	325	3	9
12	22733	295	4	8
17	17327	294	5	10
13	18343	238	6	0
maximale Aufnahmekapazität:			260 kgCSB/d	
durchschnittliche Zulauffracht:			120 kgCSB/d	

Werte aus dem Versuchsverlauf:

$\emptyset \ddot{U}S_{C,CSB}$: 0,2 kg/kg

$max \ddot{U}S_{C,CSB}$: 0,5 kg/kg

Abbauleistung von min. 80% bei:

$B_{TS} <$ 0,25 kgCSB/(kgTS*d)

$B_{R,CSB} <$ 2 kgCSB/(m³*d)

Häufigkeiten:	AW-Anfall [m³/d]	CSB [mg/L]	Fracht	EWG
20% der Messungen sind unter:	7,2	4500		
20% der Messungen sind über:	14	15000		
Mittelwert	10,8	10500	113,4	945
Maximale Belastung:	18	25000	450	3750
Minimale Belastung:	5	3000	15	125

Berechnung des Sauerstoffbedarfes je Becken nach ATV A-131:

Stoßfaktor: f_C : 1,13

O2-Sättigungskonzentration_T $C_{S,15}$: 10,08 mg/L

O2-Sättigungskonzentration_T $C_{S,18}$: 9,47 mg/L

O2-Konzentration im BB C_X : 2 mg/L

Anzahl der Becken: n : 2

Mittlere Belastung:

T : 15

F_T : 1,00

$Q_{d,je\ Becken}$: 5,4 m³*d

C_{CSBmax} : 10500 mg/L

$B_{d,BSB}$: 28,35

Sauerstoffverbrauch : $OV_{d,C}$: 17,2 kgO₂/d

O2-Verbrauch für die Tagesspitze OV_h : 0,9 kgO₂/h

erforderl. O2-Zufuhr: aOC : 1,1 kgO₂/h

T : 18

F_T : 1,23

$OV_{d,C}$: 17,7 kgO₂/d

OV_h : 0,9 kgO₂/h

aOC : 1,1 kgO₂/h

Minimale Belastung:

	T:	15
	F_T :	1,00
	$Q_{d,je \text{ Becken}}$:	2,5 m ³ *d
	C_{CSBmax} :	3000 mg/L
	$B_{d,BSB}$	3,75
Sauerstoffverbrauch :	$OV_{d,C}$:	2,3 kgO ₂ /d
O2-Verbrauch für die Tagesspitze	OV_h :	0,1 kgO ₂ /h
erforderl. O2-Zufuhr:	aOC:	0,1 kgO ₂ /h
	T:	18
	F_T :	1,23
	$OV_{d,C}$:	2,3 kgO ₂ /d
	OV_h :	0,1 kgO ₂ /h
	aOC:	0,2 kgO ₂ /h

Maximale Belastung:

	T:	15
	F_T :	1,00
	$Q_{d,je \text{ Becken}}$:	8 m ³ *d
	C_{CSBmax} :	25000 mg/L
	max. $B_{d,BSB}$	100
Sauerstoffverbrauch :	$OV_{d,C}$:	60,6 kgO ₂ /d
O2-Verbrauch für die Tagesspitze	OV_h :	3,1 kgO ₂ /h
erforderl. O2-Zufuhr:	aOC:	3,9 kgO ₂ /h
	T:	18
	F_T :	1,23
	$OV_{d,C}$:	62,3 kgO ₂ /d
	OV_h :	3,2 kgO ₂ /h
	aOC:	4,1 kgO ₂ /h

27.Sep Belüftung BS von 12:46 bis 28.09 (09:15)
 28.Sep Pobenahme vor Abschaltung Belüfter - Beginn O2-Zehrung
 um 9:45 bis 29.09 um 9:09

O2 - Eintragsversuch

29.Sep Start der Belüftung um 9:09; O2-Gehalt 0 [mg/L]
 30.Sep Abdrehen der Belüftung um 8:45; O2-Gehalt 7,63 [mg/L]

O2-Eintragsversuch

	T W [°C]	Leistung [W]	VBB [m³]	Tu [°C]	TS [g/L]	SV [mL/L]	CSB [mg/L]	NH4-N [mg/L]
Beginn:	18,4	388	4,3	14	4,2	390	195	stark trüb
Ende:	18	441	4,5	12	4,7	450	185	stark trüb

Belüftungskoeffizient O2-Eintragsversuch

$$\alpha_{kla} = \frac{(-\ln((C^* - C_t)/(C^* - C_0)))}{t}$$

$$\alpha_{kla} = 0,06 \text{ 1/min}$$

$$\alpha_{kla} = 3,60 \text{ 1/h}$$

$$\alpha_{kla_{20}} = 3,76 \text{ 1/h}$$

$$\pm 0,56 \text{ 1/h}$$

$$C^* = 7,69 \text{ mg/L}$$

$$C_t = 7,684 \text{ mg/L}$$

$$C_0 = 0 \text{ mg/L}$$

$$t = 6,15 \text{ h}$$

$$t_{90\%} = 38,38 \text{ min}$$

$$t_{90\%} = 0,64 \text{ h}$$

Versuchsauswertung O2-Eintragsversuch:

$$\alpha_{OC} = (V \cdot \alpha_{kla_{20}} \cdot \beta \cdot CS_{20}) / 100 \text{ Sauerstoffzufuhr}$$

$$\alpha_{OC} = 0,73 \text{ kg/h}$$

$$V = 4,4 \text{ m}^3$$

$$\alpha_{kla_{20}} = 3,76 \text{ 1/h} \quad \alpha_{kla_{20}} = \alpha_{kla} T^* 1,024^{(20-T)}$$

$$\beta = 1$$

$$CSS_{18,2} = 9,43 \text{ mg/L}$$

$$CSS_{20} = 9,09 \text{ mg/L}$$

$$CS_{20} = 44,08 \text{ mg/L} \quad CS_{20} = CS_{T^*} (CSS_{20}/CSS_{T^*}) \cdot (1013/\text{pakt.})$$

$$CS_{18,2} = 10,34 \text{ mg/L} \quad CS_{T^*} = CSS_{T^*} (1 + hE/20,7)$$

$$hE = 1,99 \text{ m}$$

$$\text{pakt.} = 965,76 \text{ hPa}$$

$$\text{Seehöhe} = 513 \text{ m}$$

$$\text{Sauerstoffertrag im BS } \alpha_{OP} = \alpha_{OC}/P$$

$$\alpha_{OP} = 1,7579 \text{ kg/kWh}$$

$$\text{Messtoleranz Leistungsaufnahme } P = \pm 3\%$$

$$\alpha_{OP}(P+3\%) = 1,7067 \text{ kg/kWh}$$

$$P = 414,5 \text{ [W]}$$

$$\alpha_{OP}(P-3\%) = 1,8122 \text{ kg/kWh}$$

$$\pm 12,44$$

$$\text{spez. Sauerstoffzufuhr } \alpha_{OCL,h} = \alpha_{OC}/(QL \cdot hE) \cdot 1000$$

$$\alpha_{OCL,h} = 39,11 \text{ g/(m}^3\text{N} \cdot \text{m)}$$

$$QL = 9,36 \text{ m}^3\text{N/h}$$

$$\text{Sauerstoffausnutzung } \alpha_{OA,h} = (100 \cdot \alpha_{OC}) / (hE \cdot (QL \cdot 0,299))$$

$$\alpha_{OA,h} = 13,08 \text{ \%/m}$$

20.Okt Belüftung BS von 10:05 bis 21.10 (09:15)
 21.Okt Pobenahme vor Abschaltung Belüfter - Beginn O2-Zehrung
 um 9:15 bis 21.10 um 14:30

O2 - Eintragsversuch

21.Okt Start der Belüftung um 14:30; O2-Gehalt 0 [mg/L]
 22.Okt Abdrehen der Belüftung um 8:45; O2-Gehalt ca. 9,0 [mg/L]

O2-Eintragsversuch

	T W [°C]	Leistung [W]	VBB [m³]	Tu [°C]	TS [g/L]	SV [mL/L]	CSB [mg/L]	NH4-N [mg/L]
Beginn:	12,2	402	4,5	14	4,3	1500	1645	2,02
Ende:	12	420	4,3	7	4,4	1500	1210	0,6

Belüftungskoeffizient O2-Eintragsversuch

$$\alpha_{kla} = (-\ln((C^* - C_t)/(C^* - C_0)))/t$$

$$\alpha_{kla} = 0,04 \text{ 1/min}$$

$$\alpha_{kla} = 2,54 \text{ 1/h}$$

$$\alpha_{kla_{20}} = 3,07$$

$$C^* = 8,98 \text{ mg/L}$$

$$C_t = 8,965 \text{ mg/L}$$

$$C_0 = 0,05 \text{ mg/L}$$

$$t = 7 \text{ h}$$

$$t_{90\%} = 54,32 \text{ min}$$

$$t_{90\%} = 0,91 \text{ h}$$

Versuchsauswertung O2-Eintragsversuch:

spezifische Sauerstoffzufuhr im E $\alpha_{OC} = (V \cdot \alpha_{kla_{20}} \cdot \beta \cdot CS_{20})/1000$

$$\alpha_{OC} = 0,17 \text{ kg/h}$$

$$V = 4,4 \text{ m}^3$$

$$\alpha_{kla_{20}} = 3,07 \text{ 1/h} \quad \alpha_{kla_{20}} = \alpha_{kla} T^{1,024^{(20-T)}}$$

$$\beta = 1$$

$$CSS_{12,1} = 10,75 \text{ mg/L}$$

$$CSS_{20} = 9,09 \text{ mg/L}$$

$$CS_{20} = 12,60 \text{ mg/L} \quad CS_{20} = CS_{T^*} (CSS_{20}/CSS_{T^*})^{(1013/pakt.)}$$

$$CS_{12,1} = 14,20 \text{ mg/L} \quad CS_{T^*} = CSS_{T^*} (1 + hE/20,7)$$

$$hE = 6,65 \text{ m}$$

$$pakt. = 965,76 \text{ hPa}$$

$$Seehöhe = 513 \text{ m}$$

Sauerstoffertrag im BS $\alpha_{OP} = \alpha_{OC}/P$

$$\alpha_{OP} = 0,4138 \text{ kg/kWh} \quad \text{Messtoleranz Leistungsaufnahme } \pm 3\%$$

$$\alpha_{OP}(P+3\%) = 0,4017 \text{ kg/kWh} \quad P = 411 \text{ [W]}$$

$$\alpha_{OP}(P-3\%) = 0,4266 \text{ kg/kWh} \quad \pm 12,33$$

spez. Sauerstoffzufuhr $\alpha_{OCL,h} = \alpha_{OC}/(Q_L \cdot hE) \cdot 1000$

$$\alpha_{OCL,h} = 2,73 \text{ g/(m}^3\text{N} \cdot \text{m)}$$

$$Q_L = 9,36 \text{ m}^3\text{N/h}$$

Sauerstoffausnutzung $\alpha_{OA,h} = (100 \cdot \alpha_{OC})/(hE \cdot (Q_L \cdot 0,299))$

$$\alpha_{OA,h} = 0,94 \text{ \% /m}$$

Fläche Belebungsbecken:	2,1502 m ²
Fläche Trennung-Mitte	0,1113 m ²
Beginn Trennung über BUK	0,5 m
Volumen Beginn Versuch	4,11 m ³
Volumen Ende	4,11 m ³
Wasserhöhe Beginn	1,99 m
Wasserhöhe Ende	1,99 m
Höhe Behälter	2,37 m

1. Versuch RW: 26.10.2006

	Tw [°C]	TU [°C]	P [W]	VB [m ³]
Beginn	8,9	19	390	4,11
Ende	9,4	20	427	4,11

Beginn	13:06	Beginn	15:17
Tw	8,9 °C	Tw	9,4 °C
TU	19 °C	TU	20 °C
P	390 W	P	427 W
VB	4,11 m	VB	4,11 m
BOK-WOK:	0,38 m	BOK-WOK:	0,38 m

	y =	k*x+d
Belüftungskoeffizient	kla =	7,24
	kla ₂₀ =	9,36
	Ct	11,035
	t	2,1 h
	t _{90%} =	19 min
	Co	0
	Cs:	11,04 mg/L
	CS ₂₀ :	12,62
	CSST:	11,51 mg/L
Einblastiefe	hE:	2 m
Sauerstoffzufuhr	OC =	0,49 kg/h
Sauerstoffertrag	OP =	1,190 kgO ₂ /kWh
Sauerstoffausnutzung	OAh =	31,24 %/m
Spezifische Sauerstoffzufuhr	OC _{L,h} =	93,40 g/m ³ N/m
zugef. Luftvolumenstrom	QL =	2,60 m ³ N/h
	Dichte Luftsauerstoff	0,299 kg/m ³

Eintauchtiefe Sonde:	25 cm			
OC Messung:	0,78 kg/h	Messung Luftvolumenstrom Ausgang 1:	22792,8 ml/min	1,3676 m ³ /h
Dichte Luft:	1,293 kg/m ³	Messung Luftvolumenstrom Ausgang 2:	23979,6 ml/min	<u>1,4388</u> m ³ /h
Dichte LuftO2	0,299 kg/m ³			
			T °C:	18 2,8063 m ³ /h
		bezogen auf Normbedingungen:	T °C:	0 2,602 m ³ _N /h

2. Versuch RV 26.10.2006

	Tw [°C]	Tu [°C]	P [W]	Vb [m ³]
Beginn	9,5	20	420	4,11
Ende	9,8	15	426	4,11

Beginn	15:36	Beginn	17:36
Tw	9,5 °C	Tw	9,8 °C
Tu	20 °C	Tu	15 °C
P	420 W	P	426 W
Vb	4,11 m	Vb	4,11 m
BOK-WOK:	38 m	BOK-WOK:	38 m

kla =	7,58
kla ₂₀ =	9,69
Ct	10,94
t	2 h
t90% =	18 min
Co	0 mg/L
Cs:	10,95 mg/L
CS20:	12,35
CSST:	11,27 mg/L
hE:	1,99 m
OC =	0,49 kg/h
OP =	1,164 kg/kWh
OAh =	31,79 %/m
OC _{L,h} =	95,05 g/m ³ N/m

	Intervalle/d	2
	V _{BB} :	4,05 m³
aus Versuch:	OP:	0,67 kgO ₂ /kWh
	P	10,152 kWh/d
aus Versuch:	αOC	0,130 kgO ₂ /h
	OC	5,30 kgO ₂ /d
	αOC _{berechnet}	2,12 kg/d
	C _S :	9,04 gO ₂ /m³
	C _X :	2 gO ₂ /m³
	α:	0,4 1/h

$$\dot{U}S_{CSB} - F = (\dot{U}S_{TS} - F + TS_e - F + \frac{\Delta TS_{BB} \times V_{BB}}{\Delta t}) \times \frac{CSB_{TS}}{TS_{BB}} [kgCSB/d]$$

$$nCSB - F = CSB_o - F - CSB_e - F = \dot{U}S_{CSB} - F + OVC - F [kgCSB (bzw. O_2) / d]$$

Parameter	Bezeichnung	Einheit	Analysenmethode / Bestimmung
CSBo-F, CSBe-F	CSB-Fracht im Zu- bzw. Ablauf	kg/d	Küvettentests
CSB-filt	CSB-Fracht der filtrierten Probe	kg/d	Filtration, Küvettentest
nCSB-F	entfernte CSB-Fracht	kg/d	Berechnung
ÜS _{CSB} - F	CSB-Fracht des Belebtschlammes	kg/d	Berechnung
ÜS _{TS} - F	Trockensubstanzfracht des Belebtschlammes	kg/d	Messung TS
TSe-F	Schwebstofffracht im Ablauf der Kläranlage	kg/d	Messung AFS
ΔTS _{BB}	Veränderung der Trockensubstanz im Belebungsbecken im jeweiligen Beobachtungszeitraum	kg/m³	Veränderung der TS im Beobachtungszeitraum
CSB _{TS}	CSB der Trockensubstanz des Belebtschlammes	kg/m³	Glühverlustbestimmung
OVC - F	Sauerstofffracht, die für die Kohlenstoffatmung verbraucht wird	kg/h	Berechnung
C _t	Konzentration an gelöstem Sauerstoff im Wasser zur Zeit t	mg/L	Messung
C*	Scheinbare Sauerstoffsättigungskonzentration	mg/L	Messung

Datum	C _{CSB,ZU} mg/L	Beschickung L	CSBo-F kg/batch	C _{CSB,AB} mg/L	C _t mg/L	B _{d,O2,AB} kg/h	OVC kg/h	ÜS _{CSB} -F kgCSB/d
5. Okt.	15230	300	4,57	1900				
11:00	C _{CSB,AB}	ΔTS _{BB}	CSBe-F	TS _{BB}	0,131	0,0005	0,1295	1,59
12:00	mg/L	kg/m³	kg/batch	mg/L	0,153	0,0006	0,1294	
13:00	1900	0,2	0,57	6,8	0,136	0,0006	0,1294	nyCSB-F
14:00				ÜS _{TS}	0,278	0,0011	0,1289	4,0= CSBo-F-CSBe-F
15:00				kg/batch	0,196	0,0008	0,1292	3,0 = ÜS _{CSB} -F+OVC-F
16:00				0,5	0,198	0,0008	0,1292	
17:00				TSe-F	0,259	0,0010	0,1290	
18:00				kg/batch	0,216	0,0009	0,1291	
19:00				0,06	0,184	0,0007	0,1293	
20:00				CSB _{TS}	0,185	0,0007	0,1293	
21:00				kg/m³	0,507	0,0021	0,1279	
				7,888		Σ	1,4201	

Datum	C _{CSB,ZU} mg/L	Beschickung L	CSBo-F kg/batch	C _{CSB,AB} mg/L	C _t mg/L	B _{d,O2,AB} kg/h	OV _C kg/h	ÜS _{CSB-F} kgCSB/d
7. Okt.	12720	400	3,80	1600				
11:00	C _{CSB,AB}	ΔTS _{BB}	CSBe-F	TS _{BB}	0,834	0,0034	0,1266	1,66
12:00	mg/L	kg/m³	kg/batch	g/L	0,445	0,0018	0,1282	nCSB-F
13:00	1600	0,2	0,64	5	0,382	0,0015	0,1285	3,16
14:00				TSe-F	0,421	0,0017	0,1283	3,07
15:00				kg/d	0,394	0,0016	0,1284	
16:00				0,12	0,273	0,0011	0,1289	
17:00				CSB _{TS}	0,371	0,0015	0,1285	
18:00				kg/m³	0,559	0,0023	0,1277	
19:00				6,235	0,449	0,0018	0,1282	
20:00				ÜS _{TS-F}	0,927	0,0038	0,1262	
21:00				kg/batch	0,292	0,0012	0,1288	
				0,4		Σ	1,4083	

Datum	C _{CSB,ZU} mg/L	Beschickung L	CSBo-F kg/batch	C _{CSB,AB} mg/L	C _t mg/L	B _{d,O2,AB} kg/h	OV _C kg/h	ÜS _{CSB-F} kgCSB/d
15. Okt.	3740	400	1,50	800				
11:00	C _{CSB,AB}	ΔTS _{BB}	CSBe-F	TS _{BB}	0,841	0,00341	0,1266	0,13
12:00	mg/L	kg/m³	kg/batch	mg/L	0,984	0,00399	0,1260	
13:00	800	0,2	0,32	4,7	1,07	0,00433	0,1257	nCSB-F
14:00				TSe-F	5,17	0,02094	0,1091	1,18
15:00				kg/d	6,14	0,02487	0,1051	1,34
16:00				0,28	6,56	0,02657	0,1034	
17:00				CSB _{TS}	6,55	0,02651	0,1035	
18:00				kg/m³	6,64	0,02691	0,1031	
19:00				5,5	6,76	0,02736	0,1026	
20:00				ÜS _{TS-F}	6,79	0,02748	0,1025	
21:00				kg/batch	7,02	0,02843	0,1016	
				0,16		Σ	1,2092	

Datum	C _{CSB,ZU} mg/L	Beschickung L	CSBo-F kg/batch	C _{CSB,AB} mg/L	C _t mg/L	B _{d,O2,AB} kg/h	OV _C kg/h	ÜS _{CSB-F} kgCSB/d
11. Okt.	10320	250	2,58	1500				
11:00	C _{CSB,AB}	ΔTS _{BB}	CSBe-F	TS _{BB}	0,348	0,00141	0,1586	0,16
12:00	mg/L	kg/m³	kg CSB	mg/L	0,416	0,00168	0,1583	
13:00	1500	0,2	0,38	4,9	0,518	0,0021	0,1579	nCSB-F
14:00				TSe-F	0,520	0,00211	0,1579	2,21 = CSB ₀ -F-CSB ₈ -F
15:00				kg/d	0,437	0,00177	0,1582	1,88 = ÜS _{CSB-F} +OV _{C-F}
16:00				0,125	0,402	0,00163	0,1584	
17:00				CSB _{TS}	0,747	0,00303	0,1570	
18:00				kg/m³	0,501	0,00203	0,1580	αOC
19:00				6,4	0,910	0,00369	0,1563	kgO ₂ /h
20:00				ÜS _{TS-F}	0,884	0,00358	0,1564	0,160
21:00				kg/batch	4,11	0,01663	0,1434	
				0,45		Σ	1,7204	

Datum	Beschickung	CSBo-F	C _{CSB,AB}	C _t	B _{d,O2,AB}	OV _c	ÜS _{CSB-F}
	L	kg/batch	mg/L	mg/L	kg/h	kg/h	kgCSB/d
18. Okt.	400	1,83	1000				
11:00		CSBe-F	TS _{BB}	0,888	0,0035964	0,1214	1,16
12:00		kg CSB	mg/L	1,50	0,006075	0,1189	nyCSB-F
13:00		0,40	4,7	1,69	0,0068445	0,1182	1,43
14:00		ΔTS _{BB}	TSe-F	6,20	0,02511	0,0999	2,27
15:00		kg/m³	kg/d	7,26	0,029403	0,0956	
16:00		0,2	0,12	7,60	0,03078	0,0942	
17:00			CSB _{TS}	7,71	0,0312255	0,0938	
18:00			kg/m³	7,92	0,032076	0,0929	αOC
19:00			4,1	7,96	0,032238	0,0928	kgO ₂ /h
20:00			ÜS _{TS-F}	8,14	0,032967	0,0920	0,125
21:00			kg/batch	7,68	0,031104	0,0939	
			0,4		Σ	1,1136	

Datum	Beschickung	CSBo-F	C _{CSB,AB}	C _t	B _{d,O2,AB}	OV _c	ÜS _{CSB-F}
	L	kg/batch	mg/L	mg/L	kg/h	kg/h	kgCSB/d
20. Okt.	400	4,52	1650				1,50
11:00		ΔTS _{BB}	CSBe-F	1,08	0,004536	0,1255	nCSB
12:00		kg/m³	kg CSB	1,66	0,006972	0,1230	kg/batch
13:00		0,2	3,9	1,57	0,006594	0,1234	3,86
14:00			TSe-F	1,43	0,006006	0,1240	3,89
15:00			kg/d	1,30	0,00546	0,1245	αOC
16:00			0,1	1,72	0,007224	0,1228	kgO ₂ /h
17:00			CSB _{TS}	5,27	0,022134	0,1079	0,130
18:00			kg/m³	6,80	0,02856	0,1014	V _{BB}
19:00			4,5	7,22	0,030324	0,0997	m³
20:00			ÜS _{TS-F}	7,49	0,031458	0,0985	4,2
21:00			kg/batch	7,73	0,032466	0,0975	
22:00			0,350	7,89	0,033138	0,0969	
23:00				8,09	0,033978	0,0960	
00:00				8,25	0,03465	0,0954	
01:00				8,09	0,033978	0,0960	
02:00				8,23	0,034566	0,0954	
03:00				8,38	0,035196	0,0948	
04:00				8,44	0,035448	0,0946	
05:00				8,39	0,035238	0,0948	
06:00				8,50	0,0357	0,0943	
07:00				8,51	0,035742	0,0943	
08:00				8,53	0,035826	0,0942	
09:00				7,92	0,033264	0,0967	
					Σ	2,39	

Datum	Beschickung L	CSBo-F kg/batch	C _{CSB,AB} mg/L	C _t mg/L	B _{d,O2,AB} kg/h	OV _c kg/h	ÜS _{CSB-F} kgCSB/d
25. Okt.	300	2,82	1347				
23:00	ΔTS_{BB}	CSBe-F	TS _{BB}	1,88	0,007614	0,1224	1,26
00:00	kg/m ³	kg CSB	mg/L	1,18	0,004779	0,1252	nCSB
01:00	0,2	0,40	3,9	1,44	0,005832	0,1242	2,42
02:00			TSe-F	1,81	0,0073305	0,1227	2,53
03:00			kg/d	1,97	0,0079785	0,1220	
04:00			0,105	1,68	0,006804	0,1232	
05:00			CSB _{TS}	2,27	0,0091935	0,1208	
06:00			kg/m ³	5,45	0,0220725	0,1079	
07:00			4,5	7,07	0,0286335	0,1014	
08:00			US _{TS}	6,91	0,0279855	0,1020	
09:00			kg/batch	6,75	0,0273375	0,1027	
			0,14		Σ	1,2744	

Datum	Beschickung L	CSBo-F kg/batch	C _{CSB,AB} mg/L	C _t mg/L	B _{d,O2,AB} kg/h	OV _c kg/h	ÜS _{CSB-F} kgCSB/d
21. Sep.	300	1,21	1450				
11:00	ΔTS_{BB}	CSBe-F	TS _{BB}	0,07	0,0002997	0,1297	1,36
12:00	kg/m ³	kg CSB	mg/L	0,07	0,0002673	0,1297	nCSB
13:00	0,2	0,44	4,7	0,06	0,0002309	0,1298	2,78
14:00			TSe-F	0,07	0,0002835	0,1297	0,77
15:00			kg/d	0,06	0,0002228	0,1298	
16:00			0,09	0,04	0,0001458	0,1299	
17:00			CSB _{TS}	0,24	0,0009558	0,1290	
18:00			kg/m ³	0,06	0,0002471	0,1298	
19:00			5,5	0,04	0,0001458	0,1299	
20:00			ÜS _{TS}	0,05	0,0002106	0,1298	
21:00			kg/batch	0,04	0,000158	0,1298	
			0,24		Σ	1,4268	

F

10.3 Sicherheitsdatenblätter

Druckdatum: 11.04.2005

überarbeitet am: 11.04.2005

Angaben zum Produkt

Handelsname: SOLVIN SR

Verwendung des Stoffes / der Zubereitung: Reinigungsmittel

Hersteller/Lieferant:

Calvatis GmbH, D-68526 Ladenburg, Dr. Albert-Reimann-Str. 2

Tel.: +49(0)6203-105 0, Fax: +49(0)6203-105 111

Calvatis GmbH, A-4600 Wels, Bauernstraße 11

Tel.: +43(0)7242-42899 0, Fax: +43(0)7242-42899 22

Homepage: www.calvatis.com

Auskunftgebender Bereich: Calvatis GmbH Deutschland, Abtlg. Labor, Tel.: +49(0)6203-105 170

Notfallauskunft: Calvatis GmbH Deutschland, Tel.: +49(0)6203-105 200

Chemische Charakterisierung:

Lösung von Ätzkalkalien, Phosphaten, Tensiden und Lösungsvermittlern in Wasser.

Inhaltsstoffe

CAS	EC	Gew. %	Symbol	R-Sätze
Kaliumhydroxid				
1310-58-3	215-181-3	1 - 5	C	22-35
Triethanolamin				
102-71-6	203-049-8	1 - 5	Xn	41-48/22
2-(2Butoxyethoxy)ethanol				
112-34-5	203-961-6	1 - 5	Xi	36
Alkylbenzolsulfonat				
		1 - 5	Xi	36/37/38

zusätzl. Hinweise: Der Wortlaut der angeführten Gefahrenhinweise ist dem Kapitel 16 zu entnehmen.

Gefahrenbezeichnung:



Xi Reizend

Besondere Gefahrenhinweise für Mensch und Umwelt:

schwach wassergefährdend

R 36/38 Reizt die Augen und die Haut.

Klassifizierungssystem:

Die Klassifizierung entspricht den aktuellen EG-Listen, ist jedoch ergänzt durch Angaben aus der Fachliteratur und durch Firmenangaben.

Allgemeine Hinweise: Verunreinigte Kleidungsstücke entfernen.

Nach Einatmen:

Nicht wahrscheinlich.

Bei Exposition Nase und Mund mit Wasser spülen - Arzt hinzuziehen.

Nach Hautkontakt: Sofort mit Wasser und Seife abwaschen und gut nachspülen.

Nach Augenkontakt:

Augen bei geöffnetem Lidspalt mehrere Minuten unter fließendem Wasser abspülen und Arzt konsultieren.

Nach Verschlucken:

Mund ausspülen und reichlich Wasser nachtrinken.

Ärztlicher Behandlung zuführen.

(Fortsetzung auf Seite 2)

Sicherheitsdatenblatt gemäß 2001/58/EG

Seite: 2/4

Druckdatum: 11.04.2005

überarbeitet am: 11.04.2005

Handelsname: **SOLVIN SR**

(Fortsetzung von Seite 1)

Geeignete Löschmittel:

Feuerlöschmaßnahmen auf die Umgebung abstimmen.
CO₂, Löschpulver oder Wassersprühstrahl. Größeren Brand mit Wassersprühstrahl oder alkoholbeständigem Schaum bekämpfen.

Besondere Gefährdung durch den Stoff, seine Verbrennungsprodukte oder entstehende Gase:

Kohlenmonoxid (CO)

Schwefeloxide (SO_x)

Besondere Schutzausrüstung: Umgebungsluftunabhängiges Atemschutzgerät tragen.

Weitere Angaben: Produkt selbst brennt nicht.

Personenbezogene Vorsichtsmaßnahmen: Persönliche Schutzkleidung tragen.

Umweltschutzmaßnahmen: Nicht in die Kanalisation/Oberflächenwasser/Grundwasser gelangen lassen.

Verfahren zur Reinigung/Aufnahme:

Mit flüssigkeitsbindendem Material (Sand, Kieselgur, Universalbinder, Sägemehl) aufnehmen.
Das aufgenommene Material vorschriftsmäßig entsorgen.

Handhabung:

Hinweise zum sicheren Umgang:

Behälter dicht geschlossen halten.

Nicht mit anderen Produkten mischen.

Hinweise zum Brand- und Explosionsschutz: Keine besonderen Maßnahmen erforderlich.

Lagerung:

Anforderung an Lagerräume und Behälter:

Die behördlichen Vorschriften für das Lagern von wassergefährdenden Stoffen sind zu beachten.

Weitere Angaben zu den Lagerbedingungen: Vor Frost schützen.

Bestandteile mit arbeitsplatzbezogenen, zu überwachenden Grenzwerten (TRGS 900):

CAS-NR Bezeichnung des Stoffes Art Wert Einheit

112-34-5 Butyldiglykol

MAK 100 mg/m³

Y; DFG

102-71-6 Triethanolamin

MAK 5 E mg/m³

S

Zusätzliche Hinweise: Als Grundlage dienen die bei der Erstellung gültigen Listen.

Persönliche Schutzausrüstung:

Allgemeine Schutz- und Hygienemaßnahmen:

Die üblichen Vorsichtsmaßnahmen beim Umgang mit Chemikalien sind zu beachten.

Von Nahrungsmitteln, Getränken und Futtermitteln fernhalten.

Beschmutzte, getränkte Kleidung sofort ausziehen.

Atemschutz: Atemschutz nur bei Aerosol- oder Nebelbildung.

Handschutz:

Chemikalienschutzhandschuhe aus Butylkautschuk oder Nitrilkautschuk der Kategorie III gemäß EN 347.

Beachten Sie die Angaben der Hersteller zur Durchlässigkeit und Durchbruchzeiten sowie die besonderen Bedingungen am Arbeitsplatz (mechanische Belastung, Kontaktdauer).

Handschuhmaterial

Schutzhandschuhe z.B. aus Nitril oder Chloropren/Neopren.

Die Auswahl eines geeigneten Handschuhs ist nicht nur vom Material, sondern auch von weiteren Qualitätsmerkmalen abhängig und von Hersteller unterschiedlich.

Durchdringungszeit des Handschuhmaterials

Die genaue Durchbruchzeit ist beim Schutzhandschuhhersteller zu erfahren und einzuhalten.

Augenschutz: Dichtschließende Schutzbrille.

Körperschutz: Arbeitsschutzkleidung empfehlenswert.

(Fortsetzung auf Seite 3)

Seite 3/4

Sicherheitsdatenblatt
gemäß 2001/58/EG

Druckdatum: 11.04.2005

überarbeitet am: 11.04.2005

Handelsname: SOLVIN SR

(Fortsetzung von Seite 2)

Allgemeine Angaben

Form:	flüssig
Farbe:	farblos bis gelblich
Geruch:	nach Tensid

Zustandsänderung
Schmelzpunkt/Schmelzbereich: < 0°C

Flammpunkt: nicht anwendbar

Dichte bei 20°C: 1,11 g/cm³

Löslichkeit in / Mischbarkeit mit Wasser: vollständig mischbar

pH-Wert (10 g/l) bei 20°C: 11,8

Thermische Zersetzung / zu vermeidende Bedingungen:

Keine Zersetzung bei bestimmungsgemäßer Verwendung.

Gefährliche Reaktionen: Stark exotherme Reaktion mit Säuren.

Gefährliche Zersetzungsprodukte: Keine gefährlichen Zersetzungsprodukte bekannt.

Akute Toxizität: Keine Prüfdaten für die Zubereitung vorhanden.

Primäre Reizwirkung:

an der Haut: Reizt die Haut und die Schleimhäute.

am Auge: Reizwirkung

Sensibilisierung: Keine sensibilisierende Wirkung bekannt.

Zusätzliche toxikologische Hinweise:

Die toxikologische Bewertung der Zubereitung erfolgte gemäß Berechnungsverfahren nach GefStoffV / EU-Zubereitungsrichtlinie.

Allgemeine Hinweise:

Nicht unverdünnt bzw. in größeren Mengen in das Grundwasser, in Gewässer oder in die Kanalisation gelangen lassen.

Falls Produkt unbehandelt in Gewässer gelangt, schädliche Wirkung auf Fische und Wasserorganismen möglich (pH-Verschiebung).

Tenside sind entsprechend den Anforderungen der RVO zum Wasch- und Reinigungsmittelgesetz durchschnittlich zu mindestens 90% biologisch abbaubar.

Produkt:

Empfehlung: Produktreste müssen unter Beachtung behördlicher Vorschriften entsorgt werden.

Abfallschlüsselnummer:

Der genannte herkunftsbezogene Abfallschlüssel nach dem europäischen Abfallartenkatalog (AVV) ist eine Empfehlung. Aufgrund der verschiedenen Einsatzmöglichkeiten beim Verwender muß u.U. eine andere Abfallschlüsselnummer zugeordnet werden.

Europäischer Abfallkatalog

Gruppe: Abfälle aus der Herstellung, Zubereitung, Vertrieb und Anwendung (HZVA) von Fetten, Schmiermitteln, Seifen, Waschmittel, Desinfektionsmitteln und Körperpflegemitteln.

Bezeichnung: andere Reaktions- und Destillationsrückstände

Schlüssel: 07 06 08

Ungereinigte Verpackungen:

Kontaminierte Verpackungen sind optimal zu entleeren, sie können dann nach entsprechender Reinigung einer Wiederverwertung zugeführt werden.

Empfehlung: Entsorgung gemäß den behördlichen Vorschriften.

(Fortsetzung auf Seite 4)

Handelsname: **SOLVIN SR**

(Fortsetzung von Seite 3)

Landtransport Straße GGVS/ADR und Schiene GGVE/RID
(national/international):



ADR/RID-Klasse:	8 (C5) Ätzende Stoffe
Gefahrkennzeichnungs-Nr. (Kemler-Zahl):	80
Stoffkennzeichnungs-Nr. (UN-Nr.):	1814
Verpackungsgruppe:	III
Gefahrzettel:	8
Bezeichnung des Gutes:	1814 KALIUMHYDROXIDLÖSUNG
Klasse:	-
UN-Nummer:	1814
Richtiger technischer Name:	POTASSIUM HYDROXIDE SOLUTION

Kennzeichnung nach EG-Richtlinien: Das Produkt ist nach EG-Richtlinien gekennzeichnet.

Kennbuchstabe und Gefahrenbezeichnung des Produktes:



Xi Reizend

Gefahrbestimmende Komponenten zur Etikettierung: Kaliumhydroxid

R-Sätze:

36/38 Reizt die Augen und die Haut.

S-Sätze:

- 26 Bei Berührung mit den Augen sofort gründlich mit Wasser abspülen und Arzt konsultieren.
- 28 Bei Berührung mit der Haut sofort abwaschen mit viel Wasser
- 37/39 Bei der Arbeit geeignete Schutzhandschuhe und Schutzbrille/Gesichtsschutz tragen.
- 46 Bei Verschlucken sofort ärztlichen Rat einholen und Verpackung oder Etikett vorzeigen.

Inhaltsstoffangabe gemäß EG-Empfehlung 89/542:

- 5 - 15 %
 - : Phosphate
- < 5 %
 - : nichtionische Tenside
 - : anionische Tenside
- sonstige
 - : Alkalien
 - : Lösungsvermittler

Nationale Vorschriften:

Wassergefährdungsklasse (Deutschland): WGK 1 (Selbsteinstufung): schwach wassergefährdend.

Die vorstehenden Angaben stützen sich auf den heutigen Stand unserer Kenntnisse, sie stellen jedoch keine Zusicherung von Produkteigenschaften dar.

Wortlaut der R-Sätze im Kapitel 2 und 3:

- R 22 Gesundheitsschädlich beim Verschlucken
- R 35 Verursacht schwere Verätzungen
- R 36 Reizt die Augen
- R 37 Reizt die Atmungsorgane
- R 38 Reizt die Haut
- R 41 Gefahr ernster Augenschäden
- R 48 Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition

Datenblatt ausstellender/verantwortlicher Bereich: Calvatis GmbH Deutschland, Abteilung Labor

Interner Vermerk: KC-825323d

Daten gegenüber der Vorversion geändert

Angaben zum Produkt

Handelsname: calgonit CF 301

Verwendung des Stoffes / der Zubereitung: Reinigungs- und Desinfektionsmittel

Hersteller/Lieferant:

Calvatis GmbH, D-68526 Ladenburg, Dr. Albert-Reimann-Str. 2
Tel.: +49(0)6203-105 0, Fax: +49(0)6203-105 111

Calvatis GmbH, A-4600 Wels, Bauernstraße 11
Tel.: +43(0)7242-42899 0, Fax: +43(0)7242-42899 22

Homepage: www.calvatis.com

Auskunftgebender Bereich: Calvatis GmbH Deutschland, Abtlg. Labor, Tel.: +49(0)6203-105 170

Notfallauskunft: Calvatis GmbH Deutschland, Tel.: +49(0)6203-105 200

Chemische Charakterisierung:

Lösung von Ätzalkalien, Phosphaten, Tensiden, Natriumhypochlorit in Wasser.

Inhaltsstoffe

CAS	EC	Gew. %	Symbol	R-Sätze
Kaliumhydroxid				
1310-58-3	215-181-3	5 - 15	C	22-35
Natriumhypochlorit (als aktiv Cl)				
7681-52-9	231-668-3	1 - 5	C	31-34
Trialkylaminoxid				
70592-80-2	274-687-2	1 - 5	C,N	34-50
Alkylsulfonat				
85711-69-9		1 - 5	Xi	38-41

zusätzl. Hinweise: Der Wortlaut der angeführten Gefahrenhinweise ist dem Kapitel 16 zu entnehmen.

Gefahrenbezeichnung:



C Ätzend

Besondere Gefahrenhinweise für Mensch und Umwelt:

Vorsicht, nicht zusammen mit anderen Produkten verwenden, da gefährliche Gase (Chlor) freigesetzt werden können.

wassergefährdend

R 31 Entwickelt bei Berührung mit Säure giftige Gase.

R 35 Verursacht schwere Verätzungen.

Klassifizierungssystem:

Die Klassifizierung entspricht den aktuellen EG-Listen, ist jedoch ergänzt durch Angaben aus der Fachliteratur und durch Firmenangaben.

Allgemeine Hinweise: Mit Produkt verunreinigte Kleidungsstücke unverzüglich entfernen.

Nach Einatmen: Reichlich Frischluftzufuhr und sicherheitshalber Arzt aufsuchen.

Nach Hautkontakt: Sofort mit Wasser und Seife abwaschen und gut nachspülen.

Nach Augenkontakt:

Augen bei geöffnetem Lidspalt mehrere Minuten unter fließendem Wasser abspülen und Arzt konsultieren.

Nach Verschlucken:

Mund ausspülen und reichlich Wasser nachtrinken.

(Fortsetzung auf Seite 2)

Druckdatum: 05.07.2004

überarbeitet am: 05.07.2004

Handelsname: calgonit CF 301

Ärztlicher Behandlung zuführen.

(Fortsetzung von Seite 1)

Geeignete Löschmittel:

Feuerlöschmaßnahmen auf die Umgebung abstimmen.
CO₂, Löschpulver oder Wassersprühstrahl. Größeren Brand mit Wassersprühstrahl oder alkoholbeständigem Schaum bekämpfen.

Besondere Gefährdung durch den Stoff, seine Verbrennungsprodukte oder entstehende Gase:

Bei Kontakt mit Säuren Freisetzung von Chlor möglich.

Besondere Schutzausrüstung: Atemschutzgerät anlegen.

Weitere Angaben:

Produkt selbst brennt nicht.

Gefährdete Behälter mit Wassersprühstrahl kühlen.

Kontaminiertes Löschwasser getrennt sammeln, darf nicht in die Kanalisation gelangen.

Personenbezogene Vorsichtsmaßnahmen:

Persönliche Schutzkleidung tragen.

Bei Chlorfreisetzung Atemschutzgerät anlegen.

Umweltschutzmaßnahmen: Nicht in die Kanalisation oder in Gewässer gelangen lassen.

Verfahren zur Reinigung/Aufnahme:

Mit flüssigkeitsbindendem Material (Sand, Kieselgur, Universalbinder, Sägemehl) aufnehmen.

Das aufgenommene Material vorschriftsmäßig entsorgen.

Handhabung:

Hinweise zum sicheren Umgang:

Nicht mit anderen Produkten, insbesondere Säuren, mischen.

Behälter nicht gasdicht verschließen. Anlieferungsgebinde haben

Entgasungsventil.

Hinweise zum Brand- und Explosionsschutz: Keine besonderen Maßnahmen erforderlich.

Lagerung:

Anforderung an Lagerräume und Behälter:

Die behördlichen Vorschriften für das Lagern von wassergefährdenden

Stoffen sind zu beachten.

Zusammenlagerungshinweise: Nicht zusammen mit Säuren lagern.

Weitere Angaben zu den Lagerbedingungen:

Kühl lagern.

Vor Hitze und direkter Sonnenbestrahlung schützen.

Bestandteile mit arbeitsplatzbezogenen, zu überwachenden Grenzwerten (TRGS 900):

CAS-NR Bezeichnung des Stoffes Art Wert Einheit

7681-52-9 Natriumhypochlorit

Kein Grenzwert für Deutschland festgelegt. Bei Chloremission Grenzwert für Chlor beachten.

7782-50-5 Chlor

MAK 1,5 mg/m³, 0,5 ml/m³

Y; DFG

Zusätzliche Hinweise: Als Grundlage dienen die bei der Erstellung gültigen Listen.

Persönliche Schutzausrüstung:

Allgemeine Schutz- und Hygienemaßnahmen:

Die üblichen Vorsichtsmaßnahmen beim Umgang mit Chemikalien sind zu beachten.

Von Nahrungsmitteln, Getränken und Futtermitteln fernhalten.

Beschmutzte, getränkte Kleidung sofort ausziehen.

Atemschutz: nicht erforderlich.

Handschutz:

Chemikalienschutzhandschuhe aus Butylkautschuk oder Nitrilkautschuk der Kategorie III gemäß EN 347.

Beachten Sie die Angaben der Hersteller zur Durchlässigkeit und Durchbruchzeiten sowie die besonderen Bedingungen am Arbeitsplatz (mechanische Belastung, Kontaktdauer).

(Fortsetzung auf Seite 3)

Seite 3/3

Sicherheitsdatenblatt
gemäß 2001/58/EG

Druckdatum: 05.07.2004

überarbeitet am: 05.07.2004

Handelsname: calgonit CF 301

(Fortsetzung von Seite 2)

Handschuhmaterial

Die Auswahl eines geeigneten Handschuhs ist nicht nur vom Material, sondern auch von weiteren Qualitätsmerkmalen abhängig und von Hersteller zu Hersteller unterschiedlich. Da das Produkt eine Zubereitung aus mehreren Stoffen darstellt, ist die Beständigkeit von Handschuhmaterialien nicht vorausberechenbar und muß deshalb vor dem Einsatz überprüft werden.

Durchdringungszeit des Handschuhmaterials

Die genaue Durchbruchzeit ist beim Schutzhandschuhhersteller zu erfahren und einzuhalten.

Augenschutz: Dichtschließende Schutzbrille.

Körperschutz: Arbeitsschutzkleidung.

Allgemeine Angaben

Form:	flüssig
Farbe:	gelblich
Geruch:	schwach nach Tensid chlorartig

Zustandsänderung

Siedepunkt/Siedebereich: > 100°C

Kristallisationstemperatur/-bereich: < -10°C

Flammpunkt: nicht anwendbar

Dichte bei 20°C: 1,18 g/cm³

Löslichkeit in / Mischbarkeit mit

Wasser: vollständig mischbar

pH-Wert (10 g/l) bei 20°C: 12,1

Thermische Zersetzung / zu vermeidende Bedingungen:

Bei Erwärmung langsame Abspaltung von Sauerstoff.

Zu vermeidende Stoffe: Säuren

Gefährliche Reaktionen:

Reaktionen mit unedlen Metallen unter Wasserstoffentwicklung.

Kontakt mit Säuren setzt giftige Gase frei.

Gefährliche Zersetzungsprodukte: Chlor (bei Säureeinwirkung)

Akute Toxizität: Keine Prüfdaten für die Zubereitung vorhanden.

Primäre Reizwirkung:

an der Haut: Starke Ätzwirkung auf Haut und Schleimhäute.

am Auge: Starke Ätzwirkung

Sensibilisierung: Keine sensibilisierende Wirkung bekannt.

Zusätzliche toxikologische Hinweise:

Bei Verschlucken starke Ätzwirkung des Mundraumes und Rachens sowie Gefahr der Perforation der Speiseröhre und des Magens.

Infolge Säureeinwirkung freigesetzte Chlordämpfe können zu schweren Schäden der Augen und Atemwege führen.

Die toxikologische Bewertung der Zubereitung erfolgte gemäß Berechnungsverfahren nach GefStoffV / EU-Zubereitungsrichtlinie.

CSB-Wert: 50 g O₂/kg Produkt

AOX-Hinweis: Produkt wirkt halogenierend und kann zum AOX-Wert beitragen.

Allgemeine Hinweise:

Das Produkt enthält Laugen und Natriumhypochlorit. Vor Einleitung des Abwassers ist in der Regel Neutralisation und Chlorzerstörung erforderlich.

Falls Produkt unbehandelt in Gewässer gelangt sind schädliche Wirkung auf Fische und Wasserorganismen durch pH-Wert Verschiebung und Chlorkreislauf möglich.

(Fortsetzung auf Seite 4)

Handelsname: calgonit CF 301

(Fortsetzung von Seite 3)

Tenside sind entsprechend den Anforderungen der RVO zum Wasch- und Reinigungsmittelgesetz durchschnittlich zu mindestens 90% biologisch abbaubar.

Produkt:

Empfehlung: Produktreste müssen unter Beachtung behördlicher Vorschriften entsorgt werden.

Abfallschlüsselnummer:

Der genannte herkunftsbezogene Abfallschlüssel nach dem europäischen Abfallartenkatalog (AVV) ist eine Empfehlung. Aufgrund der verschiedenen Einsatzmöglichkeiten beim Verwender muß u.U. eine andere Abfallschlüsselnummer zugeordnet werden.

Europäischer Abfallkatalog

Gruppe: Abfälle aus der Herstellung, Zubereitung, Vertrieb und Anwendung (HZVA) von Fetten, Schmiermitteln, Seifen, Waschmittel, Desinfektionsmitteln und Körperpflegemitteln.

Bezeichnung: andere Reaktions- und Destillationsrückstände

Schlüssel: 07 06 08

Ungereinigte Verpackungen:

Kontaminierte Verpackungen sind optimal zu entleeren, sie können dann nach entsprechender Reinigung einer Wiederverwertung zugeführt werden.

Nicht reinigungsfähige Verpackungen sind wie der Stoff zu entsorgen.

Empfehlung: Entsorgung gemäß den behördlichen Vorschriften.

**Landtransport Straße GGVS/ADR und Schiene GGVE/RID
(national/international):**



ADR/RID-Klasse:

8 (C5) Ätzende Stoffe

**Gefahrkennzeichnungs-Nr.
(Kemler-Zahl):**

80

**Stoffkennzeichnungs-Nr.
(UN-Nr.):**

1719

Verpackungsgruppe:

III

Gefahrzettel:

8

Bezeichnung des Gutes:

1719 ÄTZENDER ALKALISCHER FLÜSSIGER STOFF, N.A.G.
(enthält Kaliumhydroxid und Natriumhypochlorit)

UN-Nummer:

1719

Richtiger technischer Name: CAUSTIC ALKALI LIQUID, N.O.S.

Kennzeichnung nach EG-Richtlinien:

Das Produkt ist nach aktuellen EG-Richtlinien/GefStoffV eingestuft und gekennzeichnet.

Kennbuchstabe und Gefahrenbezeichnung des Produktes:



C Ätzend

Gefahrbestimmende Komponenten zur Etikettierung:

Kaliumhydroxid

Natriumhypochlorit

R-Sätze:

31 Entwickelt bei Berührung mit Säure giftige Gase.

35 Verursacht schwere Verätzungen.

S-Sätze:

26 Bei Berührung mit den Augen sofort gründlich mit Wasser abspülen und Arzt konsultieren.

27/28 Bei Berührung mit der Haut beschmutzte Kleidung sofort ausziehen und Haut sofort abwaschen mit viel Wasser

36/37/39 Bei der Arbeit geeignete Schutzkleidung, Schutzhandschuhe und Schutzbrille/Gesichtsschutz tragen.

(Fortsetzung auf Seite 5)

Sicherheitsdatenblatt
gemäß 2001/58/EG

Seite: 4/4

Druckdatum: 05.07.2004

überarbeitet am: 05.07.2004

Handelsname: calgonit CF 301

(Fortsetzung von Seite 4)

- 45 Bei Unfall oder Unwohlsein sofort Arzt zuziehen (wenn möglich, dieses Etikett vorzeigen).
50 Nicht mischen mit Säuren

Inhaltsstoffangabe gemäß EG-Empfehlung 89/542:

< 5 %

- : Bleichmittel auf Chlorbasis (als aktiv Cl)
- : nichtionische Tenside
- : anionische Tenside
- : Phosphate (als P)

Nationale Vorschriften:

Wassergefährdungsklasse (Deutschland): WGK 2 (Selbsteinstufung): wassergefährdend.

Die vorstehenden Angaben stützen sich auf den heutigen Stand unserer Kenntnisse, sie stellen jedoch keine Zusicherung von Produkteigenschaften dar.

Wortlaut der R-Sätze im Kapitel 2 und 3:

- R 22 Gesundheitsschädlich beim Verschlucken
- R 31 Entwickelt bei Berührung mit Säure sehr giftige Gase
- R 34 Verursacht Verätzungen
- R 35 Verursacht schwere Verätzungen
- R 38 Reizt die Haut
- R 41 Gefahr ernster Augenschäden
- R 50 Sehr giftig für Wasserorganismen

Datenblatt ausstellender/verantwortlicher Bereich: Calvatis GmbH Deutschland, Abteilung Labor

Änderungshinweise:

Interner Vermerk: KC-255284h

*** Daten gegenüber der Vorversion geändert**

SICHERHEITSDATENBLATT nach EG-Richtlinie 2001/58/EG**KALIUMSORBAT GRAN. CHIN. KT25KG**Version 1.0
Überarbeitet am 20.07.2006

Druckdatum 27.07.2006

1. STOFF-/ZUBEREITUNGS- UND FIRMENBEZEICHNUNG**Produktinformation**

Handelsname	:	KALIUMSORBAT GRAN. CHIN. KT25KG
Verwendung	:	Industriechemikalie
Lieferant	:	Brenntag CEE GmbH Brückengasse 1 AT 1060 Wien
Auskunftsgebender Bereich	:	
Telefon	:	+43 (1) 599 9 50
Telefax	:	+43 (1) 597 0 200
Notrufnummer	:	Vergiftungsinformationszentrale: +43 (1) 406 43 43

2. ZUSAMMENSETZUNG/ANGABEN ZU BESTANDTEILEN**Gefährliche Inhaltsstoffe**

Kalium-(E,E)-hexa-2,4-dienoat	Konzentration: <= 100,00 %
CAS-Nr.: 24634-61-5	EG-Nr.: 246-376-1
Einstufung: Xi; R36/38	

Den vollen Wortlaut der hier genannten R-Sätze finden Sie in Abschnitt 16.

3. MÖGLICHE GEFAHREN**Gefahrenhinweise für Mensch und Umwelt**

Xi R36/38 Reizt die Augen und die Haut.

4. ERSTE-HILFE-MASSNAHMEN

Allgemeine Hinweise	:	Beschmutzte Kleidung und Schuhe sofort ausziehen. An die frische Luft gehen.
Einatmen	:	An die frische Luft bringen. Bei anhaltenden Beschwerden einen Arzt aufsuchen.
Hautkontakt	:	Bei Berührung mit der Haut sofort abwaschen mit viel Seife und Wasser. Bei anhaltenden Beschwerden einen Arzt aufsuchen.
Augenkontakt	:	Sorgfältig mit viel Wasser ausspülen, auch unter den Augenlidern. Bei anhaltenden Beschwerden einen Arzt aufsuchen.
Verschlucken	:	Mund mit Wasser ausspülen und reichlich Wasser nachtrinken. Bei anhaltenden Beschwerden einen Arzt aufsuchen.

SICHERHEITSDATENBLATT nach EG-Richtlinie 2001/58/EG

KALIUMSORBAT GRAN. CHIN. KT25KG

Version 1.0
Überarbeitet am 20.07.2006

Druckdatum 27.07.2006

5. MASSNAHMEN ZUR BRANDBEKÄMPFUNG

- | | | |
|--|---|---|
| Geeignete Löschmittel | : | Schaum; Kohlendioxid (CO ₂); Löschpulver; Sprühwasser |
| Aus Sicherheitsgründen ungeeignete Löschmittel | : | Wasservollstrahl |
| Besondere Gefahren bei der Brandbekämpfung | : | Im Brandfall können folgende gefährliche Zerfallprodukte entstehen: Kohlenmonoxid; giftiger Metalloxidrauch |
| Besondere Schutzausrüstung bei der Brandbekämpfung | : | Im Brandfall umgebungsluftunabhängiges Atemschutzgerät tragen. Persönliche Schutzausrüstung tragen. |
| Zusätzliche Hinweise | : | Geschlossene Behälter in Nähe des Brandherdes mit Wassersprühnebel kühlen. |

6. MASSNAHMEN BEI UNBEABSICHTIGTER FREISETZUNG

- | | | |
|-------------------------------------|---|--|
| Personenbezogene Vorsichtsmaßnahmen | : | Staubbildung vermeiden. Berührung mit den Augen und der Haut vermeiden. Persönliche Schutzausrüstung tragen. |
| Umweltschutzmaßnahmen | : | Nicht in Oberflächengewässer oder Kanalisation gelangen lassen. |
| Verfahren zur Reinigung | : | Mechanisch aufnehmen. Staubbildung vermeiden. Zur Entsorgung in geeignete und verschlossene Behälter geben. |

7. HANDHABUNG UND LAGERUNG

Handhabung

- | | | |
|--|---|--|
| Hinweise zum sicheren Umgang | : | Behälter dicht geschlossen halten. Staubbildung vermeiden. Kontakt mit Haut, Augen und Kleidung vermeiden. Für ausreichenden Luftaustausch und/oder Absaugung in den Arbeitsräumen sorgen. |
| Hinweise zum Brand- und Explosionsschutz | : | Übliche Maßnahmen des vorbeugenden Brandschutzes. Von Zündquellen fernhalten - Nicht rauchen. Maßnahmen gegen elektrostatische Aufladungen treffen. Bei der Verarbeitung des Produkts können Stäube ein explosionsfähiges Gemisch mit Luft bilden. |

Lagerung

- | | | |
|--|---|---|
| Anforderungen an Lagerräume und Behälter | : | Behälter dicht geschlossen an einem trockenen, kühlen und gut gelüfteten Ort aufbewahren. |
| Zusammenlagerungshinweise | : | nicht erforderlich |

SICHERHEITSDATENBLATT nach EG-Richtlinie 2001/58/EG

KALIUMSORBAT GRAN. CHIN. KT25KG

Version 1.0
Überarbeitet am 20.07.2006

Druckdatum 27.07.2006

8. EXPOSITIONSBEGRENZUNG UND PERSÖNLICHE SCHUTZAUSRÜSTUNGEN

Bestandteile mit arbeitsplatzbezogenen, zu überwachenden Grenzwerten

Enthält keine Stoffe mit Arbeitsplatzgrenzwerten.

Persönliche Schutzausrüstung

Atemschutz
Handschutz

Erforderlich bei Auftreten von Stäuben; Staubschutzmaske
Geeignete Schutzhandschuhe tragen. Das Handschuhmaterial muss undurchlässig und beständig gegen das Produkt / den Stoff / die Zubereitung sein. Auswahl des Handschuhmaterials unter Beachtung der Durchbruchzeiten, Permeationsraten und der Degradation. Die Auswahl eines geeigneten Handschuhs ist nicht nur vom Material, sondern auch von weiteren Qualitätsmerkmalen abhängig und von Hersteller zu Hersteller verschieden. Die genaue Durchbruchzeit ist beim Schutzhandschuhhersteller zu erfahren und einzuhalten.

Material	Materialstärke	Durchdringungszeit
Naturkautschuk	0,5 mm	> 480 min
Polychloropren	0,5 mm	> 480 min
Nitrilkautschuk	0,35 mm	> 480 min
Butylkautschuk	0,5 mm	> 480 min
Fluorkautschuk	0,4 mm	> 480 min
Polyvinylchlorid	0,5 mm	> 480 min

Augenschutz
Körperschutz
Hygienemaßnahmen

Schutzbrille
Schutzbekleidung
Die beim Umgang mit Chemikalien üblichen Vorsichtsmaßnahmen sind zu beachten. Staub nicht einatmen. Berührung mit den Augen und der Haut vermeiden. Bei der Arbeit nicht essen, trinken, rauchen. Von Nahrungsmitteln, Getränken und Futtermitteln fernhalten. Vor den Pausen und bei Arbeitsende Hände waschen.

Technische Schutzmaßnahmen

Siehe Schutzmaßnahmen unter Punkt 7 und 8.

9. PHYSIKALISCHE UND CHEMISCHE EIGENSCHAFTEN

Erscheinungsbild

Form : fest
Farbe : weiß
Geruch : geruchlos

Sicherheitsrelevante Daten

SICHERHEITSDATENBLATT nach EG-Richtlinie 2001/58/EG**KALIUMSORBAT GRAN. CHIN. KT25KG**Version 1.0
Überarbeitet am 20.07.2006

Druckdatum 27.07.2006

Schmelzpunkt/Schmelzbereich	: ca. 270 °C
Flammpunkt	: nicht anwendbar
Entzündlichkeit (fest, gasförmig)	: nicht entzündlich
Zündtemperatur	: > 180 °C
Explosionsgefahr	: Das Produkt ist nicht explosionsgefährlich.
Dichte	: 1,36 g/cm ³ ; 20 °C
Schüttdichte	: 370 kg/m ³
Wasserlöslichkeit	: 1.400 g/l; 20 °C
pH-Wert	: 8 - 11; 1.400 g/l; 20 °C

10. STABILITÄT UND REAKTIVITÄT

Zu vermeidende Bedingungen	: Vermeidung hoher Temperaturen.
Zu vermeidende Stoffe	: Unverträglich mit Oxidationsmitteln.
Gefährliche Zersetzungsprodukte	: Kohlendioxid (CO ₂); Kohlenmonoxid
Gefährliche Reaktionen	: Unverträglich mit Oxidationsmitteln.
Allgemeine Hinweise	: Keine Zersetzung bei bestimmungsgemäßer Verwendung. Zur Vermeidung thermischer Zersetzung nicht überhitzen.

11. ANGABEN ZUR TOXIKOLOGIE

Verschlucken	: LD50 Ratte 4.200 mg/kg Literaturwert
Hautkontakt	: Reizt die Haut.
Augenkontakt	: Reizt die Augen.
Sensibilisierung	: Keine sensibilisierende Wirkung bekannt.

12. ANGABEN ZUR ÖKOLOGIE**Angaben zur Elimination (Persistenz und Abbaubarkeit)**

Biologische Abbaubarkeit	: Biologisch abbaubar
--------------------------	-----------------------

Weitere Angaben zur Ökologie

Sonstige ökologische Hinweise	: Nicht in Oberflächengewässer oder Kanalisation gelangen lassen.
-------------------------------	---

SICHERHEITSDATENBLATT nach EG-Richtlinie 2001/58/EG

KALIUMSORBAT GRAN. CHIN. KT25KG

Version 1.0
Überarbeitet am 20.07.2006

Druckdatum 27.07.2006

13. HINWEISE ZUR ENTSORGUNG

- | | | |
|------------|---|--|
| Produkt | : | Ein Entsorgen zusammen mit normalem Abfall ist nicht erlaubt. Eine spezielle Entsorgung gemäss lokalen gesetzlichen Vorschriften ist erforderlich. Nicht in die Kanalisation gelangen lassen. Unter Beachtung der örtlichen und nationalen gesetzlichen Vorschriften als Sonderabfall entsorgen. |
| Verpackung | : | Wie ungebrauchtes Produkt entsorgen. Unter Beachtung der örtlichen behördlichen Bestimmungen beseitigen. |

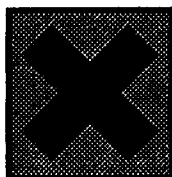
14. ANGABEN ZUM TRANSPORT

ADR: Kein Gefahrgut
RID: Kein Gefahrgut
IMDG: Kein Gefahrgut
IATA: Kein Gefahrgut

15. VORSCHRIFTEN

Kennzeichnung gemäß EG-Richtlinien

Das Produkt ist nach EG-Richtlinien oder den jeweiligen nationalen Gesetzen eingestuft und gekennzeichnet.



Xi Reizend

R-Sätze R36/38

Reizt die Augen und die Haut.

S-Sätze S24/25

Berührung mit den Augen und der Haut vermeiden.

Nationale Vorschriften

- | | | |
|---------------------|---|--|
| Abfallschlüssel Nr. | : | 51540 |
| Vorschrift | : | Die Einstufung gemäß österreichischem Chemikaliengesetz BGBl. I 53/1997 ist ident mit der Einstufung gemäß |

SICHERHEITSDATENBLATT nach EG-Richtlinie 2001/58/EG**KALIUMSORBAT GRAN. CHIN. KT25KG**

Version 1.0
Überarbeitet am 20.07.2006

Druckdatum 27.07.2006

EG-Richtlinie.

16. SONSTIGE ANGABEN

Vollständiger Wortlaut der in den Kapiteln 2 und 3 aufgeführten R-Sätze

R36/38 Reizt die Augen und die Haut.

Weitere Information

Die Angaben in diesem Sicherheitsdatenblatt entsprechen nach bestem Wissen unseren Erkenntnissen zum Zeitpunkt der Überarbeitung. Die Informationen sollen Ihnen Anhaltspunkte für den sicheren Umgang mit dem in diesem Sicherheitsdatenblatt genannten Produkt bei Lagerung, Verarbeitung, Transport und Entsorgung geben. Die Angaben sind nicht übertragbar auf andere Produkte. Soweit das in diesem Sicherheitsdatenblatt genannte Produkt mit anderen Materialien vermengt, vermischt oder verarbeitet wird, oder einer Bearbeitung unterzogen wird, können die Angaben in diesem Sicherheitsdatenblatt, soweit sich hieraus nicht ausdrücklich etwas anderes ergibt, nicht auf das so gefertigte neue Material übertragen werden. Nur für den gewerblichen Verwender. Achtung - Exposition vermeiden - Vor Gebrauch besondere Anweisungen einholen.

Dieses Sicherheitsdatenblatt enthält nur sicherheitsrelevante Angaben und ersetzt keine Produktinformation oder Produktspezifikation.

Sektion wurde überarbeitet.

10.4 Curriculum Vitae



PERSÖNLICHE DATEN

Geburtsort und –Datum: Schladming, am 1. März 1981
 Familienstand: ledig

SCHUL- UND AKADEMISCHE AUSBILDUNG

September 1987 bis Juli 1991	Volkschule Irdning
September 1991 bis Juni 1999	Bundesrealgymnasium Stainach
1. Juli 1999	Matura am BRG Stainach
Oktober 2000 bis Juli 2001	Universität Wien Studienrichtung Physik und Spanisch Lehramt
August 2001 bis Juni 2002	Auslandsjahr in Venezuela an der Universidad de los Andes, Estado Tachira in San Cristobal;
Oktober 2002 bis dato	Universität für Bodenkultur in Wien Studienrichtung Kulturtechnik und Wasserwirtschaft
Mai 2006 bis Oktober 2006	Versuchsbetrieb f. d. Diplomarbeit: Optimierung einer SBR– Anlage zur Reinigung hoch belasteter Abwässer aus der Getränkeherstellung

BERUFLICHE ERFAHRUNGEN WÄHREND MEINER STUDIENZEIT

12.10.2007 bis dato	Fa. GPS, Himberg/Wien
02.07. - 31.08.2007	Fa AWW- Umwelttechnik, Wörschachwald
02.07. – 29.07.2006	Fa. AWW Umwelttechnik, Wörschachwald
04.07. - 29.07.2005	Strabag AG-Direktion IF-Spezialtiefbau, Wien
29.08. - 27.09.2005	Baubezirksleitung Abteilung Wasserbau, Liezen
30.08. - 30.09.2004	Strabag AG-Direktion IF-Spezialtiefbau, Wien
2000	Werbertätigkeit für die Firma Hollup und Steiner, Graz
1995 bis 2006	Mitarbeit im familieneigenem Einzelhandelsbetrieb, Irdning