

WIENER MITTEILUNGEN

WASSER • ABWASSER • GEWÄSSER

Betriebserfahrungen moderner Kläranlagen

Band 195 - Wien 2006

WIENER MITTEILUNGEN

WASSER • ABWASSER • GEWÄSSER

Band 195

Betriebserfahrungen moderner Kläranlagen

ÖWAV - Seminar - Wien 2006

TU Wien

02. - 03. März 2006

Herausgeber

Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Norbert Matsché

Technische Universität Wien

Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement

und Abfallwirtschaft

Veranstalter



Institut für Wassergüte,
Ressourcenmanagement
und Abfallwirtschaft
TU- Wien

Karlsplatz 13 / 226
1040 Wien



Österreichischer
Wasser- und
Abfallwirtschaftsverband

Marc - Aurel - Straße 5
1010 Wien

Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft
Karlsplatz 13/226; 1040 Wien
Tel: + 43 1 58801 - 22611
Fax: + 43 1 58801 - 22699
Mail: iwag@iwag.tuwien.ac.at

Alle Rechte vorbehalten.

Ohne Genehmigung der Herausgeber ist es nicht gestattet,
das Buch oder Teile daraus zu veröffentlichen

© Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft TU-Wien, 2006

Druck: Riegelnik
1080, Piaristengasse 19

ISSN 0279 - 5349
ISBN 3 - 85234 - 086 - 1

Inhaltsverzeichnis

Helmut Kroiss	1 - 14
Betriebserfahrung von modernen Kläranlagen (Wechselwirkung zwischen Planung und Betrieb)	
Stefan Winkler	15 - 18
Die IWA Taskgroup „Good modeling practice“	
Matthias Zessner	19 - 22
Bedeutung für den Gewässerschutz	
Harald Bayer, Leopold Prendl	23 - 50
Kläranlage Bad Vöslau - einstufige Belebungsanlage, Industrieabwasserreinigung und thermische Klärschlammverwertung	
Christian Callegari, Kurt Dornhofer, Helmut Passer	51 - 82
Kläranlage Fritzens - Innovative Effizienzsteigerungsmaßnahmen	
Gerhard Altemeier	83 - 104
Betriebserfahrungen mit einer Biofilteranlage als Hauptstufe	
Walter Unterrainer, Franz Klatzer	105 - 122
Kläranlage Klagenfurt	
Norbert Engelhardt	123 - 140
Die Membranbelebungsanlage Nordkanal - Konzeption und Betrieb	
Stefan Lindtner	141 - 166
Kostenaspekte beim Betrieb moderner Kläranlagen	

Wolfgang Geyer	167 - 198
Betriebserfahrungen moderner Kläranlagen: KA Saalfelden - 2-stufige Belebungsanlage – HYBRID-Verfahren, Teil 1: Projekt – planerische Aspekte	
Matthias Dum	199 - 224
Betriebserfahrungen moderner Kläranlagen: KA Saalfelden - 2-stufige Belebungsanlage – HYBRID-Verfahren, Teil 2: Erfahrungen – Anlagenbetrieb	
Werner Schättle, Michael H. Gasser	225 - 252
Zweistufiges Belebungsverfahren	
Bernhard Wett, Josef Dengg	253 - 288
Verfahrens- und Betriebsoptimierungen am Beispiel der ARA-Strass	
Konrad Falko Wutscher, Tomáš Jilek	289 – 310
Planung und Betrieb der ertüchtigten Kläranlage Znaim-Kleintebwitz (ČOV Znojmo-Dobšice, CZ)	
Christoph Liebi	311 – 328
KA Kloten/Opfikon Betriebserfahrungen mit Blähschlamm bekämpfung	

Betriebserfahrung von modernen Kläranlagen (Wechselwirkung zwischen Planung und Betrieb)

Helmut Kroiss,

Institut für Wassergüte Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft,
TU- Wien

1. Einleitung

Während weltweit der Bedarf an der Errichtung neuer Kläranlagen ungebrochen hoch ist, sind in Österreich die Neuplanungen selten geworden. Die Planung von Kläranlagen „auf der grünen Wiese“ wird sich auf kleine Kläranlagen beschränken, während die ersten der bestehenden Kläranlagen sich ihrem geplanten Lebensende nähern. Die Hauptaufgaben in Österreich werden auch in Zukunft zwei wesentliche Triebfedern haben, einerseits die Erhaltung des Wertes der Infrastruktur andererseits die Anpassung der Kläranlagen an den „Stand der Technik“ oder an lokal bedingt auch höhere Reinigungsleistungen im Immissionsfall. Auch steigende Belastung durch Bevölkerungszuwachs oder zunehmende industrielle und gewerbliche Einleiter können solche Anpassungsvorhaben auslösen.

Der „Stand der Technik“ im Sinne des Wasserrechtsgesetzes ist prinzipiell an die Definition von Reinigungsanforderungen gebunden. Diese sind nun schon über längere Zeit nicht verändert worden. Unter Anderem auch deshalb, weil die Leistungsfähigkeit der biologischen Verfahren der Abwasserreinigung mit den bestehenden Anforderung weitgehend ausgeschöpft ist.

Zukünftige neue Anforderungen, die Stand der Technik in dem Sinne sind, dass sie zwar noch keinen gesetzlichen Hintergrund haben, aber bereits großtechnisch an mehreren Orten der Erde erfolgreich eingesetzt werden, betreffen überwiegend Nachbehandlungsstufen bzw. bei den Membranverfahren auch in die biologische Reinigung integrierte Verfahren. Sie können wie folgt charakterisiert werden:

- Entkeimung bei Einleitung in Badegewässer (UV, Chlor, Mikro- und Ultrafiltration mit Membranen)
- Einsatz von Ozon zur Zerstörung von organischen Spurenschadstoffen
- Aufbereitung von Abwasser zu Trinkwasser (Umkehrosmose)

Der Einsatz dieser Verfahren hängt sehr stark von der spezifischen lokalen Situation ab. In Regionen mit ausgesprochenem Wassermangel ist es häufig wirtschaftlich, das Abwasser für die Wiederverwendung als Bewässerungs- bis hin zum Trinkwasser aufzubereiten, wobei sowohl hygienische Aspekte als auch der Salzgehalt wichtige Kriterien sind. Die Entkeimung erhält dort zunehmend Bedeutung, wo in wasserreichen Gebieten Fließgewässer als Badegewässer ausgewiesen werden. Für den Normalfall des Gewässerschutzes in eher wasserreichen Gebieten haben diese Kriterien bis jetzt wenig Bedeutung, dort wo allerdings sehr ungünstige Verdünnungsverhältnisse zwischen Abwasser und natürlichem Abfluss herrschen, also die Immissionssituation die erforderliche Reinigungsleistung bestimmt, können sie an Bedeutung gewinnen.

Neue Technologien sind aber auch aus anderen Gründen entwickelt worden. Wie gezeigt werden kann (KROISS 2004), stellt der Flächenbedarf für den Bau von Kläranlagen dann eine entscheidende Rolle, wenn der Preis je m² etwa 1000€ übersteigt, weil dann die Kosten für den Flächenbedarf in der Kostenrechnung dominant werden. Sowohl die Biofilterverfahren als auch die Membranbelebungsverfahren sind überwiegend dort wirtschaftlich vorteilhaft, wo geringer Platzbedarf vorteilhaft ist.

2. Planungsvorgang

2.1 Allgemeines

Der Planungszeitraum ist - darin besteht allgemeine Übereinstimmung - jener Teil eines Projektes, bei dem die größten Einsparungspotenziale zu erzielen sind. Es gibt allerdings Unterschiede in der Auffassung, mit welchem Planungsvorgang die optimalen Lösungen zu erwarten sind. Die Palette reicht von der Beauftragung eines Planers auf Grund eines Vertrauensverhältnisses zum Auftraggeber, über ein zweistufiges Verfahren, wo in der ersten Stufe nur die Wahl des Planers auf Grund von Qualifikationskriterien ermittelt wird, bis zum Planungswettbewerb, bei dem verschiedene Lösungen der Planungsaufgabe im Wettbewerb gegeneinander antreten.

Wenn allerdings klar ist, dass im Planungszeitraum die größten Kostenreduktionen zu erreichen sind, erscheint es nicht einfach verständlich, die Kosten der Planungsleistung durch Wettbewerb zu minimieren. Dieser Wettbewerb führt zu vielen Leistungen, die nicht honoriert werden und über längere Zeiträume besteht die Gefahr, dass die Innovationsfähigkeit der Planer zurückgeht.

Unabhängig von der Vergabe der Planungsleistung an einen Planer muss der Auftraggeber für eine Kläranlage zwei wesentliche Vorgaben machen oder zumindest die Verantwortung für sie übernehmen. Die erste betrifft die Bemessungsbelastung der Anlage (BSB₅-, CSB-Fracht, Q_{max}), die zweite die erforderliche Reinigungsleistung, die letztlich zu einem Wasserrecht des Auftraggebers für die Einleitung des gereinigten Abwassers in ein Gewässer führt. Für beide Festlegungen kann ein Planer die Entscheidungsgrundlagen durch Analyse der örtlichen Situation und durch Kontakte mit der zuständigen Wasserrechtsbehörde bzw. ihren Sachverständigen vorbereiten. So z.B. bei der Klärung der Frage, ob für die Bewilligung dieser Einleitung die Anwendung des Vorsorgeprinzips (Emissionsverordnungen) ausreicht oder ob dafür die Einhaltung der zulässigen Immissionsgrenzwerte im Gewässer bzw. der Flussgebietsbewirtschaftungsplan maßgebend sein wird.

Jedenfalls stellt die Analyse der örtlichen Situation eine ganz entscheidende Aufgabe dar, die auch darüber entscheidet, ob die optimale Lösung der Planungsaufgabe überhaupt erreicht werden kann. Bei dieser Analyse besteht ein großer Unterschied zwischen einer Neuplanung einer Kläranlage und einer Erweiterungs- oder Anpassungsplanung.

Im ersten Fall muss mit einem Mangel an Information über das Abwasser gerechnet werden, insbesondere dann, wenn auch das Kanalnetz entweder noch nicht vorhanden oder der Anschluss der Abwassereinleiter an das Kanalnetz noch nicht vollständig ist. In diesen beiden Fällen sind auch Messkampagnen über den Abwasseranfall noch mit großen Unsicherheiten behaftet. Im zweiten Fall steht häufig sehr umfangreiches Datenmaterial aus dem Betrieb einer bestehenden Anlage zur Verfügung.

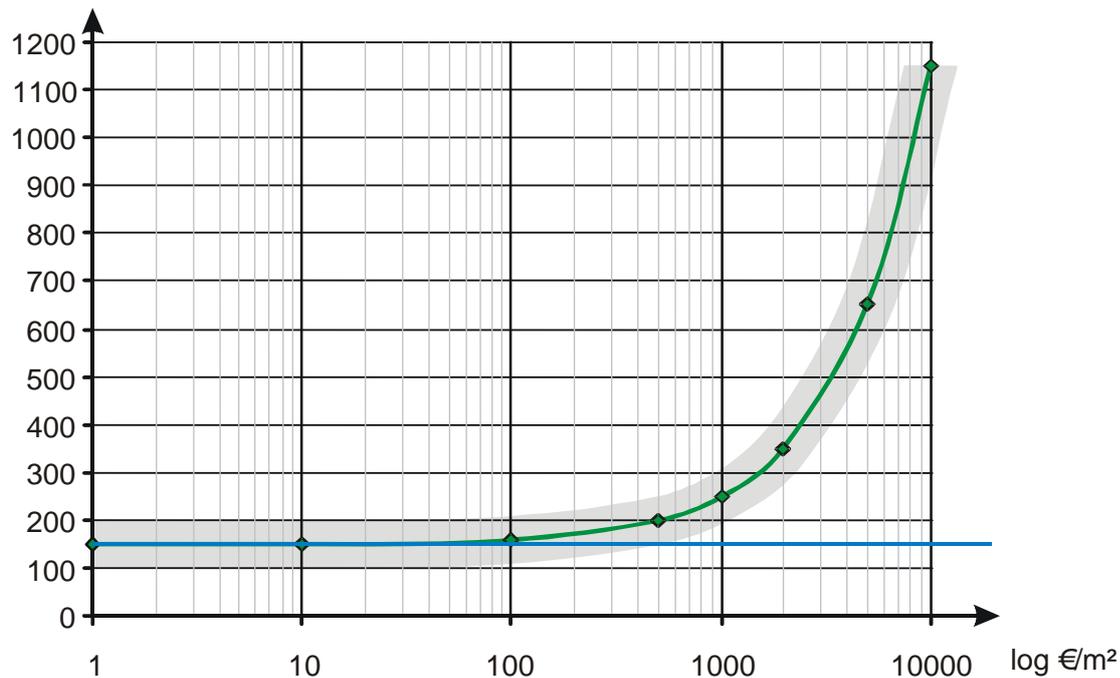
Die Information über das empfangende Gewässer, zu dessen Schutz die Kläranlage geplant wird, wird auch von Fall zu Fall unterschiedlich sein. Im Zuge der Umsetzung der WRG Novelle 2003 verbessert sich dieser Informationsstand, weil er zur Grundlage der Flussgebiets-Bewirtschaftungspläne gebraucht wird. Hier wird sich allerdings auch noch Neuland für die Entscheidungsfindung ergeben.

2.2 Neuplanung

Bei Neuplanungen muss der Auftraggeber auch die Verantwortung für die Wahl der örtlichen Lage der Kläranlage tragen auch wenn der Planer dafür Vorschläge erarbeiten kann. Wenn ausreichend Platz vorhanden ist, bleibt dem Planer eine große Freiheit in der Wahl des Reinigungsverfahrens und der Schlammensorgung

mit angepasster Schlammbehandlung. Bei beengten Platzverhältnissen bzw. sehr hohen Grundstückspreisen wird auch der Platzbedarf ein entscheidendes Kriterium für die Planung. Es kann gezeigt werden, dass ab einem Grundpreis von etwa $100\text{€}/\text{m}^2$ der Einfluss des Platzbedarfes der Kläranlage Bedeutung erlangt und ab etwa $1000\text{€}/\text{m}^2$ zum entscheidenden Kostenfaktor wird (KROISS 2004)

Gesamtkosten in
€/EW



Mit weltweit zunehmender Verknappung von Baugrund insbesondere in Ballungsräumen nimmt daher die Reduzierung des Flächenbedarfes an Bedeutung zu. Die relativ neueren Entwicklungen auf dem Sektor der biologischen Reinigung, wie die Biofiltration und die Membranbelebungen brauchen im Vergleich zu den klassischen Verfahren (Belebungs- und Tropfkörperverfahren) deutlich weniger Platz. Auch bei der Schlammbehandlung kann dieser Umstand die Entscheidungsfindung stark beeinflussen.

2.3 Anpassungs- und Erweiterungsplanung

Zu den interessantesten Herausforderungen für den Planer von Abwasserreinigungsanlagen gehören jene der Anpassung an strengere Reinigungsleistungen (Anpassungsplanung) und an höhere Bemessungsbelastungen (Erweiterungsplanung). Häufig treten beide Ursachen gemeinsam für solche Planungsaufgaben auf.

Die Analyse der örtlichen Situation kann auf mehreren Fundamenten aufgebaut werden, die bei Neuplanungen fehlen:

- Die Langzeiterfahrung des Betriebspersonals über Funktion der Kläranlage bezüglich Reinigung und Schlammbehandlung aber auch der maschinellen, elektrischen und mess- und regeltechnischen Ausrüstung
- Bestandspläne und aktueller Zustand aller bestehenden Anlagenteile
- Die Daten der Eigenüberwachung
- Berichte der Fremdüberwachung
- Benchmarking-Berichte (LINDTNER 2006)

Bei Vorliegen aller dieser Informationen kann man, so die Richtigkeit der Daten und ihrer Interpretation nachgewiesen ist, die Planung und Bemessung von vielen Unsicherheiten befreien. Lediglich bei der Festlegung der Bemessungsbelastung unter Berücksichtigung der künftigen Entwicklung im Entwässerungsgebiet müssen Entscheidungen getroffen werden, die nur teilweise aus der Analyse der örtlichen Situation abgeleitet werden kann.

Bei der Planung der Erweiterung und/oder Anpassung bestehender Anlagen tritt auch häufig das Problem mangelnder Flächen für Erweiterungen bzw. Neuerichtung von Bauwerken auf.

Die Nachrechnung bestehender Anlagen nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik (z.B. DWA Arbeitsblatt A 131 für einstufige Belebungsanlagen) gestattet es, bestehende Anlagenteile mit der geforderten Reinigungsleistung so zu verknüpfen, sodass die Leistungsfähigkeit der bestehenden Anlage recht gut abgeschätzt werden kann. Dies kann jedoch nur ein erster Schritt sein. Bei der Auswertung der vorhandenen Daten muss erst die maßgebende Belastung im Laufe eines Jahres ermittelt werden.

Das Repertoire an Lösungen für solche Fälle ist groß, insbesondere wenn man sich von den Anlagenkonzepten entfernt, für die es allgemein anerkannte Regeln der Technik (Regelblätter, Normen) für die Bemessung gibt und Konzepte mit in die Überlegungen einbezieht, für die ausreichende großtechnische Erfahrung und ein entsprechender Stand des Wissens vorhanden sind.

Werden die notwendigen Planungsleistungen im Wettbewerb verschiedener Planer vergeben und will man alle Potenziale der Optimierung des Kosten-Nutzen-

verhältnisses heranziehen, stellen sich allerdings zwei Probleme ein, die nicht einfach zu lösen sind:

- wie kann man einen fairen Wettbewerb herstellen, der über entsprechende Kriterien die Vergleichbarkeit verschiedener Lösungen erzwingt
- wie verteilt man Risiko und Verantwortung gerecht zwischen Auftraggeber (Eigentümer der Anlage), Planer und dem späteren Betreiber

Hier geraten die Planungsfreiheit und die Strenge der Kriterien für die Herstellung von vergleichbaren Lösungen unweigerlich in Konflikt. Bei Vergabe der gesamten Problemlösung an einen Verantwortlichen für Planung, Bau und Betrieb (über z.B. 20 Jahre) kann die Vergleichbarkeit verschiedener Lösungskonzepte möglicherweise am besten erzwungen werden. Aber auch in diesem Falle bleibt das Problem der Definition und Überprüfung der Werterhaltung der Anlage über die Betriebsdauer.

Die beste Grundlage für die Beurteilung von innovativen Lösungen stellen solide Betriebsdaten bestehender, vergleichbarer Großanlagen dar. Die Vergleichbarkeit betrifft neben der Größe der Anlage auch die exakte Vergleichbarkeit der Reinigungsanforderungen (Probenahme, Probenhäufigkeit, Probenbehandlung) bei vergleichbarer Abwasserbeschaffenheit und vergleichbaren klimatischen Verhältnissen. Auch Ergebnisse von Pilotanlagen können zur Absicherung von Planungsüberlegungen herangezogen werden. Am aussagekräftigsten sind sie, wenn sie auf der zu erweiternden oder anzupassenden Kläranlage durchgeführt werden. Das kann entweder in einer eigens angefertigten Pilotanlage erfolgen oder in Teilen der bestehenden Großanlage. Ab einer Kläranlagengröße von etwa 100.000 EW sind die Kosten für Bau und Betrieb einer Pilotanlage meist kleiner als das Einsparungspotential durch verbesserte Planungsgrundlagen bzw. durch Reduzierung des Risikos. Bei kleinen Anlagen (<50.000 EW) ist häufig eine Bemessung nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik kostengünstiger als die Absicherung einer innovativen Konzeption (Stand des Wissens) durch Pilotversuche. Das gilt nicht für innovative Konzepte, die durch Erfahrung von Großanlagen abgesichert sind. Es muss jedoch auch darauf hingewiesen werden, dass auch bei Anwendung der a. a. Regeln der Technik die berechneten Volumina der Reaktoren in einem weiten Bereich schwanken können, je nachdem welche (notwendigen) Annahmen vom Planer getroffen werden (KROISS 1996). In diese Annahmen fließt die Erfahrung des Planers

und die Güte der Analyse der örtlichen Situation ein, wenn nicht in einer Ausschreibung der Planungsleistung dieser Spielraum weitgehend eingeengt wird (KROISS et.al. 1999).

3. Betriebserfahrung von bestehenden Anlagen

Die Entwicklung von Regelwerken für die Bemessung von Kläranlagen (a. a. R. d. T.) fußt auf dem Stand des Wissens und auf umfangreicher Erfahrung von großtechnischen Anlagen, die wiederum für einen gewissen Standard an Reinigungsleistung repräsentativ sind. Regelwerke werden von Arbeitsgruppen erstellt, in denen langjährige Erfahrung und solides Fachwissen aller am Planungsprozess interessierten Disziplinen vertreten sind. Die Erfahrung vom Betrieb großtechnischer Anlagen wird erst dann eine solide Grundlage für Planungsentscheidungen, wenn die vorhandenen Daten auf Plausibilität und Richtigkeit geprüft wurden, d. h. es müssen gesicherte Daten über lange Zeiträume (Jahre) gewonnen werden. Um Neuentwicklungen „konkurrenzfähig“ zu machen sind daher entsprechende Daten von Groß- oder Pilotanlagen und ihre Interpretation erforderlich.

Datengewinnung sowie die Auswertung und Nutzung von Daten waren das Thema eines ÖWAV Seminars (KROISS Hsg. 2004). Im Besonderen hat sich dort der Beitrag von WIDMANN et.al. mit den Daten von Kläranlagen für Planungszwecke auseinandergesetzt. Eine zentrale Aufgabe ist dabei die Qualitätskontrolle der Daten mit der sich besonders RIEGER et.al., THOMANN, FREY und LINDTNER auseinandergesetzt haben. Die Ergebnisse des Prozessbenchmarking (LINDTNER 2006) stellen eine hervorragende Analyse der Betriebsdaten sowie der Kostenzuordnung zu den einzelnen Prozessen dar. Nachdem in dieser Analyse auch die Kapitalkosten berechnet und den einzelnen Prozessen zugeordnet werden, enthalten die Individualberichte auch sehr wertvolle Informationen für jede Erweiterungs- oder Anpassungsplanung. Die Optimierung der Betriebskosten ist nur eines von vielen Zielen, die mit einer laufenden Teilnahme am Benchmarkingprozess verfolgt werden

Liegen ausreichend qualitätsgesicherte Daten über längere Zeiträume mit schwankender Belastung und Temperatur vor, kann über die mathematische Modellierung versucht werden, das Datenmaterial mit dem Stand des Wissens über das kinetische Verhalten der Mikroorganismen zu verknüpfen. Allerdings ist dabei die Interpretation von Ergebnissen der Modellrechnung mit Vorsicht zu

behandeln. Die mathematischen Modelle enthalten viele Parameter, die eine gute Anpassung des Modells an die Daten ermöglichen. Es ist aber durchaus möglich, dass mit unterschiedlichen Parametersätzen die Betriebsergebnisse gleich gut nachsimuliert werden können. Zur Absicherung der Richtigkeit des durch Anpassung des Modells an die Betriebsergebnisse ermittelten Parametersatzes reichen die routinemäßig ermittelten Betriebsdaten von Großkläranlagen meist nicht aus. Es darf auch nicht vergessen werden, dass die mathematischen Modelle primär für die Vorgänge bei der biologischen Reinigung mit Nitrifikation und Nährstoffentfernung entwickelt worden sind. Für Anlagen, die nur für die Entfernung von Kohlenstoffverbindungen geplant werden, liefern die Modelle deutlich weniger Information.

Die Absetz- und Eindickeigenschaften insbesondere von Belebtschlamm können jedoch nicht über mathematische Modelle simuliert werden. Sie sind aber für die Bemessung der Nachklärbecken entscheidend. Diese Unsicherheit zieht sich auch durch die Planung der gesamten Schlammbehandlung. Damit soll nur klar gestellt werden, dass der Einsatz der Modelle nach dem Stand des Wissens viele neue Möglichkeiten zur Verbesserung von Planungsarbeiten erlaubt, aber alleine nicht ausreicht um eine „richtige“ Bemessung durchzuführen. Kostenanalysen zeigen auch, dass durch sehr knappe gewählte Volumina von Belebungs- und Nachklärbecken meist keine großen Einsparungen erzielt werden können, wenn nicht wesentliche Abstriche bei der Betriebssicherheit in Kauf genommen werden.

Für viele insbesondere mehrstufige biologische Abwasserreinigungsverfahren, aber auch bei Immissionsfällen mit sehr empfindlichen empfangenden Gewässern gibt es weder Regelwerke für die Bemessung noch mathematische Modelle, die ohne entsprechende Adaptierung direkt anwendbar sind. Gerade bei Erweiterungs- und Anpassungsplanungen sind oft Lösungen vorteilhaft, für die zumindest keine allgemein anerkannten Regeln der Technik für die Bemessung vorhanden sind. In diesen Fällen ist es insbesondere bei großen Anlagen angebracht, das Planungsrisiko durch Versuche im Pilot- bzw. großtechnischen Maßstab erheblich zu verringern.

Es soll noch darauf hingewiesen werden, dass insbesondere bei Anlagen mit Anforderungen an Nährstoff-Entfernung die gesamte Schlammbehandlung bei der Planung der Abwasserreinigung berücksichtigt werden muss, wie an einigen Beispielen in diesem Seminar gezeigt werden kann (z.B. WETT 2006, PRENDL 2006)

4. Versuche im Pilot bzw. im großtechnischen Maßstab

Im Gegensatz zu naturwissenschaftlichen Experimenten, die die Überprüfung der Richtigkeit von Theorien zum Ziel haben, haben Versuche im Pilot- oder großtechnischen Maßstab in Zusammenhang mit Planungsaufgaben andere Ziele:

- Ermittlung von Parametern für die Anpassung mathematischer Modelle an den spezifischen Anwendungsfall (Kalibrierung)
- Überprüfung und Optimierung eines Planungskonzeptes unter möglichst wirklichkeitsnahen Bedingungen, also unter Einschluss möglichst aller zu erwartenden Betriebsbedingungen und Störfaktoren
- Vergleich verschiedener Planungskonzepte unter möglichst praxisnahen Bedingungen

In allen drei Fällen müssen die Versuchsanlagen mit dem Originalabwasser direkt aus dem Kanal beschickt werden. Für die Kalibrierung mathematischer Modelle ist es sinnvoll, die Versuche so zu gestalten, dass sowohl ausreichend lange stationäre Verhältnisse als auch dynamische Belastungszustände eingestellt werden, die für die Bestimmung der verschiedenen Parameter in den mathematischen Modellen aussagekräftige Resultate erwarten lassen. Dabei ist es häufig sinnvoll, die unter Praxisbedingungen auftretende Variabilität der Belastungssituationen und Umweltbedingungen stark einzuschränken. Gleichzeitig muss man auch die Analytik an dieses Ziel anpassen. Gelingt es auf diese Weise ein gut an die örtlichen Verhältnisse angepasstes mathematisches Modell für ein Planungskonzept zu entwickeln, kann man dann das Verhalten der Abwasserreinigungsanlage unter den in der Praxis erwarteten Bedingungen simulieren um das Planungskonzept und das Versuchsprogramm zu optimieren.

Bei der Erprobung von Planungskonzepten müssen die Versuchsanlagen mit der realen Dynamik der Abwasserbelastung so lange betrieben werden, dass alle für die Bemessung und den Betrieb relevanten Bedingungen eingeschlossen werden. Im Rahmen dieser Versuche kann dann auch die geplante Mess- und Regeltechnik auf ihre Praxistauglichkeit geprüft und optimiert werden. Auch hierbei ist die mathematische Modellierung ein wertvolles Werkzeug um den Informationsgewinn zu steigern und den Versuchszeitraum möglichst kurz zu halten. Je nach Fragestellung und Erfahrung mit dem Planungskonzept von großtechnischen Anlagen wird die Versuchsdauer unterschiedlich lang sein. Üblicherweise wird man danach trachten, dass während des Versuchsbetriebes sowohl die höchsten wie die

niedrigsten zu erwartenden Temperaturen im Abwasser auftreten. Ein Versuchszeitraum von mindestens einem Jahr wird daher in vielen Fällen notwendig sein um die Praxistauglichkeit eines Planungskonzeptes zu überprüfen. Wenn verschiedene Konzepte miteinander verglichen werden sollen, dann ist der parallele Betrieb von mehreren Pilotanlagen zwar die beste Lösung, allerdings ist die Errichtung von mehreren vergleichbaren Anlagen häufig nicht wirtschaftlich. Der Betrieb einer Versuchsanlage über mehrere hintereinander angeordnete Versuchsphasen mit vergleichbaren Bedingungen ist oft günstiger. Auch die laufende Aufarbeitung der Analysenergebnisse ist im zweiten Falle einfacher.

Bei Versuchen im Pilotmaßstab muss immer beachtet werden, dass die Wirksamkeit von Absetzbecken und auch die Schlammeigenschaften nicht gesichert von Pilotanlagen auf Großanlagen übertragbar sind. Daran sind einerseits die hydraulischen Modellgesetze schuld andererseits die meist deutlich unterschiedlichen Verhältnisse zwischen Oberflächen und Volumen der Reaktoren. Auch die exakte Übertragbarkeit aller Mischungsverhältnisse von der geplanten Großanlage auf eine Pilotanlage ist oft nicht mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand erzielbar. Wenn es möglich ist in z.B. einer Straße einer bestehenden Großanlage Versuche mit einem neuen Planungs- und Betriebskonzept zu betreiben, so kann die Aussagekraft der Versuchsergebnisse gegenüber jenen von Pilotanlagen gesteigert werden, dafür ist man oft in der Wahl von Verfahrenstechniken sehr eingeschränkt.

Generell kann man sagen, dass eine enge Wechselwirkung zwischen mathematischer Modellbildung und Versuchsbetrieb anzustreben ist um mit möglichst geringem Aufwand ein Maximum an Aussagekraft zu erreichen.

5. Planung, Bemessung, Modellierung,

5.1 Allgemeines

Planung ist immer ein komplexer Gestaltungsvorgang bei dem die Bemessung der Anlagenteile einen zwar sehr wichtigen aber eben nur einen Teil der erforderlichen Planungsarbeit darstellt. Eine gute Planung geht weit über die Richtigkeit der Bemessung hinaus. Die mathematische Modellierung ist ein sehr wertvolles Werkzeug um insbesondere die betrieblichen Aspekte der Planung zu bearbeiten, die dann für die Ausgestaltung der Reaktionsräume, der maschinellen Ausrüstung sowie der Mess- und Regeltechnik ihren Niederschlag finden. Für die Anwendung der mathematischen Modelle müssen aber das Verfahrensschema und zumindest eine Vorbemessung der Reaktoren bereits

vorhanden sein. Ohne Bemessungsverfahren wird man also auch in Zukunft nicht auskommen.

5.2 Einschätzung der zukünftigen Entwicklung bei der Festlegung der Bemessungsgrundlagen

Nachdem für die bauliche Substanz von Kläranlagen mit einer Lebensdauer von zumindest 30 Jahren gerechnet wird, muss bei der Planung die zukünftige Entwicklung im Bereich des zugehörigen Entwässerungsgebietes abgeschätzt werden. Für diese Abschätzung können einerseits Trendberechnungen eingesetzt werden andererseits können Reserven vorgehalten werden, die aus anderen Beweggründen vorgegeben werden. Der Planer kann hier Hilfestellung für den Auftraggeber geben, aber die Verantwortung für die Entscheidung über die Bemessungsgrundlagen kann dem Auftraggeber nicht abgenommen werden. Bei dieser Entscheidung müssen große Unsicherheiten in Kauf genommen werden, die bei der Planung Berücksichtigung finden müssen. Hinsichtlich einer Veränderung der Anforderungen an die Reinigungsleistung während der Lebensdauer der Kläranlage ist eine gewisse Beruhigung eingetreten. Die derzeitigen Mindestanforderungen an die Abwasserreinigung in Österreich liegen bereits im Grenzbereich dessen, was mit biologischen Verfahren erreicht werden kann. Wenn neue erhöhte Anforderungen an die Abwasserreinigung kommen, wird man diese überwiegend durch den Einsatz von Nachbehandlungsstufen (Membrantechnik, Einsatz von Oxidationsstufen) erreichen. Mit dem Membranbelegungsverfahren steht heute eine Alternative der biologischen Reinigung zur Verfügung, die zum Beispiel bei der Einleitung des Ablaufes in ein Badegewässer oder einen sehr schwachen Vorfluter vorteilhaft sein kann, der Effekt der Keimzahlreduktion kann allerdings auch mit einer UV Desinfektion des Ablaufes erreicht werden. Welche Technologie sich für welchen Zweck des Gewässerschutzes durchsetzen wird, wird letztlich über eine Kosten Nutzen Rechnung zu entscheiden sein.

Es erscheint jedoch wichtig darauf hinzuweisen, dass die Entwicklung von neuen und besseren Technologien ohne die Umsetzung in großtechnischen Maßstab und damit unter Inkaufnahme von bedeutenden Risiken nicht möglich ist. Es ist daher zu begrüßen, wenn die EU für diesen Schritt von der Forschung und Entwicklung zur Praxiserprobung vermehrt Forschungsgelder zur Verfügung stellen will (7. Rahmenprogramm).

5.3 Bemessung nach allgemein anerkannten Regeln der Technik

Bemessungsvorschriften nach allgemein anerkannten Regeln der Technik wie z.B. das Arbeitsblatt A 131 für Belebungsanlagen sind international völlig zu Unrecht in Verruf geraten. Vielfach war das Hauptargument gegen die Verwendung dieser Regelwerke, dass sie die Umsetzung des Fortschrittes in Wissen und Erfahrung hemmen, ja dass sie seit der Entwicklung der mathematischen Modelle überflüssig geworden wären. Diese Vorwürfe sind unberechtigt, wie auch die weltweite Praxis ihrer Anwendung zeigt. Wenn wenig Information über die spezifische örtliche Situation vorhanden ist, wie häufig bei Neuplanungen von Kläranlagen, stellen sie ein Instrument der Risikominimierung dar, weil sie zumindest eine Orientierung im Vergleich mit anderen Verfahrenskonzepten darstellen. Je mehr Wissen über die örtliche Situation vorhanden ist, desto präziser können auch die Ergebnisse dieser Bemessungsverfahren sein. Die eigentliche Herausforderung für den planenden Ingenieur bei der Bemessung ist ja nicht der Rechenvorgang, der weitgehend durch Computer vorgenommen werden kann, sondern das richtige Ermitteln und Einsetzen jener Variablen, die sich aus der Bemessungsgrundlage, der geforderten Reinigungsleistung und der spezifischen örtliche Situation ergeben.

5.4 Anwendung der mathematischen Modellierung

Die gängigen Bemessungsverfahren basieren auf stationären Modellvorstellungen, die dynamischen Vorgänge sind implizit über „Sicherheits- oder Schwankungsfaktoren“ berücksichtigt. Jedenfalls sollte man mit dem Begriff „Sicherheitsfaktor“ vorsichtig umgehen, weil er mitunter ein Einsparungspotenzial suggeriert, das eigentlich nicht vorhanden ist. In diesen Faktoren steckt die Betriebserfahrung von vielen Großanlagen, sodass man in den meisten Fällen auf der sicheren Seite liegt.

Die mathematische Modellierung ermöglicht die Simulation des dynamischen Verhaltens des biologischen Reinigungsprozesses in einer geplanten und bemessenen Kläranlage. Das ist ein sehr wertvolles Werkzeug für den Planer, das umso wertvoller wird, je mehr gesicherte Information vorhanden ist. Es gibt auch mathematische Modelle, die das dynamische Verhalten von Nachklärbecken simulieren, sie sind sehr aufwendig und brauchen daher lange Rechenzeiten. Andererseits kann man auch verschiedene konstruktive Ausbildungen der Absetzbecken bei instationären Bedingungen untersuchen.

Es ist damit zu rechnen, dass die Modellierungsmöglichkeiten weiter zunehmen werden. Es ist aber auch absehbar, dass mit der Komplexität der Modelle die Aussagkraft der Ergebnisse nur dann verbessert werden kann, wenn der Anwender der Modelle über besonderes Fachwissen und besondere Erfahrung verfügt.

5.5 Maschinelle, elektrotechnische und informationstechnische Ausrüstung

Für den Betreiber einer Kläranlage sind die Eingriffsmöglichkeiten in die Prozesse auf die Ausrüstung beschränkt. Auf die gebauten Volumina kann im Betrieb eigentlich nur durch In- oder Außerbetriebnahmen von Becken oder Beckengruppen Einfluss genommen werden, was nur selten passiert.

Die Entwicklung auf dem Gebiet der Ausrüstung der Kläranlagen ist immer noch relativ rasch, was mitunter zu sehr komplizierten Anlagenkonzepten mit viel Mess- und Regeltechnik verführt. Die Möglichkeiten der Automatisierung sind in den letzten Jahrzehnten durch den Höhenflug der Informationstechnologie enorm angewachsen, auch auf dem Sektor der Messgeräte ist der Innovationsgrad hoch.

Unter den oben beschriebenen Umständen ist es nicht leicht einfache und vor allem robuste Ausrüstungs-, Mess-, Regel- und Steuerungskonzepte zu planen ohne den Verlockungen der Möglichkeiten zu erliegen. Für den Betreiber einer Anlage und letztlich für den Gewässerschutz ist die gute Planung der Ausrüstung ebenso wichtig wie die richtige Bemessung.

6. Schlussbemerkungen

Betriebserfahrung von Großanlagen ist ein sehr kostbares Gut, sowohl für den Betrieb als auch für die Planung von Kläranlagen. Erfahrung und Datenmaterial werden allerdings nur dann zur Quelle von neuen und besseren Lösungen, wenn sie mit wissenschaftlichen Methoden untersucht und durchleuchtet werden. Die Anwendung von Erfahrung ohne kritische Analyse kann auch gefährlich sein, wenn falsche Ursache–Wirkungsbeziehungen hergestellt werden, die zu falschen allgemeinen Schlüssen führen.

Ganz wichtig erscheint die Rückkoppelung von Planungsüberlegungen mit den Betriebserfahrungen der fertigen Anlagen, weil damit ein Lernprozess in Gang gesetzt wird, der dabei hilft, die Wiederholung von Fehlern oder schlechten Lösungen bei der Planung zu vermeiden.

Der Anspruch auf Risikominimierung wird auch in Zukunft im Widerstreit mit der Forderung nach Innovation und Kostenminimierung bleiben. Dieses Spannungsfeld müssen alle Beteiligten aushalten. Rationale Argumentation und gegenseitige Achtung aller beteiligten Menschen sind wichtige Voraussetzungen dafür.

7. Literatur

- KROISS, H.; OBERNDORFER, W.; PRENDL, L.; LINK, D. (1999):. Vergleichbarkeit von alternativen Angeboten im Ausschreibungsverfahren. Dresdner Berichte Bd. 14, TU-Dresden (Hrg. Prof. Lützner).
- KROISS, H. (1996): Einsparungspotentiale bei der Bemessung von Kläranlagen, ATV-Bundestagung Leipzig, 14.-16. Oktober 1996, ATV-Schriftenreihe 04, S. 1163 - 1181,
- KROISS H. Hsg. (2004): Datengewinnung, -verwaltung und -nutzung in der Wassergütwirtschaft. Wiener Mitteilungen Bd. 187, Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft der TU Wien.
- KROISS, H. (2004): Water protection through biological waste water treatment in case of limited plant site areas. BNAWQ Heft 1
- WETT, B. (2006): Verfahrens- und Betriebsoptimierungen am Beispiel der ARA-Strass. ÖWAV/TU-Seminar, Februar 2006 „Betriebserfahrungen moderner Kläranlagen“, 2./3. März 2006, Wien
- PRENDL, L. (2006): Kläranlage Bad Vöslau - einstufige Belebungsanlage, Industrieabwasserreinigung und thermische Klärschlammverwertung. ÖWAV/TU-Seminar, Februar 2006 „Betriebserfahrungen moderner Kläranlagen“, 2./3. März 2006, Wien
- LINDTNER, S. (2006): Kostenaspekte beim Betrieb moderner Kläranlagen, ÖWAV/TU-Seminar, Februar 2006 „Betriebserfahrungen moderner Kläranlagen“, 2./3. März 2006, Wien

Korrespondenz an:

O.Univ.Prof. DDr. Helmut Kroiss

Institut für Wassergüte,
Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft,
Technische Universität Wien

Karlsplatz 13, 1040 Wien

Tel.: 58801 22610

e-mail: hkroiss@iwag.tuwien.ac.at

Die IWA-Taskgroup „Good modeling practice-Guidelines for Use of Activated Sludge Models“

The IWA-Taskgroup on Good modeling practice

Sylvie Gillot, Takayuki Ohtsuki, Leiv Rieger, Paul Roeleveld, Imre Takács und Stefan Winkler

Kurzfassung: Mit der Veröffentlichung des ASM1-Modelles (Activated sludge model No.1, Henze et al., 1987) wurde eine dynamische Entwicklung der Anwendung von Belebtschlammmodellen für verschiedenste Zwecke im Bereich der Planung und Optimierung von Abwasserreinigungsanlagen gestartet. Mit zunehmender Anwendungserfahrung wurden vielfach Adaptierungen der Modelle vorgeschlagen und auch neue Belebtschlammmodelle veröffentlicht, die zusätzliche Prozesse berücksichtigen. Dennoch finden die Modelle in Europa bis heute vorwiegend im akademischen Bereich Anwendung; eine breite Verwendung in der Praxis kann bisher nicht beobachtet werden - wenn auch hier länderspezifisch deutliche Unterschiede festgestellt werden können. Die IWA-Task Group „Good modeling practice - Guidelines for Use of Activated Sludge Models“ soll dazu beitragen, die Anwendung von Belebtschlammmodellen in der Praxis zu erleichtern und plant dazu die Veröffentlichung eines IWA-Scientific and Technical Reports.

Keywords: ASM-Modelle, Belebtschlammmodell, Simulation

1 Übersicht über die Entwicklung der Belebtschlammmodelle

Belebtschlammmodelle (englisch: Activated Sludge Models, ASM) sind mathematische Modelle, die die biologischen (und chemischen) Prozesse in Abwasserreinigungsanlagen beschreiben und damit ein Werkzeug für Planung, Detailuntersuchungen und Optimierung bereitstellen. Ein wesentlicher Schritt für die breite Anwendung derartiger Modelle wurde mit der Veröffentlichung des Activated sludge model No.1 (Henze et al., 1987) gesetzt, der das damalige Wissen zusammenführte und in einer standardisierten und nachvollziehbaren Form, der Gujer- oder Petersen Matrix, einer breiteren Öffentlichkeit zur Verfügung stellte. Nachfolgend wurde dieses Modell aufgrund von zunehmender Anwendungserfahrung adaptiert; auch „Standardparametersätze“

wurden vorgeschlagen, um damit den Kalibriervorgang zu erleichtern (z.B. Bornemann et al., 1998 für den deutschen Sprachraum).

In den Folgejahren wurde die ASM-Modellfamilie erweitert und weiterentwickelt, z.B. durch Berücksichtigung zusätzlicher Prozesse, wie die weitergehende biologische Phosphorentfernung in den Modellen ASM2 (Henze et al., 1995) und ASM2d (Henze et al., 1999) oder der Speicherung von organischem Substrat (ASM3, Gujer et al., 2000). Daneben kam es zur Entwicklung von speziellen Modellen, die z.B. die zellinternen Stoffwechselfvorgänge detaillierter abbilden (van Veldhuizen et al., 1999) oder die besonderen Verhältnisse bei zweistufigen Belebungsanlagen berücksichtigen (Winkler et al., 2001).

Dennoch können die Belebtschlammmodelle noch nicht als in der Praxis weit verbreitetes Routinewerkzeug angesehen werden, auch wenn hier länderspezifisch deutliche Unterschiede festgestellt werden können. So wurde z.B. in den Niederlanden ein Simulationsprojekt durchgeführt, bei dem mehr als 100 Anlagen untersucht wurden. Auch in Nordamerika ist eine weitaus größere Verbreitung dieses Werkzeuges zu beobachten als z.B. im deutschsprachigen Raum. Die Gründe dafür sind vielschichtig, es kann aber davon ausgegangen werden, dass unter anderem die anfänglich eher akademisch orientierte Beschreibung der Modelle und der komplexe Prozess der Modellkalibrierung für eine rasche Verbreitung in der Praxis hinderlich waren.

2 IWA-Task Group „Good modeling practice“

Die GMP Task Group ist aus verschiedenen nationalen Gruppierungen hervorgegangen und besteht aus einer Kerngruppe von sechs Personen: Sylvie Gillot (Cemagref, F), Takayuki Ohtsuki (Kurita, Japan), Leiv Rieger (École Polytechnique Montréal, Canada), Paul Roeleveld (Grontmij, NL), Imre Takács (EnviroSim, Canada) und Stefan Winkler, TU Wien, A).

Um eine möglichst breite Wissensbasis zu erzielen, plant die Gruppe zunächst die Erfahrungen von Modellnutzern sammeln und strukturieren. Dabei soll primär ein Dialog mit Praktikern stattfinden, aber auch von Spezialisten aus Wissenschaft und Lehre. Aus diesem Grund sollen verschiedene nationale

Experten-Gruppen gestartet werden, die vorhandene Erfahrungen und Wissen austauschen und gezielt Informationen über die Modellierung von Belebtschlammssystemen in der Praxis zusammenführen.

3 Ziele der IWA Task Group

Die IWA (International Water Association, www.iwahq.org.uk) hat für die Periode 2006-2008 die Task Group „Good modeling practice - Guidelines for Use of Activated Sludge Models“ installiert, deren Arbeitsergebnis in Form eines „IWA-Scientific and Technical Reports“ veröffentlicht werden wird.

Der Report soll eine Referenz für Praktiker darstellen, die eine systematische Vorgehensweise für Simulationsstudien vorschlägt, die Anwendung von Belebtschlammmodellen in der Praxis erleichtert bzw. anhand von Beispielen wesentliche Arbeitsschritte erläutert.

Ziel der Gruppe sind (i) die Verbreitung und Anwendung von Belebtschlammmodellen in der Praxis zu evaluieren, (ii) Vorgehensweisen vorzustellen, die eine Anwendung von Belebtschlammmodellen in der Praxis erleichtern und (iii) etablierte Methoden zu dokumentieren, die einen soliden Einstieg in die Materie ermöglichen.

Für Interessierte besteht die Möglichkeit mit der Gruppe in Kontakt zu treten (http://www.modelEAU.org/GMP_TG/intro.htm); die Gruppe bedankt sich im Voraus bei allen, die den dort herunterladbaren Fragebogen (http://www.modelEAU.org/GMP_TG/activity.htm) ausfüllen – Sie leisten damit eine wertvolle Hilfe für die Arbeit der Gruppe.

4 Literatur

- Bornemann C., Londong J., Freund M., Nowak O., Otterpohl R. and Rolfs T. (1998): *Hinweise zur dynamischen Simulation von Belebungsanlagen mit dem Belebtschlammmodell Nr. 1 der IAWQ*. Korrespondenz Abwasser **45**(3), 455-462
- Gujer W., Henze M., Mino T. and van Loosdrecht M. (2000): *Activated sludge model No.3*, IWA Scientific and Technical Report No. 9, ISSN 1025-0913, IWA, London
- Henze M., Grady C., Gujer W., Marais G. and Matsuo T. (1987): *Activated sludge model No.1.*, Scientific and technical report No. 1, IAWQ, London, UK
- Henze M., Gujer W., Marais G., Matsuo T., Mino T. and Wentzel M. (1995): *Activated sludge model No.2*, Scientific and technical report No. 3, IAWQ, London, UK
- Henze M., Gujer W., Mino T., Matsuo T., Wentzel M., Marais G. and van Loosdrecht M. (1999): *Activated sludge model No.2d*, Wat. Sci. Tech. **39**(1), 165-182
- Van Veldhuizen H., van Loosdrecht M. and Heijnen J. (1999): *Modelling biological phosphorous and nitrogen removal in a full scale activated sludge process*. Wat. Res. **33**(16), 3459-3468
- Winkler S., Müller-Rechberger H., Nowak O., Svardal K. and Wandl G. (2001): *A new approach towards modelling of the carbon degradation cycle at two-stage activated sludge plants*. Wat. Sci. Tech. **43**(7), 19-27

Korrespondenz an:

Stefan WINKLER
Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft
Technische Universität Wien

A-1040 Wien Karlsplatz 13/E226
Tel.: +43 1 58801 22626
Fax: +43 1 58801 22699
Mail: swinkler@iwag.tuwien.ac.at

Die Bedeutung von Kläranlagen für die stoffliche Belastung von Gewässern

Matthias Zessner

Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft, Technische Universität Wien

Kurzfassung

Betrachtet man die Bestandsanalyse zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie in Österreich, welche Ende 2004 fertig gestellt wurde, so könnte man den Eindruck gewinnen, dass die Bedeutung der Abwasserreinigung im schwinden ist. Jedenfalls scheint die große Zeit der Neuinvestitionen in die Abwasserreinigung in Österreich vorbei zu sein. Nur für einen kleinen Teil der österreichischen Gewässer besteht die Gefahr, dass der gute Zustand auf Grund von stofflicher Beeinträchtigung nicht erreicht werden kann. Ein großer Teil der Gewässer in Österreich dagegen ist in Gefahr den guten Zustand nach hydromorphologischen Kriterien nicht zu erreichen. Die Zeit der Investitionen in Revitalisierungs- und Restrukturierungsmaßnahmen beginnt.

Hat also die Abwasserreinigung an Bedeutung verloren? Nein, natürlich nicht. Der gute Zustand der Gewässer in Österreich ist ja ein Erfolg der Anstrengungen auf dem Sektor der Abwasserreinigung vergangener Jahrzehnte und kann nur aufrechterhalten werden, wenn auch Bemühungen auf dem Abwassersektor weitergetrieben werden. Die getätigten Investitionen können nur durch einen guten Betrieb effizient genutzt werden und der hohe Standard an Abwasserreinigung in Österreich nur durch Instandhaltung und Reinvestitionen aufrechterhalten werden. Zudem ist es nicht auszuschließen, dass durch den steigenden Sicherheitsanspruch unserer Gesellschaft zukünftig neue Herausforderungen an die Abwasserreinigung gestellt werden (hygienische Anforderungen, organische Mikroverunreinigungen).

Zentrale Aufgabe der Abwasserreinigung ist es nach wie vor organische Kohlenstoffverbindungen (CSB) aus dem Abwasser zu entfernen um die

organische Belastung der Fließgewässer und den damit verbundenen Sauerstoffverbrauch gering zu halten. Die enormen Erfolge auf diesem Gebiet können gut durch die Verbesserung der Gewässergüte (Sabrobienindex) in Österreich dokumentiert werden. Auch die Nitrifikation spielt in Hinblick auf den Sauerstoffhaushalt der Gewässer eine entscheidende Rolle. Zudem ist die Nitrifikation ein entscheidender Entgiftungsschritt. Weist doch das bei höheren Temperaturen und pH-Werten vermehrt aus dem Ammonium entstehende Ammoniak eine hohe Fischtoxizität auf.

Die Nährstoffe Phosphor und Stickstoff sind in Hinblick auf Eutrophierung (Nährstoffübersversorgung, welche zu erhöhtem Algenwachstum führt) relevant. Während Phosphor in den Österreichischen Seen und in den Fließgewässern zumeist den limitierenden Faktor für das Algenwachstum darstellt, kann Stickstoff vor allem für die Eutrophierung in den Meeren entscheidend sein. Für das Schwarze Meer, in welches Österreich zu 96 % entwässert, ist der Phosphor im direkten Einflussbereich der Donau limitierend, während dies für das zentrale Schwarze Meer für den Stickstoff zutrifft. Ohne Abwasserreinigung wären die Gesamteinträge an Stickstoff in die Fließgewässer Österreichs etwa um 50 % höher als sie es heute sind. Für Phosphor wären die Einträge sogar um etwa 80 % über den heutigen. Zudem ist zu berücksichtigen, dass die Einleitungen über Kläranlagen in die Fließgewässer kontinuierlich erfolgen, während diffuse Einträge aus der Fläche (z.B. Landwirtschaft) überwiegend während höheren Abflüssen in den Gewässern erfolgen, womit die Kläranlagenemissionen bei Niedrigwasserperioden im Vergleich mit diffusen Einträgen verstärkt an Bedeutung gewinnen. Im gesamten Einzugsgebiet der Donau, mit einem insgesamt deutlich geringerem Niveau der Abwasserreinigung als in Österreich, nehmen beim Phosphor die Einträge über Punktquellen immer noch den größten Anteil der Emissionen ein und auch beim Stickstoff ist das Reduktionspotential der Emissionen bei den Punktquellen in der gleichen Größenordnung, wie jenes aus dem landwirtschaftlichen Bereich.

Neben den klassischen Parameter C, N und P, welche die Abwasserreinigung und den Betrieb von Kläranlagen am meisten beschäftigen, werden auch die Schwermetalle in relevantem Umfang bei der Reinigung aus dem Abwasser entfernt. Die Entfernungsraten liegen je nach Parameter in der Größenordnung von 40 – 90 % bezogen auf den Zulauf. Auch für eine Reihe von Medikamentenrückständen und endokrinen Substanzen konnte gezeigt werden,

dass eine Abwasserreinigung mit Nitrifikation ein entscheidender Entfernungsschritt ist. Allerdings ist auch im Ablauf einer sehr gut reinigenden biologischen Kläranlage noch eine Vielzahl organischer Mikroverunreinigungen enthalten. Zukünftige Anforderungen werden zeigen, ob hier seitens der Abwasserreinigung weitere Maßnahmen erforderlich werden.

Auch mikrobiologisch relevante Indikatororganismen bzw. Viren werden bei der Abwasserreinigung um 1-3 Zehnerpotenzen entfernt. Dies entspricht Entfernungsraten von 99 – 99,99 %. Betrachtet man allerdings die Belastungen des Abwassers und die hygienischen Anforderungen an z.B. Badegewässer oder Trinkwasser, so sieht man, dass selbst diese Entfernungsraten bei weitem nicht ausreichen um entsprechende Kriterien erfüllen zu können. So sind z.B. um die Badewasserqualität im Ablauf von Kläranlagen erfüllen zu können Reduktionsraten von E.coli um etwa sechs Zehnerpotenzen erforderlich. Dies kann nur mit zusätzlichen Desinfektionsschritten erreicht werden. In Hinblick auf eine Trinkwasserqualität wird nach modernen Bewertungskriterien ausgehend vom Rohabwasser gar eine Reduktion von etwa 15 Zehnerpotenzen an enteralen Viren erforderlich sein um hygienischer Anforderungen erfüllen zu können.

Korrespondenz an:

Matthias Zessner

Institut für Wassergüte,
Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft,
Technische Universität Wien

Karlsplatz 13, 1040 Wien

Tel.: 58801 22616

e-mail: mzessner@iwag.tuwien.ac.at

Kläranlage Bad Vöslau einstufige Belebungsanlage, Industrieabwasserreinigung und thermische Klärschlammverwertung

Harald Bayer^{*}, Leopold Prendl^{**}

^{*}Gemeindeverband Abwasserbeseitigung Raum Bad Vöslau

^{**}Ingenieurbüro BPE Dr. Prendl

Kurzfassung: Die Kläranlage des Abwasserverbandes Raum Bad Vöslau wurde 1991 für eine Belastung von 90.000 EW nach ATV Arbeitsblatt bemessen im Hinblick auf die hohen Reinigungsanforderungen durch die kritische Vorflutersituation bemessen. Die Kläranlage ist derzeit zu 85 bis 90 % ausgelastet. Der langjährige Betrieb hat gezeigt, dass die strengen Ablaufgrenzwerte (12 mg/l BSB₅, 3,0 mg/l NH₄-N) mit einer sorgfältigen und vorausschauenden Betriebsführung gesichert eingehalten werden könne. Durch betriebliche Optimierung der Anlage konnte eine Reservekapazität von ca. 10 % der Bemessungsbelastung geschaffen werden, die für die ursprünglich nicht vorgesehene Reinigung von Molkereiabwässern und die Übernahme vom Fettfanggut in die Schlammfaulung genutzt wird.

Die Molkereiabwässer im Ausmaß von ca. 30.000 EW werden in einer getrennten Leitung zur Kläranlage geführt, mit dem abgezogenen Überschussschlamm aus der Belebung in einem Kontaktbecken belüftet. Der Überschussschlamm wird aus dem Kontaktbecken abgezogen, maschinell entwässert und in die Faulung eingebracht. Die Belebung wird durch die Molkereiabwässer nur minimal (ca. 1500 EW) belastet.

Der ausgefaulte Schlamm wird in Trocknungshallen solar getrocknet und anschließend thermisch verwertet. Das Faulgas wird verstromt und der Überschuss an das Netz abgegeben. Die Abwärme wird in ein benachbartes Biomasseheizwerk abgegeben.

Keywords: Einstufiges Belebungsverfahren, Industrieabwasserreinigung, solare Klärschlamm-trocknung, thermische Klärschlammverwertung

1 Einleitung

1.1 Geschichtliche Entwicklung des Abwasserverbandes und der Kläranlage

Der Gemeindeverband Abwasserbeseitigung Raum Bad Vöslau wurde nach der Gemeindezusammenlegung in Niederösterreich Anfang 1973 gegründet und umfasste vorerst die Stadtgemeinde Bad Vöslau und die Gemeinden Enzesfeld-Lindabrunn, Hirtenberg, Kottlingbrunn, Leobersdorf und einen Teil der Gemeinde Schönau an der Triesting. Zu diesem Zeitpunkt existierten ein Teil der Gemeindekanäle und mehrere kleinere Kläranlagen im Verbandsgebiet. Ab 1974 wurde begonnen die Orts- und Gemeindekanäle zu einem Verbandskanalnetz zusammenzufassen. Die erste Verbandskläranlage mit einer Ausbaugröße von 40.000 EW wurde 1984 fertiggestellt. Bereits fünf Jahre später musste an eine Anpassung der Kläranlage an den Stand der Technik gedacht werden.

Im Abwasserverband Mittleres Triestingtal war die Abwasserreinigung zu diesem Zeitpunkt ebenfalls ein offenes Problem. Nach dem sich herausgestellt hat, dass eine gemeinsame Kläranlage der beiden Abwasserverbände die ökologisch und wirtschaftlich sinnvollste Lösung ist, wurde der Abwasserverband Mittleres Triestingtal aufgelöst und die Gemeinden Berndorf, Weißenbach an der Triesting, Pottenstein, Herrnstein und Furth an der Triesting wurden mit Anfang 1991 in den Gemeindeverband Abwasserbeseitigung Raum Bad Vöslau aufgenommen.

Die derzeitige Kläranlage wurde von 1993 bis 1996 für eine Ausbaugröße von 90.000 EW errichtet. Seit dem Jahre 1999 werden auch die Abwässer der NÖM AG, Betrieb Baden in die Kläranlage Bad Vöslau eingeleitet. Der Konsens für die Molkereiabwässer entspricht einer organischen Belastung von 30.000 EW. Für die Behandlung der Molkereiabwässer wurde das Belebungsbecken der ersten Ausbaustufe der Verbandskläranlage zu einem Kontaktschlammbecken umfunktioniert. Damit konnte mit minimalen Adaptierungsarbeiten die zusätzliche Belastung von 30.000 EW übernommen werden.

Nach dem bekannt war, dass eine Klärschlammdeponierung ab 1.1.2004 nicht mehr möglich ist und eine landwirtschaftliche Klärschlammverwertung aufgrund der Klärschlammqualität unrealistisch war wurde ab 2002 nach einem neuen Entsorgungsweg für die Klärschlammentsorgung gesucht. Im Jahre 2003 wurden die solare Klärschlamm-trocknung und die thermische Klärschlammverwertung errichtet.

Nach großtechnischen Versuchen zur Kofermentation von Räumgut von Fettabseidern in der Schlammfäulung wurde 2005 eine Fettannahmestation errichtet.

1.2 Kanalnetz und Einzugsgebiet

Das Einzugsgebiet der zentralen Kläranlage Bad Vöslau des Gemeindeverbandes Abwasserbeseitigung Raum Bad Vöslau umfasst elf Gemeinden. Die historisch gewachsenen Ortskanalnetze, die über Verbandssammelkanäle zusammengefasst wurden, sind teilweise als Trenn- und teilweise als Mischkanalisation ausgeführt.



Abbildung 1: Übersicht Verbandsgebiet mit Mischwasserentlastungen

Die Ortskanalnetze werden von den Gemeinden betrieben. Nur die Verbandshauptsammler werden vom Abwasserverband betrieben. Die Niederschlagswasserableitung und Behandlung ist nicht Aufgabe des Abwasserverbandes. Die Gemeinden mit Trennkanalisation betreiben jeweils ihr eigenes Regenwasserkanalsystem. In Gemeinde mit Mischwasserkanälen ist die Errichtung der erforderlichen Regenbecken derzeit noch Aufgabe der Gemeinden. Diese unglückliche Situation hat dazu geführt, dass die Gemeinden zum Teil Regenüberlaufbecken gebaut haben wobei in dieser unkoordinierten Vorgangsweise meist große Drosselabflüsse und Becken kleinen spezifischen Volumen gebaut wurden. Die Regenüberläufe die direkt an Verbandssammlern liegen haben derzeit noch keine Regenüberlaufbecken.

Eine Vorstudie zur Lösung der Mischwasserproblematik im Verbandsgebiet hat deutlich gezeigt, dass nur eine gesamtheitliche Betrachtung zu einer ökologisch und wirtschaftlich sinnvollen Lösung der Mischwasserproblematik führen kann.

Tabelle 1: Aufstellung der Gebiete mit Mischwasserkanälen

Gemeinde		Entwässerungssystem
Bad Vöslau	KG Bad Vöslau	Trennsystem
	KG Gainfarn	Trennsystem
	KG Grossau	Mischsystem
Kottingbrunn	gesamtes Gemeindegebiet	Trennsystem
Leobersdorf	gesamtes Gemeindegebiet	Mischsystem
Schönau/Tr.	nur KG Dornau -Siebenhaus im Verbandsgebiet	Mischsystem
Enzesfeld Lindabrunn	KG Lindabrunn	Trennsystem
	KG Enzesfeld	größtenteils Mischsystem
Hirtenberg	gesamtes Gemeindegebiet	Trennsystem
Berndorf	Berndorf – St. Veit	Mischsystem
	übriges Gemeindegebiet	Trennsystem
Pottenstein	gesamtes Gemeindegebiet	Trennsystem
Herrnstein	gesamtes Gemeindegebiet	Trennsystem
Weissenbach/Tr.	gesamtes Gemeindegebiet	Trennsystem
Furth/Tr.	gesamtes Gemeindegebiet	Trennsystem

Als Beispiel für die untrennbare Verknüpfung von Schmutzwasserkanal, Mischwasserentlastung und erforderlichen Regenbeckenvolumen sei hier die Situation in Berndorf - St. Veit genannt. Hier liegen 3 Regenüberläufe in Serie direkt am Verbandshauptsammler die derzeit noch ohne Regenüberlaufbecken in die Triesting entlasten. Oberhalb der Regenüberläufe von Berndorf - St. Veit werden in diesem Verbandshauptsammler die Schmutzwässer von ca. 20.000 EW erfasst und im Trennsystem abgeleitet. Die erforderlichen Volumen für die Regenbecken in Berndorf St. Veit werden damit wesentlich vom oberhalb liegenden Einzugsgebiet des Schmutzwasserkanalnetzes beeinflusst.

Das Alter sowie der Wartungs- und Erhaltungszustand der Gemeindekanäle ist recht unterschiedlich. Die Kanäle liegen über weite Strecken im Grundwasser mit dementsprechend großen Fremdwasseranteil im Zulauf zur Kläranlage.

2 Die Verbandskläranlage

Die Verbandskläranlage wurde nach der Erweiterung des Abwasserverbandes in den Jahren 1990 bis 1992 als einstufige Schwachlastbelebung mit Stickstoff- und Phosphorentfernung nach dem damaligen Stand des Wissens für die aufgrund der Immissionssituation hohen Anforderungen an die Reinigungsleistung konzipiert.

2.1 Beschreibung der Kläranlage – Abwasserlinie

In der folgenden Zusammenstellung sind die wesentlichen technischen Daten der Anlage ersichtlich. **Abbildung 2** zeigt den Lageplan der Kläranlage Bad Vöslau.

1. Zulauf-Messstation:

Q (Venturi), pH, LF; mengenproportionale Probennahme
(Tagesmischprobe)

2. mechanische Reinigung:

Rechen neu: Huber-Rotamat (1,2 cm Spaltweite) mit Rechengutwäsche
Rechen alt: Harkenrechen grob (2 cm Spaltweite), fein (1,2 cm Spaltweite)
Rundsandfang (Altbestand) $O = 14,2 \text{ m}^2$
Sandwäscher
Vorklärung: Rechteckbecken, $V = 600 \text{ m}^3$

3. zentrales Pumpwerk:

5 Tauchpumpen á 45 kW für:

Abwasser (2 Stk.), Rücklaufschlamm (2 Stk.), Beschickung des NKB alt, 2 Exzentrerschneckenpumpen für Überschussschlamm

4. Biologie:

BB alt: Umlaufbecken $V = 1800 \text{ m}^3$, als Kontaktbecken in Verwendung
2 Rührwerke; 2 x 7,5 m Rotoren (Antrieb á 30 kW) vorhandenBB neu: 2 Umlaufbecken $V = 2 \times 7500 \text{ m}^3$; je 6 x 9 m Rotoren (Antrieb á 45 kW) $d = 1,0 \text{ m}$; je 2 Rührwerke

5. Nachklärung:

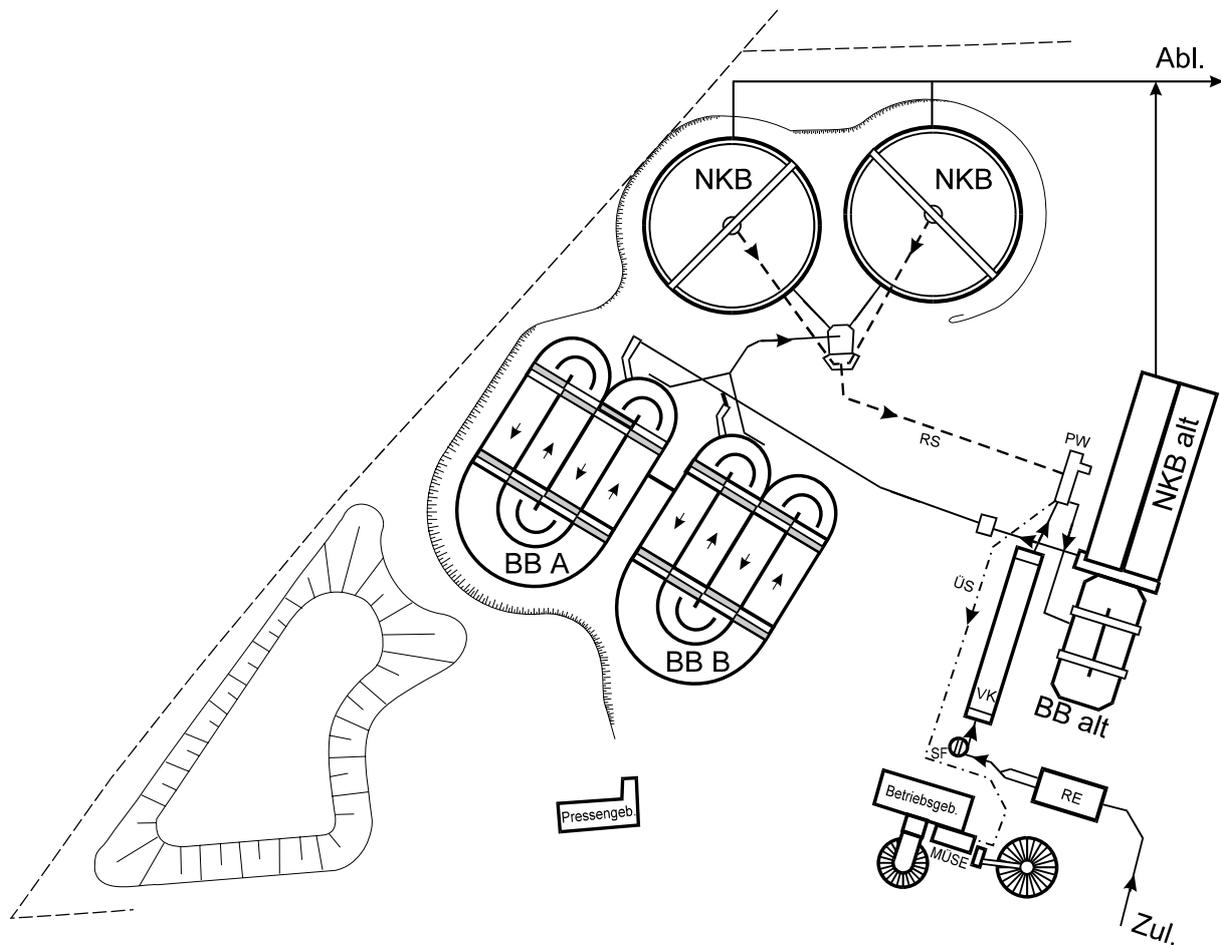
NKB-alt: Rechteckbecken horizontal durchstrómt $V = 3300 \text{ m}^3$ NKB-neu: 2 Rundbecken mit jeweils $O = 1590 \text{ m}^2$, $V = 5500 \text{ m}^3$ 

Abbildung 2: Übersichtslageplan Kläranlage Vöslau, Abwasserlinie

6. Messstation-Ablauf:Q, Temp., pH, NH₄-N, NO₃-N, PO₄-P (kontinuierlich)**7. Schlammbehandlung:**

Primärschlammendicker: V ~ 50 m³, 2 Rohschlammumpfen;
 maschinelle Überschussschlammendickung (MÜSE): 2 x Kombination
 Seihband mit Siebtrommel;
 Faulbehälter neu: V = 2500 m³;
 Faulbehälter alt: V = 1250 m³;
 Kammerfilterpresse

8. Blockheizkraftwerk

Leistung: 2 x 250 KW elektrisch
 2 x 400 KW thermisch

2.2 Bemessungsparameter der Kläranlage

Hydraulische Belastung:

Q _{TW}	260	l/s
	22.500	m ³ /d
Q _{M,max}	580	l/s
	50.0	m ³ /d

Die Kläranlage wurde für 90.000 EW mit Ausnahme der spezifischen Phosphorfracht nach den Standardwerten des ATV Arbeitsblattes A 131, Ausgabe 1991 bemessen

CSB-Fracht	10.800	kg/d	(i.M. 480 mg/l)
BSB ₅ -Fracht	5.400	kg/d	(i.M. 240 mg/l)
Schwebstofffracht	6.300	kg/d	(i.M. 280 mg/l)
Ges.-N-Fracht	990	kg/d	(i.M. 44 mg/l)
Ges.-P-Fracht	112	kg/d	(i.M. 5 mg/l)

Bemessungsfrachten Zulauf Belebung (Ablauf Vorklärung)

CSB-Fracht	9.000	kg/d	(i.M. 400 mg/l)
BSB ₅ -Fracht	4.500	kg/d	(i.M. 200 mg/l)
Schwebstofffracht	4.500	kg/d	(i.M. 200 mg/l)
Ges.-N-Fracht	900	kg/d	(i.M. 40 mg/l)
Ges.-P-Fracht	90	kg/d	(i.M. 4 mg/l)

Maßgebliche Bemessungstemperatur im Winter: 8 °C

Abwassertechnische Parameter:

BSB ₅ -Baumbelastung	0,3	kg(m ³ .d)
BSB ₅ -Schlammbelastung	0,07	kg/(kg.d)
Schlammalter	14	d
Minimales aerobes Schlammalter bei 8 °C	9,4	d

Im Zuge der wasserrechtlichen Bewilligung der Kläranlage im Jahr 1991 wurden folgende Ablaufgrenzwerte festgelegt:

Ablaufkonzentrationen:

BSB ₅ :	max. 20 mg/l
CSB:	max. 75 mg/l
NH ₄ -N	max. 5 mg/l bei Temperaturen ≥ 5 °C
P-Ges.	max. 0,8 mg/l

Reinigungsleistung:

N-Ges.	70 % bei Temperaturen über 12 °C
N-Ges.	60 % bei Temperaturen über 8 °C

Mit der Konsenserweiterung für die Behandlung der Molkereiabwässer Einleitung wurde der Konsens für die Belebung auf 95.000 EW erweitert und die Ablaufgrenzwerte in folgender Form verschärft:

Ablaufkonzentrationen:

BSB ₅ :	max. 12 mg/l
CSB:	max. 75 mg/l
NH ₄ -N	max. 3 mg/l bei Temperaturen ≥ 5 °C
P-Ges.	max. 0,8 mg/l

Reinigungsleistung:

BSB ₅ :	96 %
--------------------	------

CSB: 85 %
N-Ges. 70 % bei Temperaturen über 12 °C

2.3 Betriebsergebnisse und Betriebserfahrungen

Die Abwasserlinie ist durch das kommunale Abwasser durchschnittlich mit ca. 65.000 EW belastet. Aus Mittelwert + Standardabweichung der organischen Belastung ergibt sich eine Bemessungsbelastung von knapp 80.000 EW. Die Kläranlage ist damit gegenüber der ursprünglichen Bemessung zu 85 bis 90 % ausgelastet.

Zusätzlich wird die Belebung noch von den Rückläufen der Schlammbehandlung belastet, wobei jedoch nur die Rückbelastung von 80 bis 100 kg NH₄-N/d für die Belebung relevant ist.

Obwohl das Kanalnetz überwiegend ein gutes Gefälle aufweist ist an Tagen mit geringen Niederschlägen die CSB- und die Ges.-N Zulaufkraft auffallend hoch was vermutlich durch Mobilisierung von Ablagerungen im Kanalnetz verursacht wird.

Die NH₄-N Ablaufkonzentration liegt im Jahresmittel bei 0,19 mg/l. Die lückenlose Einhaltung des Grenzwertes von 3,0 mg/l NH₄-N ist bei vorausschauender Betriebsführung problemlos möglich. An Regenwettertagen mit hoher Zulaufkraft kommt es häufig zu einem leichtem Anstieg der NH₄-N – Ablaufkonzentration.

Bei der Stickstoffentfernung wird im Jahresmittel ein Wirkungsgrad von über 90 % erreicht, wobei in dieser Berechnung der organisch gebundene Stickstoff im Ablauf nicht berücksichtigt wird. Mit Berücksichtigung von 1 bis 2 mg/l organisch gebundenem Stickstoff im Ablauf beträgt die Stickstoffentfernung 85 bis 90 %.

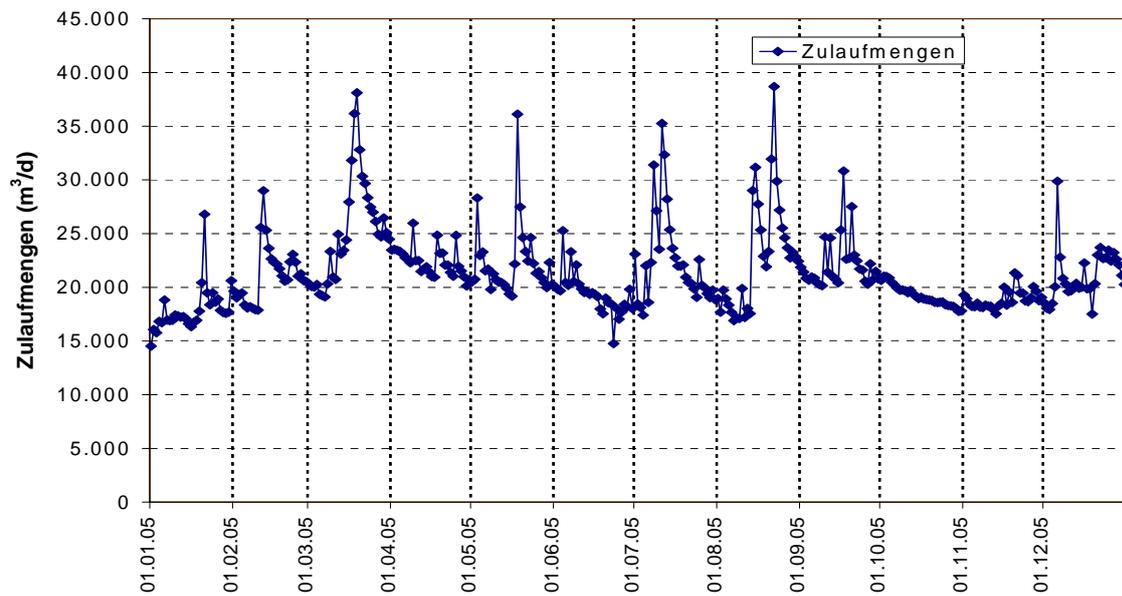


Abbildung 3: Zulaufmengen kommunales Abwasser

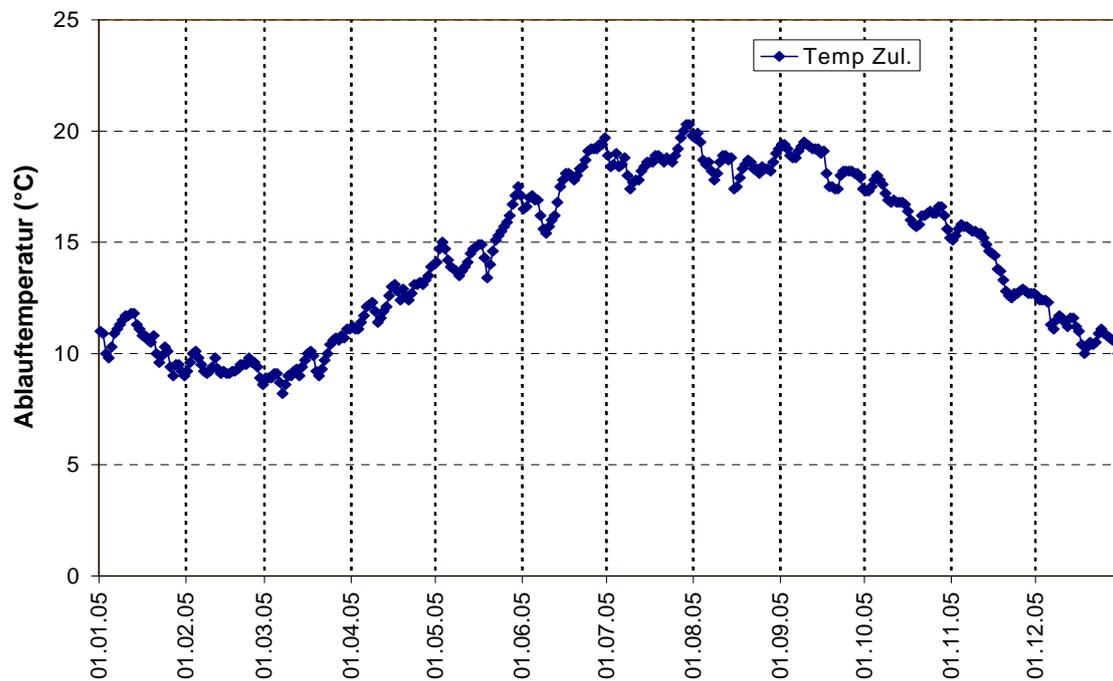


Abbildung 4: Ablauftemperatur

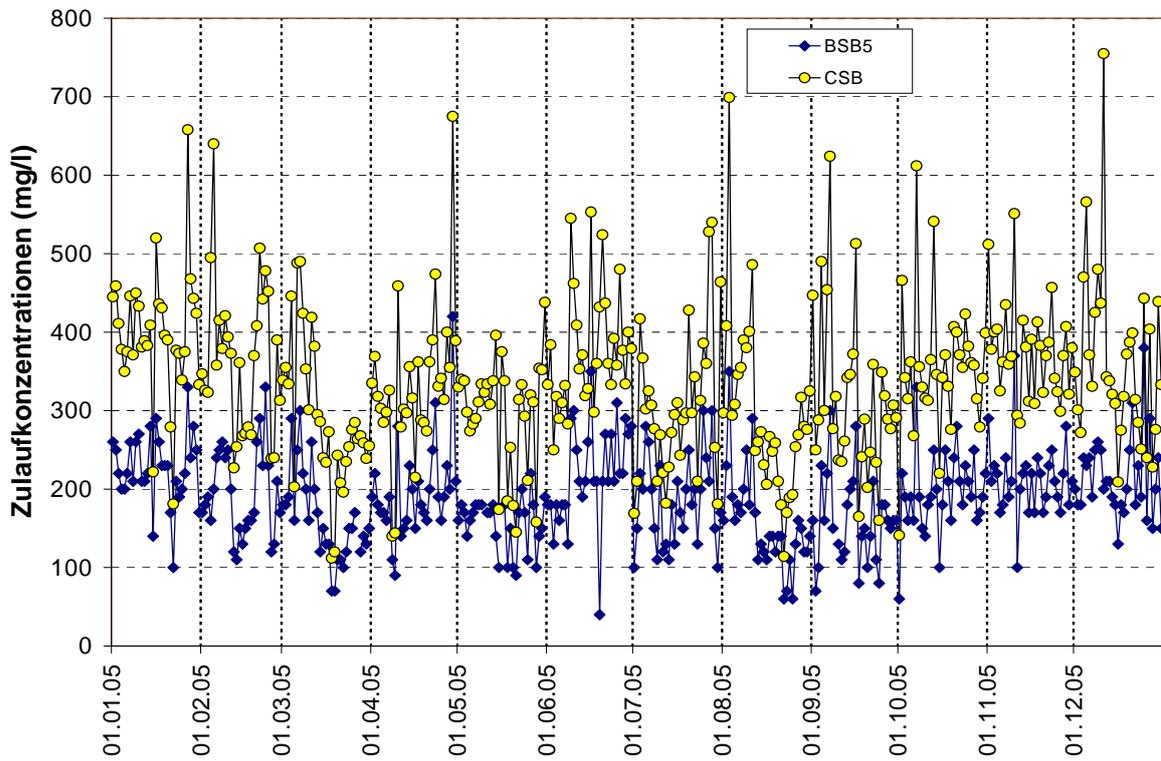


Abbildung 5: BSB₅- und CSB Zulaufkonzentrationen

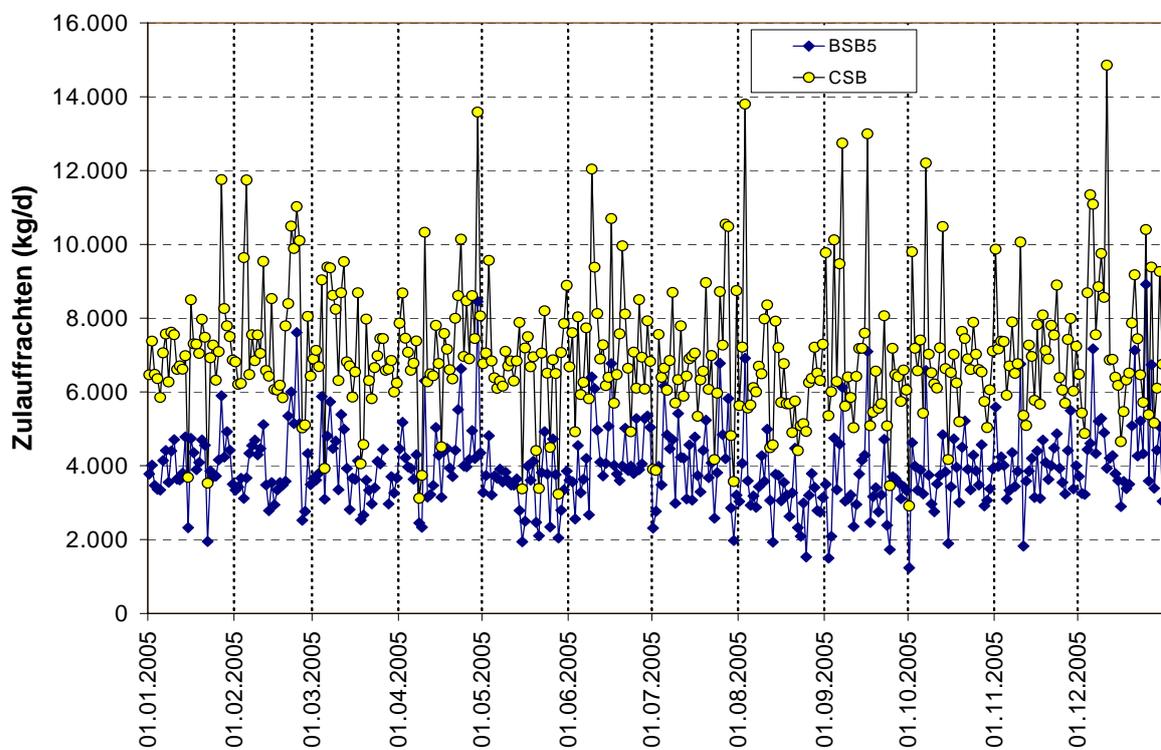
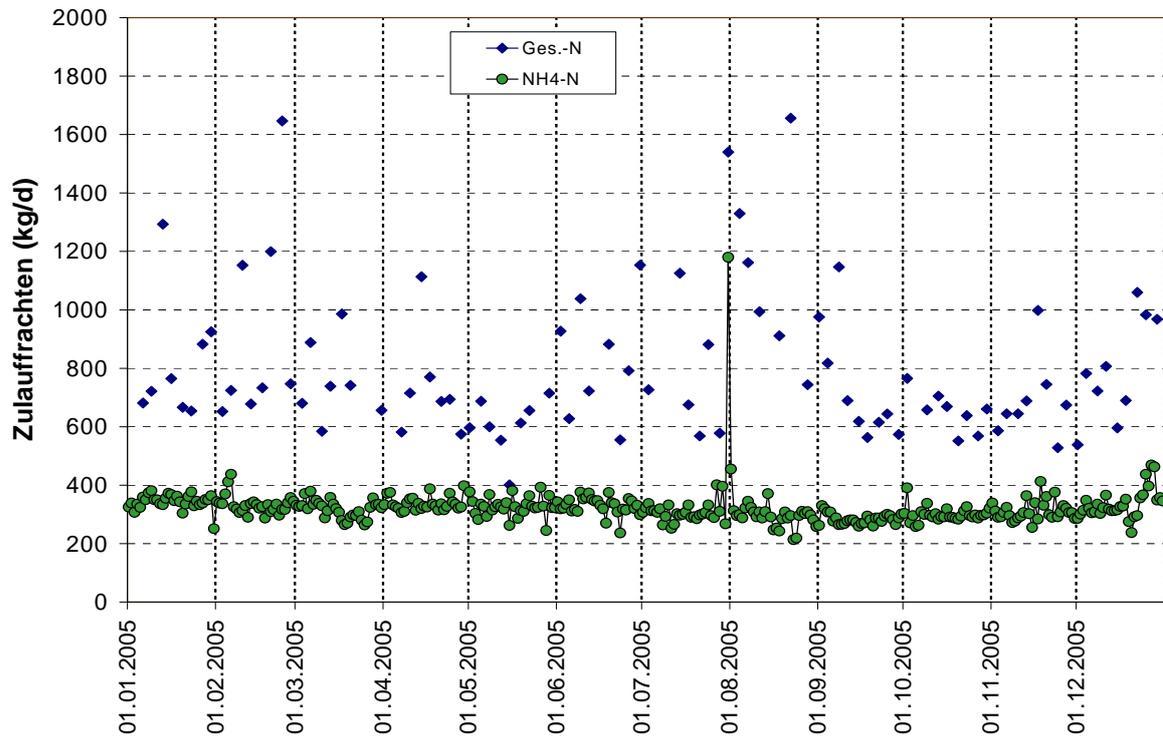
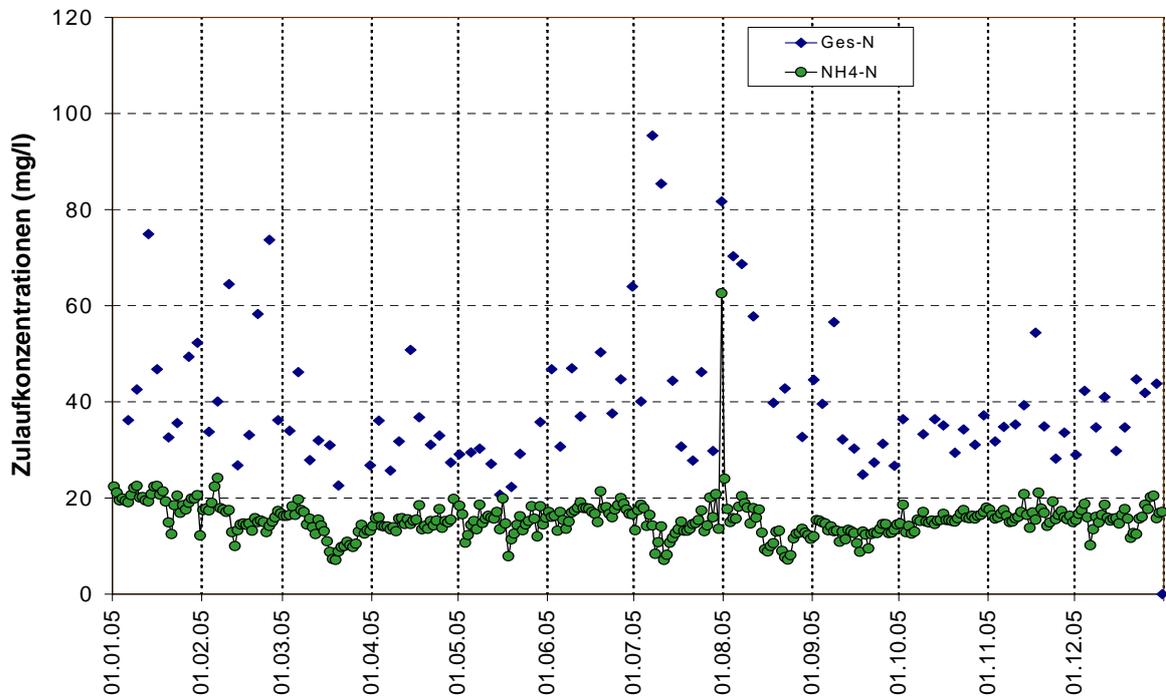


Abbildung 6: BSB₅- und CSB Zulauffrachten

Abbildung 7: NH₄-N und Ges.-N Zulaufmengen kommunalAbbildung 8: NH₄-N und Ges.-N Zulaufkonzentrationen kommunal

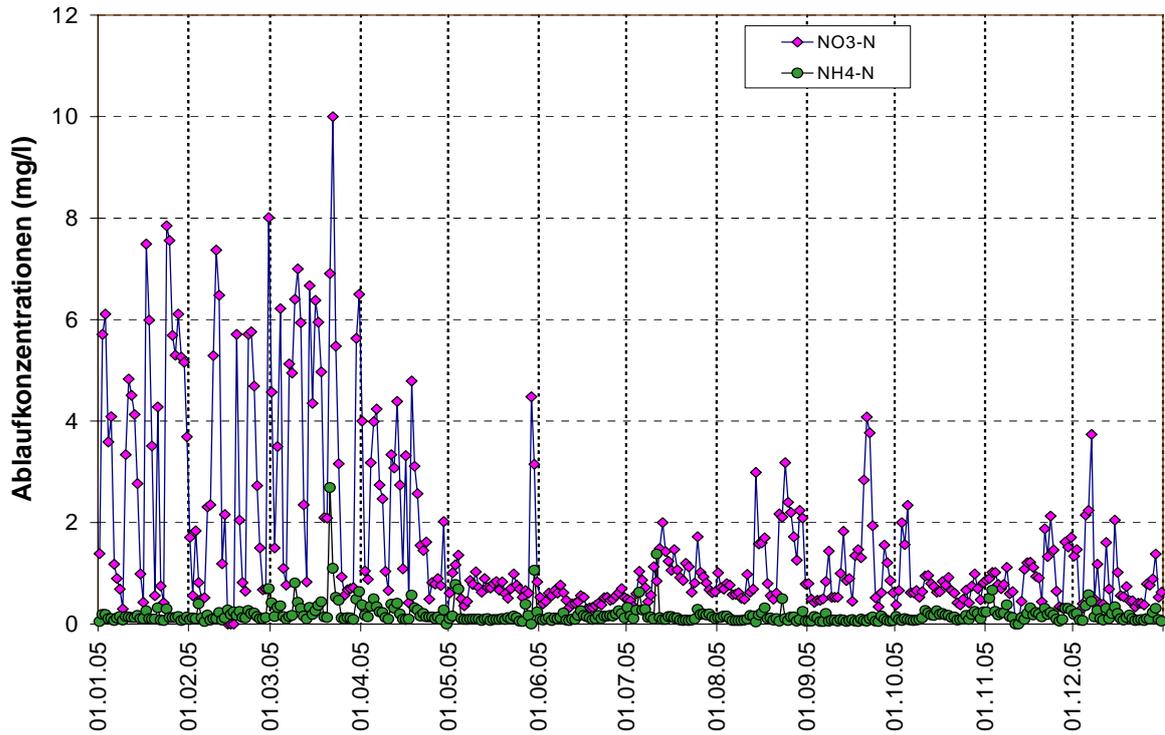


Abbildung 9: $\text{NH}_4\text{-N}$ und $\text{NO}_3\text{-N}$ Ablaufkonzentrationen

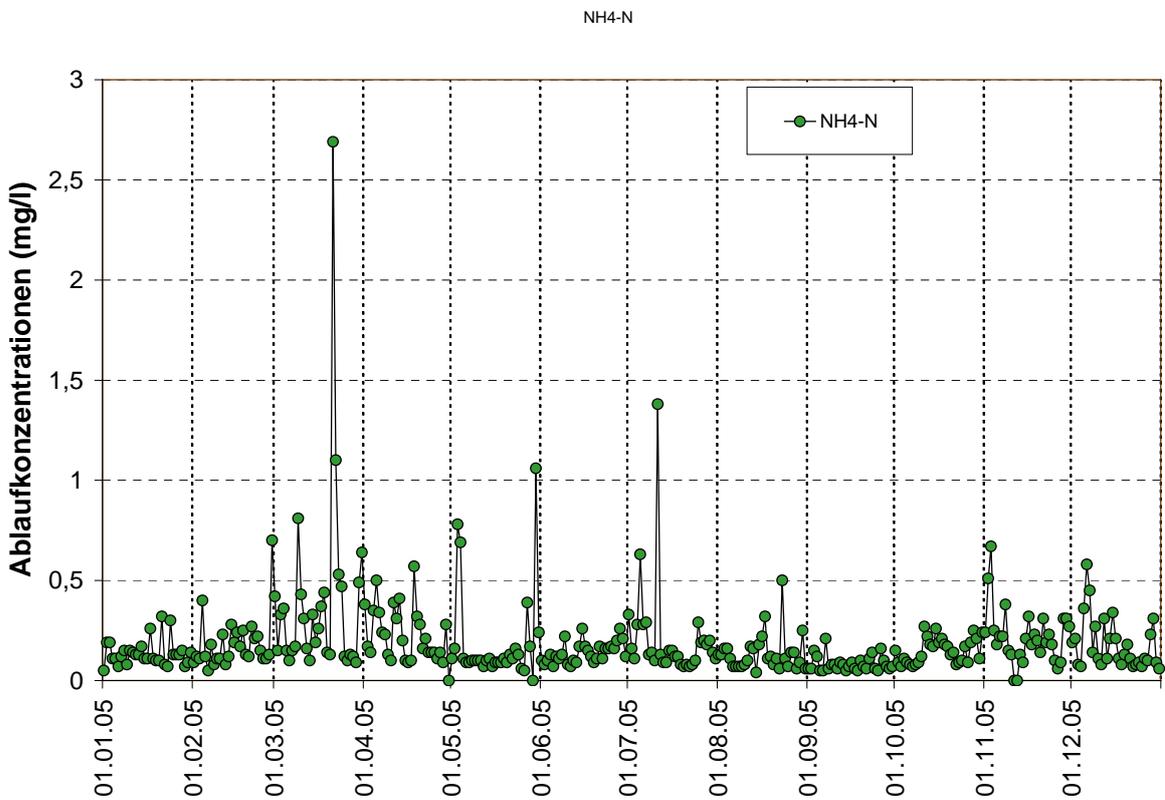


Abbildung 10: $\text{NH}_4\text{-N}$ Ablaufkonzentrationen

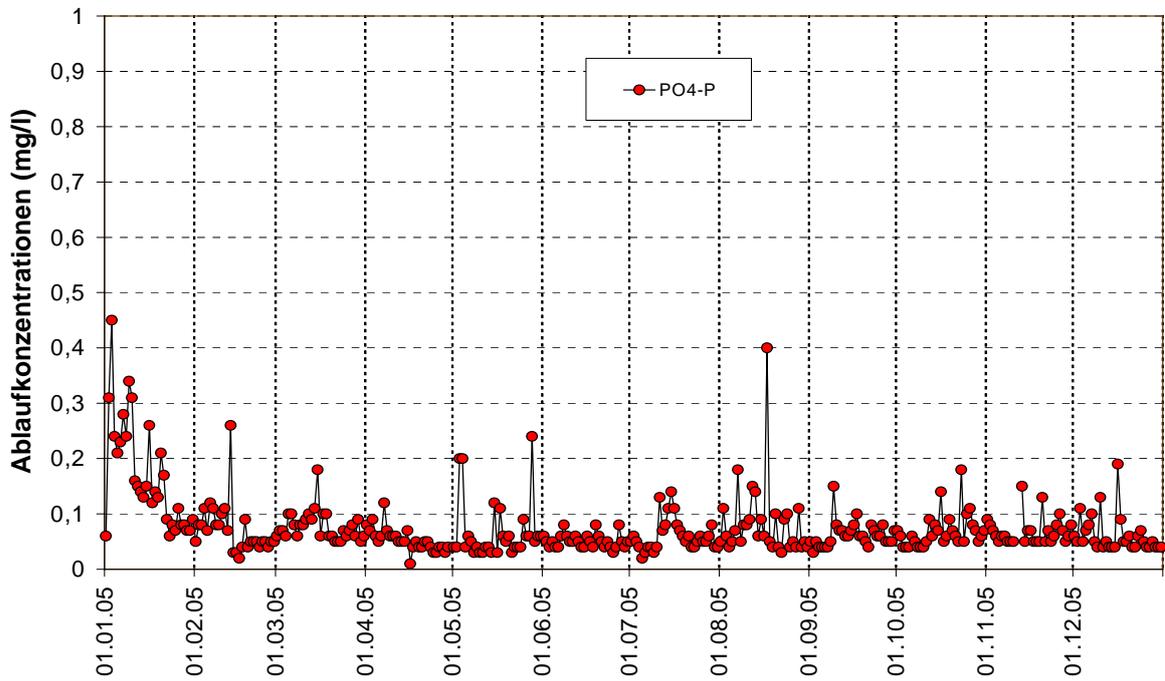


Abbildung 11: PO₄-P Ablaufkonzentration

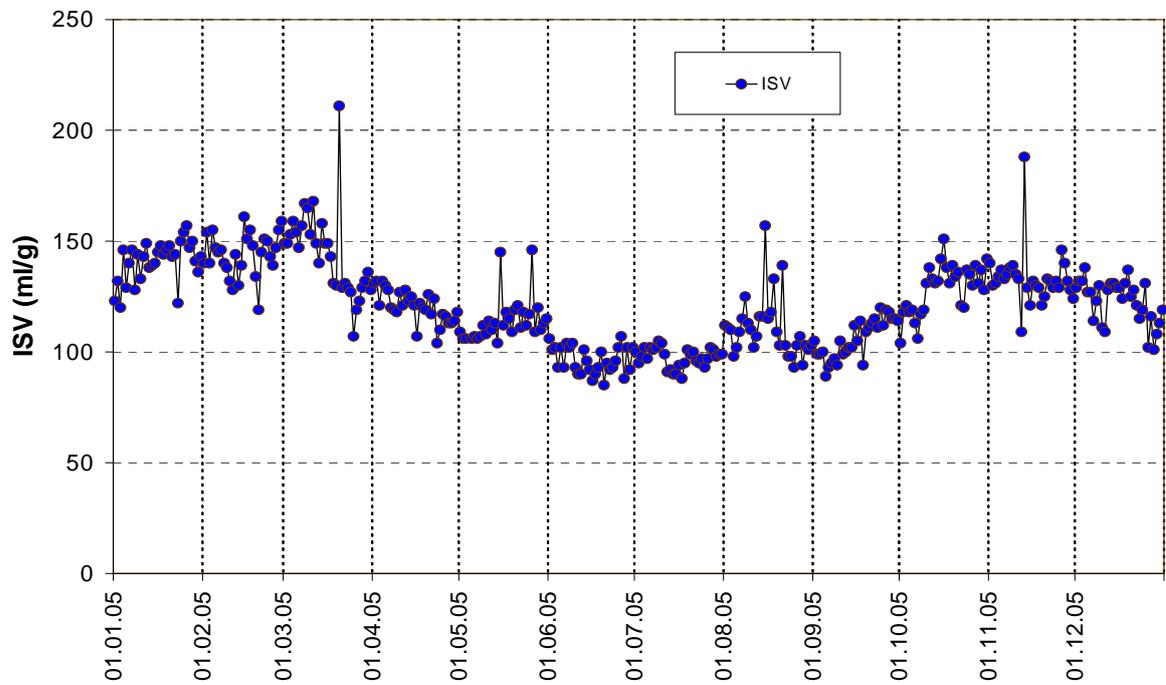


Abbildung 12: Schlammindex

Der Schlammindeix liegt im Sommer bei ca. 100 ml/g und im Winter bei ca. 150 ml/g und zeigt einen typischen Jahresgang.

3 Behandlung der Molkereiabwässer

3.1 Erforderliche Adaptierungsmaßnahmen

Zur Adaptierung der Kläranlage zur Mitbehandlung der Molkereiabwässer wurden folgende Maßnahmen getroffen:

Errichtung einer Abwasserdruckleitung von der Molkerei zur Kläranlage mit Übernahme- und Messstation für die Molkereiabwässer mit Mengen- pH-Messung und mengenproportionaler Probennahme.

Errichtung der erforderlichen Leitungen, damit der Überschussschlamm und das Molkereiabwasser in das Kontaktbecken geleitet werden können.

Errichtung der erforderlichen Pumpen, damit der Schlamm aus dem Kontaktbecken zur Überschussschlammwässerung gepumpt werden kann.

Einrichtung einer Steuerung für den Überschussschlammabzug und den Betrieb der maschinellen Überschussschlammwässerung in Abhängigkeit vom Abwasseranfall aus der Molkerei.

3.2 Verfahrensbeschreibung

Die kommunalen Abwässer werden nach Rechen und Sandfang zum Teil über das Vorklärbecken geführt. Die darüber hinausgehende Abwassermenge wird direkt in die Belebung eingeleitet. Die beiden Belebungsbecken werden in Serie betrieben. Der Ablauf aus der Belebung wird auf die drei Nachklärbecken aufgeteilt. Der Überschussschlamm wird aus dem Rücklaufschlammkreislauf abgezogen und in das Kontaktbecken eingebracht. Die betrieblichen Abwässer der NÖM AG werden ebenfalls direkt in das Kontaktbecken eingeleitet. Die Entfernung der organischen Abwasserinhaltsstoffe erfolgt im Kontaktbecken vorwiegend durch Speicherung im Überschussschlamm, zum Teil aber auch durch aeroben Abbau. Der Schlamm aus dem Kontaktbecken wird im Ausmaß des Abwasseranfalles der NÖM AG und des Überschussschlammmanfalles

abgezogen und in der maschinellen Überschussschlammwässerung entwässert. Der eingedickte Überschussschlamm wird gemeinsam mit dem Primärschlamm in die Faulung eingebracht. Das Filtrat aus der maschinellen Überschussschlammwässerung wird in die Belebung eingeleitet. Die beiden Faultürme werden in Serie betrieben, ein Trübwasserabzug aus der Faulung erfolgt nicht. Der ausgefaulte Schlamm wird in der Kammerfilterpresse entwässert. Das Presswasser wird in die Belebung zurückgeführt.

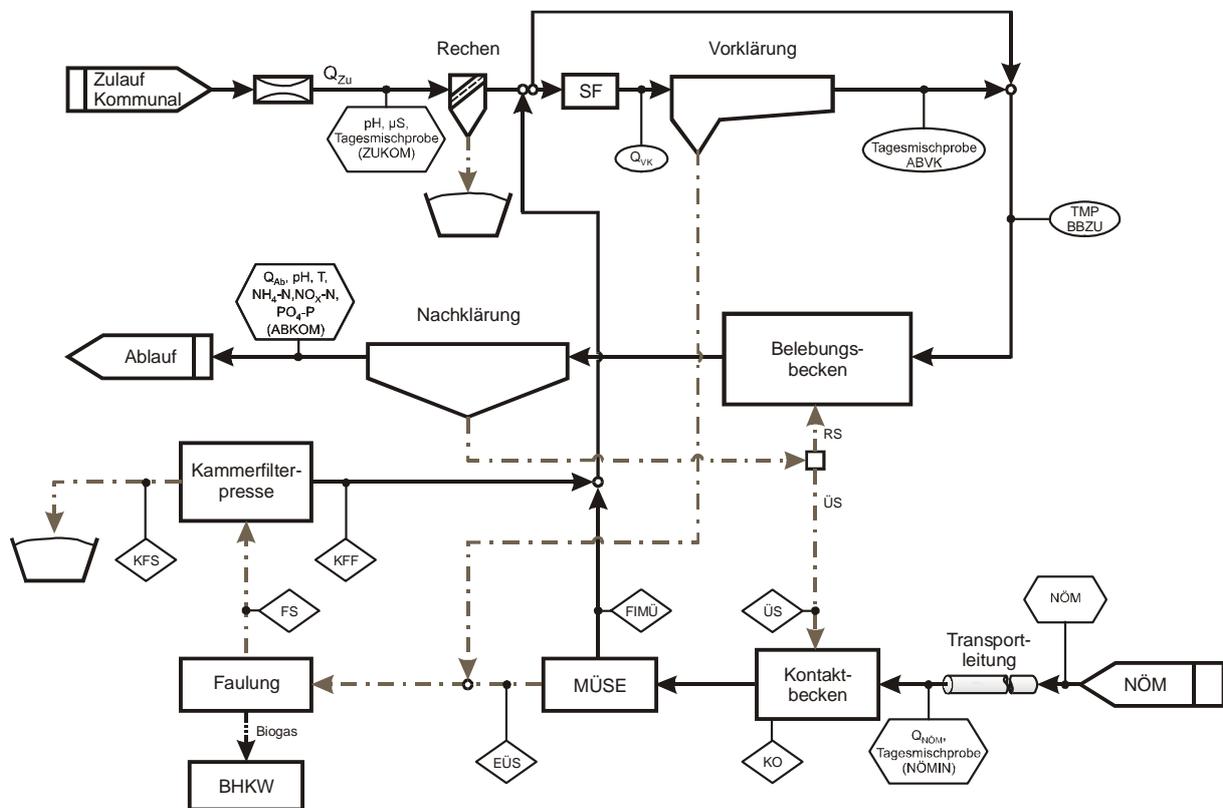


Abbildung 13: Fließschema der Kläranlage Vöslau

3.3 Betriebsergebnisse der Molkereiabwasserbehandlung

3.3.1 CSB-Bilanz

Nach Inbetriebnahme des Kontaktbeckens wurde die Wirkungsweise im Frühjahr 2000 über einen Zeitraum von 10 Tagen detailliert untersucht.

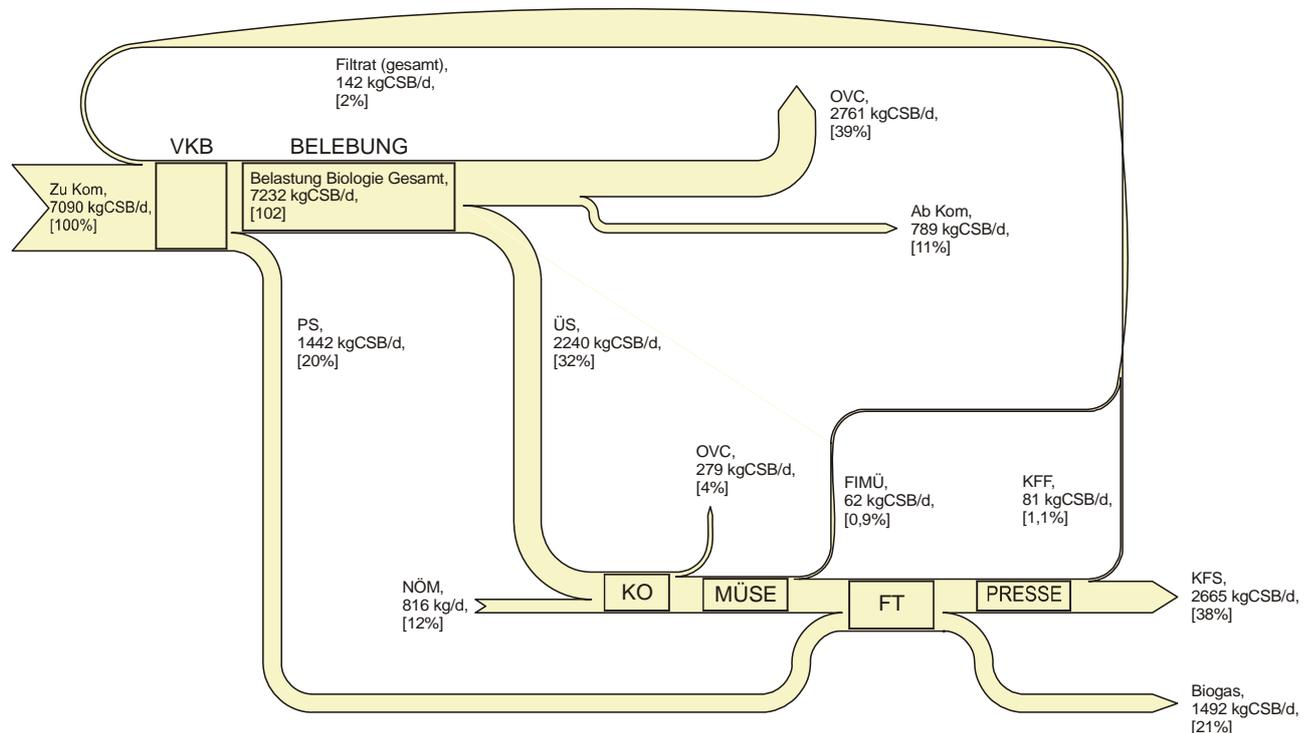


Abbildung 14: Schematische Darstellung der CSB-Bilanz, Untersuchung im April 2000

Im Untersuchungszeitraum wurden durchschnittlich 570 m^3 Molkereiabwasser mit einer CSB-Fracht von durchschnittlich 816 kg CSB/d in das Kontaktbecken eingeleitet. Im gleichen Zeitraum wurden durchschnittlich 262 m^3 Überschussschlamm mit einer CSB-Fracht von durchschnittlich 2587 kg/d in das Kontaktbecken eingeleitet. Die Belastung lag damit bei ca. 25 % der vorgesehenen Maximalbelastung. Die Belüftung war im Untersuchungszeitraum reichlich. Im Untersuchungszeitraum wurden ca. 35 % des im Molkereiabwasser enthaltenen CSB veratmet, ca. 57 % wurden mit dem eingedickten Schlamm in die Faulung eingebracht und 8 % wurden über das Filtratwasser der MÜSE in die Belebung eingeleitet.

Die Auswertung der Daten des Jahres 2004 ergibt folgendes Bild:

Die Abwassermenge der NÖM beträgt im Jahresmittel $821 \text{ m}^3/\text{d}$ mit einem Maximalwert von $1.098 \text{ m}^3/\text{d}$. Die CSB-Zulauffracht beträgt im Mittel 2.464 kg/d mit einem Maximalwert von 5420 kg/d .

Im Jahr 2004 wurden vom Ablauf der MÜSE an 102 Tagen Stichproben entnommen und analysiert. Die CSB-Fracht der filtrierten Probe Ablauf der MÜSE beträgt im Mittel 45 kg/d. Die CSB-Fracht der unfiltrierten Probe Ablauf der MÜSE beträgt im Mittel 137 kg/d. Der Mittelwert + Standardabweichung 181 kg/d. An 2 von 102 Messtagen gab es eine infolge technischer Störungen durch unzureichende Belüftung im Kontaktbecken bzw. durch Probleme mit der MÜSE mit bis zu 1.114 kg CSB/d erhöhte Belastungen für die Abwasserlinie, die jedoch zu keiner Beeinträchtigung der Reinigungsleistung der Kläranlage geführt haben.

Die CSB Fracht im Ablauf der MÜSE beträgt damit im Mittel ca. 5 % der im Molkereiabwasser enthaltenen CSB Fracht. In dieser Fracht ist noch die CSB Restbelastung aus dem Überschussschlamm enthalten.

3.3.2 Stickstoffbilanz

Bei der Untersuchung im Jahr 2000 wurde der im Molkereiabwasser enthaltene Stickstoff bei reichlicher Belüftung vollständig nitrifiziert und über das Filtratwasser der MÜSE in die Belebung eingebracht. Nach Vorliegen dieser Untersuchungsergebnisse wurde die Belüftung im Kontaktbecken im Hinblick auf eine wirtschaftliche Sauerstoffzufuhr und Stickstoffentfernung optimiert.

Im Jahr 2004 betrug die Ges-N-Fracht der Molkereiabwässer 98 kg/d (Mittelwert aus 102 Stichprobenmessungen) und im Filtratwasser der MÜSE 6 kg/d. Mit steigender N-Fracht im Molkereiabwasser muss damit gerechnet werden, dass das $\text{NH}_4\text{-N}$ nicht mehr vollständig nitrifiziert werden kann und die Belebung wieder mit Stickstoff belastet wird.

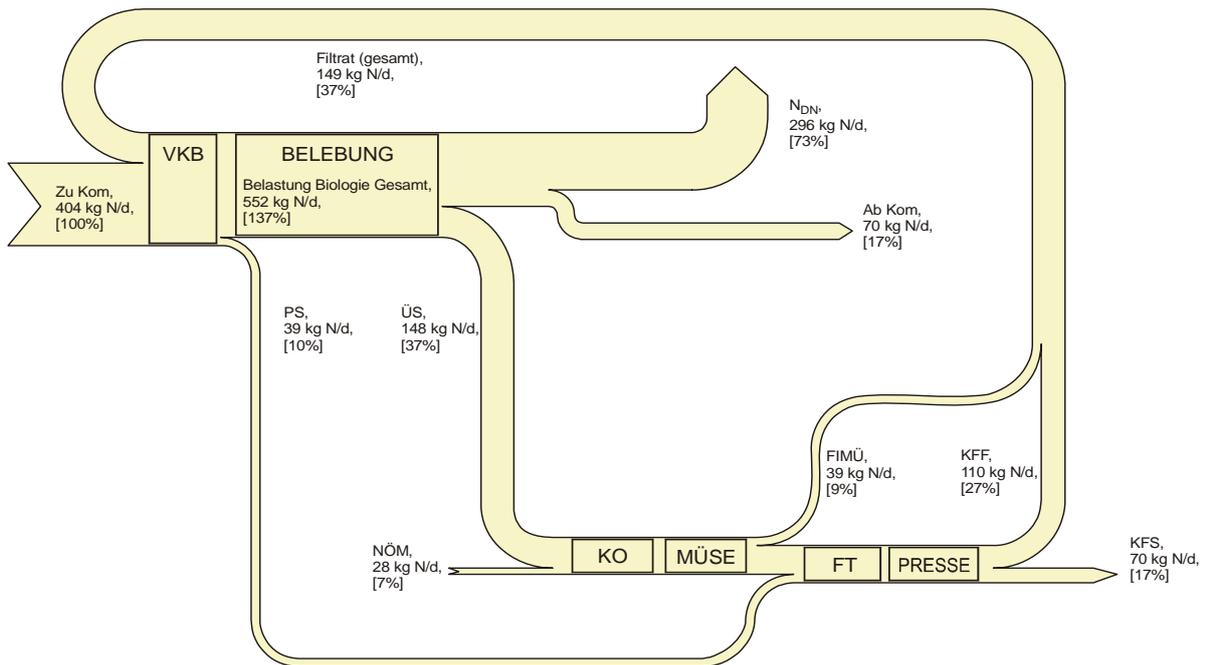


Abbildung 15: Schematische Darstellung Stickstoffbilanz, Untersuchung im April 2000

3.3.3 Phosphorbilanz

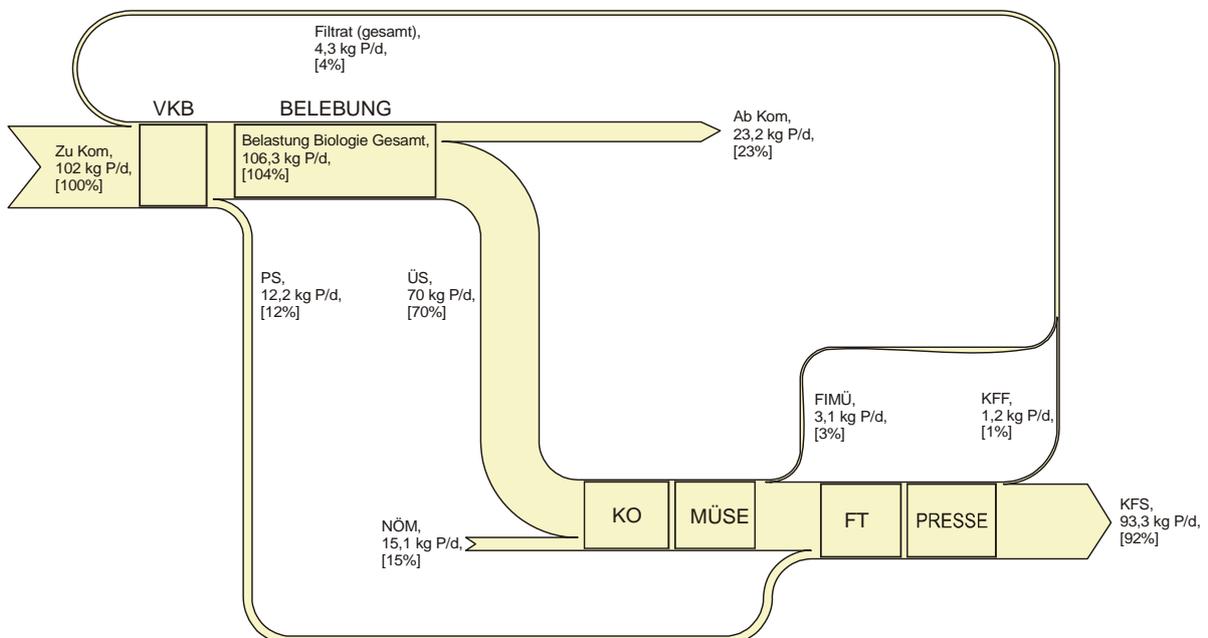


Abbildung 16: Schematische Darstellung Phosphorbilanz Untersuchung im April 2000

Bei der Untersuchung im April wurden 80 % (13 kg P/d) des vom Molkereiabwasser gelieferten Phosphors im Kontaktbecken mit dem im

Überschussschlamm vorhandenen Fällmittel im Kontaktbecken gefällt und mit dem Schlamm in die Faulung eingebracht.

Der ausgefaulte Schlamm wird vor Einbringung in die Kammerfilterpresse mit Eisenchlorid und organischem Flockungsmittel konditioniert. Damit wird das in der Faulung freigesetzte Phosphat weitestgehend gefällt und verbleibt im Filterkuchen. Die Phosphor-Rückbelastung durch das Filtratwasser der Kammerfilterpresse ist für die Belastung der Belebung ein vernachlässigbarer Faktor.

3.4 Schlammfäulung und Fettübernahme

Derzeit wird die Faulungs- und Biogasanlage der Verbandskläranlage Bad Vöslau erweitert und umgebaut. Ziel des Umbaus ist es, fetthaltige Abfallstoffe aus dem Verbandsgebiet der Faulung beizumengen um dadurch die Biogasproduktion zu steigern. Ein weiteres Ziel ist es die bestehende Biogasanlage zu optimieren.

Die flüssigen fetthaltigen Abfälle werden über einen Rechen von groben Verunreinigungen getrennt und in einem Becken zwischengespeichert. Von diesem Becken aus wird eine Fett-Flotation beschickt, welche das Fett von den flüssigen Bestandteilen trennt. Die Fette werden dem Umwälzkreislauf der Faultürme beigemischt. Die anfallenden flüssigen Abwässer werden dem Zulauf der Kläranlage beigemischt.

Die Fettannahmestation ist auf eine Annahmehöhe von bis zu 600 m³/Woche fetthaltige Abwässer ausgelegt. Die Beschickung der Faulung erfolgt gleichmäßig über 7 Tage die Woche, wobei bis zu ca. 6000 kg CSB/d in die Faulung eingebracht werden können.

Das von den Faultürmen produzierte Biogas wird in einem Gasspeicher zwischengespeichert und konstant auf Druck gehalten. Dadurch wird der Betrieb von Biogasverbrauchern erheblich verbessert, da die Druckschwankungen und Mengenschwankungen der Faultürme ausgeglichen werden. Verbraucher sind zwei Blockheizkraftwerke sowie zwei Gasheizkessel. Sollte der Gasspeicher voll sein und ist die benötigte Verbrauchsmenge gedeckt, so wird das Biogas verdichtet und in einem Hochdruck-Gasbündel gespeichert.

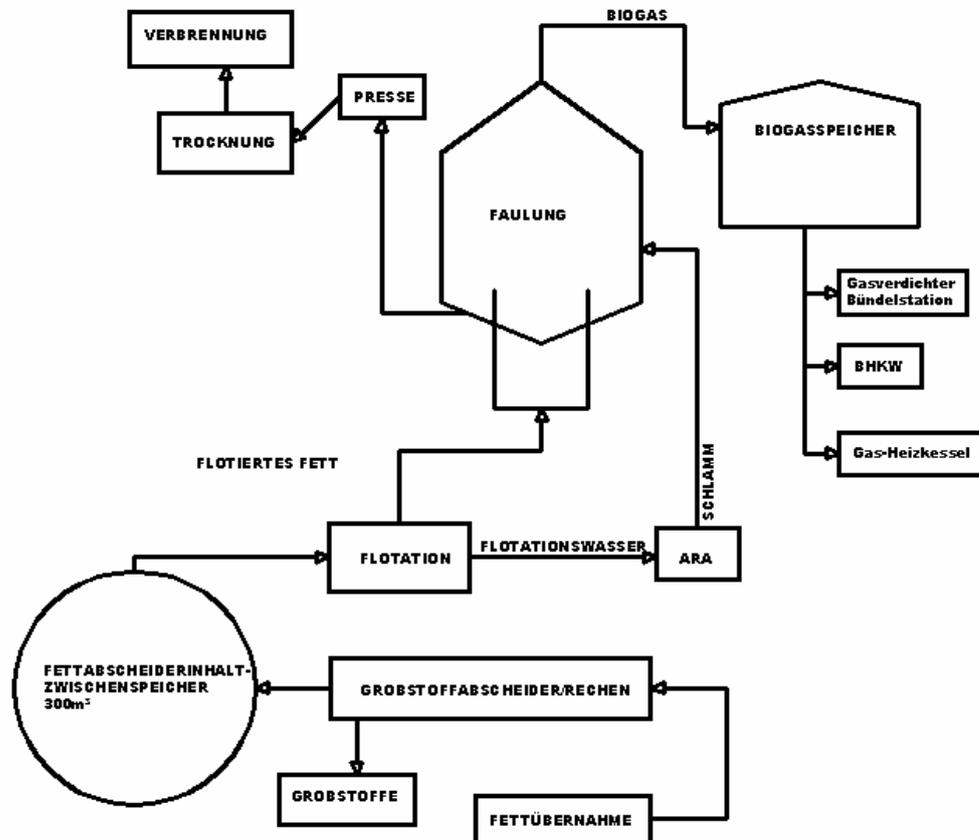


Abbildung 17: Schematische Darstellung Fettannahme – Biogasanlage ARA Bad Vöslau

4 Klärschlamm-trocknung und thermische Verwertung

Der anfallende gepresste Klärschlamm wird in Containern gesammelt und anschließend mit einem LKW in die solaren Trocknungshallen transportiert. Dort wird der Klärschlamm gleichmäßig aufgebracht und getrocknet. Nach erfolgter Trocknung wird der Klärschlamm in einen Sammelbunker geschoben und mit einem Schneckenförderer diskontinuierlich in die thermische Verwertung weitergeleitet. Die thermische Verwertung besitzt einen kleinen Schlammvorratsbunker, von dem aus der Wirbelschichtofen kontinuierlich mit Klärschlamm beschickt wird. Die anfallenden Verbrennungs- und Rauchgasreinigungsrückstände werden aus dem Rauchgas gefiltert und in abgedeckte Container verfüllt. Die anfallenden Rückstände werden auf eine Restmassendeponie gebracht.

4.1 Beschreibung der Klärschlamm-trocknung und Auslegungsdaten

Die Aufgabe der Klärschlamm-trocknung ist es, den gepressten Klärschlamm soviel Wasser zu entziehen, dass dieser autark thermisch verwertet werden kann.

Die Klärschlamm-trocknung der Verbandskläranlage Bad Vöslau ist als solare Klärschlamm-trocknungsanlage ausgeführt. Diese solare Trocknungsanlage kann in folgende 3 Grundbestandteile eingeteilt werden:

a) Trocknungshallen

Die Trocknungshallen sind für die Lagerung während der Trocknungszeit und für die Nutzung der solaren Energie zuständig. Die Hallenkonstruktion ist als Stahlrahmenskelett mit Polycarbonatstegplattenverkleidung ausgeführt. Diese Konstruktion ist mit einem Glashaus vergleichbar und kann mit Hilfe des Glashauseffektes die Sonnenenergie in Form von Wärmeenergie nutzen. Diese Energie wird zur Verdunstung des im Klärschlamm enthaltenen Wassers verwendet.

b) Wendeeinrichtung

Um in den Hallen einen möglichst guten Kontakt zwischen feuchtem Klärschlamm und warmer Luft herzustellen, wird der Klärschlamm mit Hilfe von sog. Wendeschweinen in gesteuerten Zeitschritten verteilt und zerkleinert. Je besser die Wendeeinrichtung funktioniert, desto effektiver ist die Umsetzung der eingebrachten Wärme in Verdunstungsenergie.

c) Klimasteuerung

Die Klimasteuerung ist für den Ablauf und die Steuerung der Trocknungszyklen zuständig. Als Trocknungszyklus kann bezeichnet werden:

- Trocknung (Verdampfung von Wasser)
- Frischlufteinleitung
- Feuchtluftausschleußung
- Wende- und Zerteilungszyklus
- Zuheizen über Wärmetauscher

Als Eingangsparameter der Steuerung werden das Außenklima (Temperatur, Luftfeuchte, solare Einstrahlung) und das Halleninnenklima (Temperatur, Luftfeuchtigkeit) herangezogen. Die Steuerung optimiert die Verdunstungsleistung und sorgt für eine möglichst kurze Trocknungsdauer.

Auslegungsdaten:

Alle Angaben beziehen sich auf die Anlage in Bad Vöslau.

Trocknungshallen:	Fläche:	0,42 m ² /t H ₂ O*Jahr (Verdunstungsleistung)
	Höhe:	6,5 m (Aufkippen von Containern)

Trockenzeit: 8-21 Tage (von 28% TS auf 60% TS)

Wärmebedarf zuheizen:

Minimum:	0 kW _{therm}
Maximum:	1100 kW _{therm}
Schnitt:	600 kW _{therm}

Elektrische Anschlussleistung: 60 kW_{el}

4.2 Beschreibung der Verbrennung und Auslegungsdaten

In der thermischen Verwertung wird der organische Anteil des getrockneten Klärschlammes in Wärmeenergie umgewandelt. Dazu ist kein Einsatz von Fremdenergie notwendig, d.h. eine autarke Verbrennung des Klärschlammes stellt sich ein. Der Prozess der thermischen Verwertung lässt sich in folgende 5 Gruppen einteilen:

- Beschickung

Der getrocknete Klärschlamm wird diskontinuierlich in einen kleinen Vorratsbehälter gefördert. Von hier wird der Klärschlamm kontinuierlich, je nach Heizwertbedarf der thermischen Verwertung, über einen

Wurfbeschicker der Wirbelschichtfeuerung zugeführt. Das anfallende Rechengut der Verbandskläranlage wird über einen Schneckenförderer ebenfalls in Wirbelschichtfeuerung eingebracht.

- Thermische Verwertung

Die thermische Verwertung setzt sich aus zwei Verwertungsfasen zusammen. Zuerst wird der eingeworfene Klärschlamm und das Rechengut in einer ca. 600 °C heißen Quarzsandwirbelschicht ausgegast. Alle organischen Bestandteile sind nun gasförmig und werden anschließend in der so genannten Nachverbrennung bei Temperaturen über 850 °C verbrannt. Die anorganischen Rückstände werden mit dem Rauchgasstrom weiter transportiert.

- Energiegewinnung

Die Wärmeenergie wird über einen Thermoölmärmetauscher aus dem Rauchgasstrom entnommen. Das Rauchgas kühlt dabei von ca. 850 °C auf ca. 400 °C ab.

- Rauchgasreinigung

Da zwischen 400 °C und 200 °C Dioxine entstehen können, wird der Rauchgasstrom nach dem Wärmetauscher in einer Wasserquench durch Berieselung mit Wasser auf ca. 200°C abgekühlt. Um andere Luftschadstoffe zu binden wird weilers Aktivkohle eingedüst. Die Schwefelverbindungen im Rauchgas werden mit eingedüstem Kalk gebunden.

- Ausscheidung von Rückständen

Alle anfallenden Feststoffe im Rauchgas werden mit einem Rauchgasfilter abgeschieden und über Schneckenförderer in geschlossene Container verfüllt. Das anfallende Material ist zur Ablagerung auf Restmassendeponien geeignet.

Auslegungsdaten

Input:

Allgemein:

Heizwert > 5,5 MJ/kg um autarke Verbrennung zu ermöglichen
Anlagendaten thermische Verwertung Verbandskläranlage Bad Vöslau

Kommunaler Klärschlamm:	500 kg TS/h
TS Input:	60-80%
Anteil inerter Stoffe:	45-60 % von TS
Elektrische Energie:	~ 95 kW _{el}
Stützflamme, Erdgas oder Biogas:	20 Nm ³ /h
Druckluft:	36 Nm ³ /h
Sand:	3 kg/h
Aktivkohle:	2 kg/h
Kalkhydrat:	18 kg/h
Industriewasser:	500 l/h

Output:

Wärme für weitere Verwendung:	~ 600 kW _{therm}
Asche (anorganischer Anteil):	~ 290 kg/h
Schadstoffe:	Emissions-GW lt. AVV eingehalten
Anteil Schadstoffe im Klärschlamm und Rechengut	

Für Hg, Cl, Cd und Schwermetalle sind die Höchstwerte von genommenen Schlammanalysen angegeben.

S	0,05 % Gew. Schlamm
Cl	0,03 % Gew. Schlamm
F	0,003% Gew. Schlamm
Hg	1,71 mg/kg Schlamm
Cd	0,75 mg/kg Schlamm

Schwermetalle (Sb, As, Pb, Cr, Co, Mn, Ni, V): 2,63 mg/kg Schlamm

4.3 Betriebserfahrungen mit der Klärschlamm-trocknung

Aufbringung des Klärschlammes in den Hallen:

Der Klärschlamm wird vom LKW als großer Haufen in den Hallen abgekippt. Dieser Haufen muss regelmäßig auf die ganze Halle verteilt werden. Dabei ist darauf zu achten, dass nicht allzu große Unregelmäßigkeiten entstehen, da sonst die Wendeeinrichtungen (Wendescheine) nicht ordnungsgemäß funktionieren. Bei der Verteilung des Schlammes ist ein Teleskoplader notwendig, da ein Kontakt zwischen polymergepresstem Schlamm und Gummireifen ein weiteres Verteilen extrem stark behindert (Räder drehen permanent durch).

Lagerung

Der getrocknete Klärschlamm kann nicht zu lange zwischengelagert werden, da sich in den unteren Schichten des gelagerten Schlammes das Wasser sammelt und der TS-Gehalt dort wieder unter 50% sinkt.

Trockenzeiten

Bei den Trockenzeiten gibt es sehr große Unterschiede. Vor allem bei Inversionswetterlagen mit starkem Nebel entfällt die solare Energie vollständig und es kann nur über die Wärmetauscher getrocknet werden. In diesen Zeiten kommt es regelmäßig zu Engpässen, so dass die thermische Verwertung nicht mehr mit Klärschlamm betrieben werden kann.

Förderung von getrocknetem Klärschlamm

Das Fördern von getrocknetem Klärschlamm mit Schnecken kann bei einem TS-Gehalt zwischen 50%-55% zu einem totalen Stillstand der Schnecke führen, da der Klärschlamm in diesem Bereich eine extreme Zähigkeit aufweist. Sobald sich eine Schicht mit diesem Klärschlamm zwischen Schnecke und Trog bildet, wird die Reibung so groß, dass der Förderer stecken bleibt. Besonders problematisch ist dieser Effekt bei der Vertikalförderung.

4.4 Betriebserfahrungen mit der thermischen Verwertung

Agglomeratbildung

Darunter versteht man die Bildung von Schlammverschlackungen. Taucht ein Klärschlammbrocken in die Wirbelschicht ein, so bildet sich an der Oberfläche eine harte Schlackenschicht und der Brocken sinkt im Sandbett ab. Dadurch verliert das Sandbett stetig an Temperatur und steigt gleichzeitig an, so lange bis

die Pilotflammen ausgelöscht werden und die Verwertung abgeschaltet wird. Als Gegenmaßnahme wurde eine Mühle konstruiert, die das Sandbett kontinuierlich abzieht und die Agglomerate zerkleinert. Nach der Zerkleinerung wird das Material wieder der Wirbelschicht zugeführt.

Fremdkörper im Schlamm

Große Fremdkörper im Schlamm (z.B. Metallstücke) können zu einem Störfall in der Wirbelschichtkammer führen. Um diese Störung zu beheben muss der Ofen abgekühlt werden. Diese Behebung ist oft mit erheblichen Stehzeiten verbunden.

Verschleiß Innenausmauerung

Durch teilweise sehr erheblich große Strömungsgeschwindigkeiten des Rauchgases, das die Rückstände und auch etwas Quarzsand transportiert, kommt es an bestimmten Stellen zu Erosionen an der Innenverkleidung. Diese Schäden müssen schnell behoben werden und verursachen eine erhebliche Stehzeit der Verbrennung.

Brennverhalten von getrocknetem Klärschlamm

Es hat sich gezeigt, dass das Verhältnis OTS zu TS eine sehr wichtige Rolle im Verwertungsverhalten des Schlammes spielt. Bei geringen organischen Anteilen sinkt der Brennwert und die Beschickungsmenge muss gesteigert werden. Bei ungünstigem Brennwert – Feuchtverhältnis kommt es zu einer Abkühlung des Sandbettes. Dieses Energiedefizit muss durch Fremdenergie ausgeglichen werden.

Betrieb ohne Klärschlamm

Der Betrieb der thermischen Anlage mit anderen Energieträgern als Klärschlamm zeigt sich als äußerst unwirtschaftlich und ist auch aus Sicht der Rauchgasreinigung nicht unproblematisch. Es ist daher für einen optimalen Betrieb sehr wichtig immer genug getrockneten verwertbaren Klärschlamm zu haben.

5 Literatur

ATV-Arbeitsblatt A 131 (1991) Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen

MATSCHÉ N., DORNHOFER K., WANDL G. (1998): Verfahrenstechnische Bewertung der Einleitung der Abwässer der NÖM AG, Betrieb Baden in die Verbandskläranlage Bad Vöslau.

MATSCHÉ N., DORNHOFER K., PRENDL L., WINKLER S. (2000): Bericht über die Abnahme und Funktionsuntersuchung der Abwasserneutralisationsanlage der NÖM AG, Betrieb Baden und Überprüfung des Gesamtsystems der Kläranlage Vöslau bei Mitbehandlung der Molkereiabwässer.

MATSCHÉ N., WANDL G. (2002): Reinigung der Abwässer der NÖM AG Baden auf der Kläranlage des AWW Raum Bad Vöslau - Erweiterung von 30.000 auf 50.000 EW.

Korrespondenz an:

Dipl.-Ing. Dr. Leopold Prendl
BPE - Beratung Planung und Entwicklung
Technisches Büro für KT u. WW
Am Kellerberg 31
A 2325 Himberg-Pellendorf

Tel.: 0043 2235/87 339-11
Fax: 0043 2235/87 339 99
email: bpe@prendl.at

Ing. Harald Bayer
Gemeindeverband Abwasserbeseitigung
Raum Bad Vöslau
An der Flugfeldstraße
A 2540 Bad Vöslau

Tel.: 0043 2252/77 678
Fax: 0043 2252/74 499
email: harald.bayer@awa-badvoeslau.at

Kläranlage Fritzens - Innovative Effizienzsteigerungsmaßnahmen

Ch. Callegari, K. Dornhofer, H. Passer

Abwasserband Hall i.T.-Fritzens, Ingenieurbüro Passer & Partner ZT GmbH

Kurzfassung: Am Beispiel einer auf Zukunftsentwicklung ausgelegten neuen Kläranlage der 90-er Jahre wird gezeigt, wie man auf sinnvolle Weise vorhandene Kapazitäten bei Abwasser- und Schlammlinie für die Gegenwart besser ausnutzen, die Auslastung verbessern und damit die Energieeffizienz der Anlage entscheidend erhöhen kann. Dabei spielen die spezifischen örtlichen Randbedingungen und Möglichkeiten ebenso eine Rolle wie der Mut zum Tun. Im Hinblick auf den raschen technologischen Fortschritt kann das den vorzeitigen Austausch noch nicht abgeschriebener Maschinen und Apparate ebenso bedeuten wie die Übernahme von flüssigen Stoffen, für deren getrennte Entsorgung es keine realen alternativen Möglichkeiten gibt und deren Mitbehandlung in der Faulung Sinn machen. Synergien ergeben sich bei übergreifender Problembetrachtung mit dem Ergebnis hoher Effizienz.

Keywords: Verbesserung der Auslastung, Energietechnische Optimierung, Co-Vergärung, Fettbehandlung

1 Einleitung

Der Abwasserverband Hall in Tirol – Fritzens und Umgebung wurde „erst“ im Jahre 1985 gegründet, in einer Zeit also, wo die wesentlichsten Ballungsgebiete Tirols bereits in Abwasserverbänden organisiert waren und biologische Reinigungsanlagen des Standes d.T. der 70-er/80-er Jahre betrieben wurden (z.B.: Zams –Landeck, Telfs u.U., Innsbruck u.U., Schwaz u.U., AIZ, Wörgl-Kirchbichl u.U., Kufstein u.U., Lienz u.U. etc.). Im Verbandsraum existierten 3 Kläranlagen, eine in Hall i.T. (Mechanik mit Faulung), eine in Wattens (Biologie mit Faulung) und eine Kleinanlage in Rinn (Oxidationsgraben), die überlastet und/oder ausbaufähig waren.

Die Zusammenführung von 16 Gemeinden zu einem gemeinsamen Projekt gestaltete sich langwierig (über 10 Jahre), weil ja nicht nur die Finanzierung zu sichern, sondern die Auflassung von Altanlagen und die Findung eines neuen ARA-Standortes zu lösen war. Dies konnte u.a. nur deshalb gelingen, weil zu diesem Zeitpunkt maximale Bundesförderungen (80%-Darlehen für ARA's, 70%- Darlehen für Regionalkanäle) und die Zusage von Landesförderungen (10%-Kostenzuschuss) jenen Anreiz boten, der das Vorhaben auf diese Weise politisch vereinfachte.

Die Verwaltung des Abwasserverbandes wurde gänzlich neu und losgelöst von Gemeindestrukturen installiert, d.h. Kenntnisse und Betriebserfahrung eines Kläranlagen- und Kanalbetriebes mussten erst erlernt werden. Die Übernahme eines erfahrenen und sehr motivierten Klärwärters stellte den einzigen know-how Bestand dar.

Bedingt durch die herannahende Novellierung des Wasserrechtsgesetzes (1990) wartete auf das junge Betriebspersonal eine Anlage neuer Generation mit komplett unbekanntem Anlageverhältnissen, eine sohin in jeder Hinsicht anspruchsvolle Herausforderung. Täglich gab es Unbekanntes und Neues.

Für die Mitgliedsgemeinden verging die Bauzeit wegen der günstigen Finanzierung ohne besonderem Interesse, das „Aha-Erlebnis“ kam erst mit der Vorschreibung erster Betriebskostenbeiträge. Von diesem Zeitpunkt an begann die intensive Suche nach Möglichkeiten kostendämpfender Maßnahmen [3] bzw. beschäftigt sich der AWW intensiv mit dem Bereich Prozess- und Energieoptimierung.

2 Projektsentwicklung, Anlagenkonzeption:

2.1 Projektlauf:

Die Planung des Regionalklärwerkes war also überfällig geworden, weshalb entsprechender Zeitdruck nach einer jahrelangen Phase der Inaktivität vorlag. Bemerkenswert waren die damals behördlicherseits im Lichte einer hohen Investitionskostenförderung auferlegten großzügigen Vorgaben an die Planung. Diese sollten sich – wie später erkennbar – bis in die Gegenwart als vorteilhaft bzw. Gewinn bringend herausstellen. Sie reichten u.a. von zwingender

Einhausung geruchsempfindlicher Bauteile und Abluftbehandlungsmaßnahmen bis hin zu 2-Strassigkeit, Apparateredundanz und einer großzügigen Einschätzung der Zukunftsentwicklung.

Das Wasserrechtsprojekt wurde 1990 bewilligt, auf dessen Grundlage wurde ausgeschrieben und der Zuschlag an die Auftragnehmer Baumeister und Maschinentechnische Ausrüstung erfolgte noch im Jahre 1990. Nicht vorhersehbar war allerdings die zwischenzeitliche Entwicklung des Wasserrechtsgesetzes und seiner Begleiterscheinungen. Dem Verband ereilte das gleiche Schicksal wie dem Projekt der Großkläranlage Innsbruck. Es kam zu einem Projektsstop. Die Ankündigung der 1. Abwasseremissionsverordnung für kommunales Abwasser (1. AEV₉₁) löste eine Umplanung aus und behinderte auch eine Förderungszusage. Die Ausarbeitung des „Anpassungsprojektes“ konnte u.a. von den Ergebnissen der Pilotversuche an der ARA Innsbruck mitprofitieren [1]. Anstelle der bewilligten 2-stufigen Anlage wurde eine 1-stufige Belebungsanlage neueingereicht und noch im Jahre 1991 bewilligt. Bei der Konzeption der Belebungsanlage wurde im besonderen auf die Erfahrungen der Pilotversuche der ARA Meran [4] zurückgegriffen.

Nachdem es in der Zwischenzeit auch zu Turbulenzen bei der Fondsverwaltung gekommen war, musste die endgültige Zusage der Förderung durch die neue Verwaltung Kommunalkredit Austria im Jahre 1992 noch abgewartet werden. Der Verband nahm das Risiko der Vorfinanzierung auf sich und startete die Baustelle im Frühjahr 1992. Dadurch konnte die günstige Altförderung erreicht werden, 2 Jahre Bauzinsen waren dennoch bereits angefallen. Im Jahr 1993 trat das neue Umweltförderungsgesetz mit deutlich reduzierten Förderungssätzen in Kraft.

Das Klärwerk wurde in einer Bauzeit von rd. 44 Baumonaten realisiert und nahm seinen ordnungsgemäßen Betrieb Anfang 1996 auf.

2.2 Anlagenkonzeption:

- Übersicht

Ganz allgemein kann die Anlage als konventionelle 1-stufige Belebungsanlage mit Stickstoff- und Phosphorentfernung, sowie mit anaerober Schlammbehandlung und Faulgasverwertung umschrieben werden. Die nachfolgenden Erläuterungen verstehen sich zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme der Anlage. Eine Übersicht zeigt das untenstehende Bild.

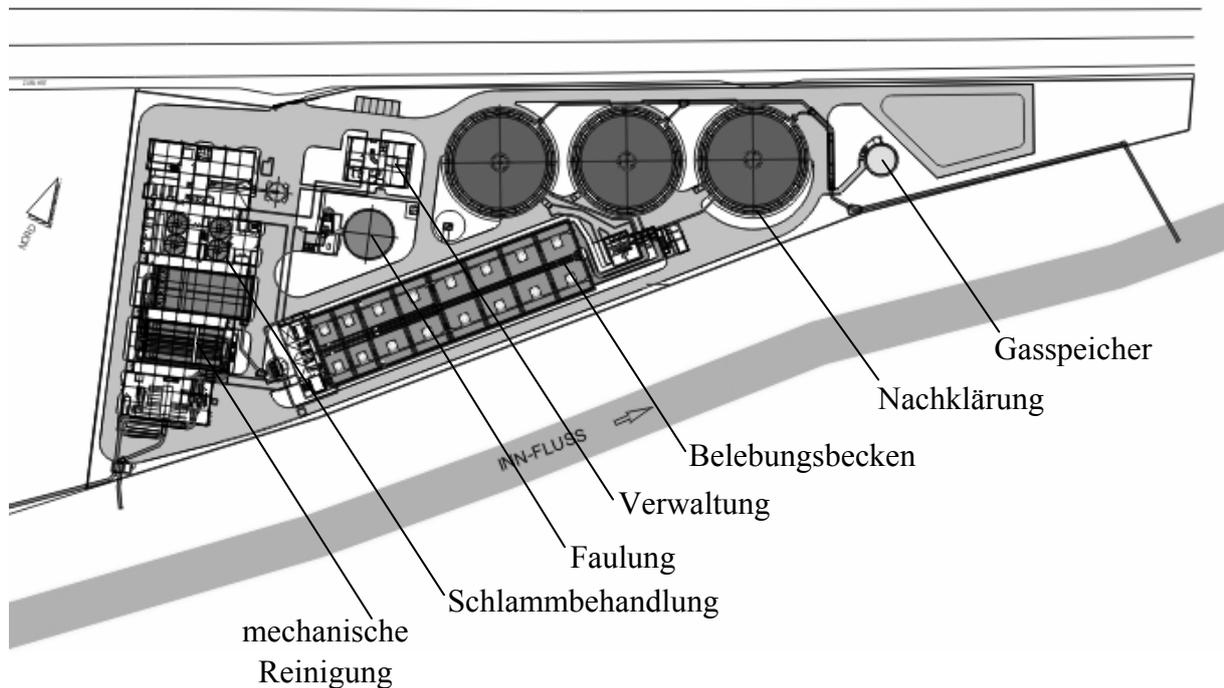


Abbildung 1: Lageplan

- Kurzbeschreibung Abwasserbehandlung

Das Rohabwasser aus dem Verbandsgebiet gelangt über 2 getrennte Kanäle zur ARA. In 2 Tauchpumpstationen wird das Abwasser in den Zulaufkanal gehoben und durchläuft eine 2-strassige mechanische Reinigung mit Rechen, belüfteter Sand- und Fettfang und Vorklärbecken. Anschließend folgt nach einer Zwischenhebung die Belebungsstufe, ebenfalls 2-strassig. Erwähnenswert ist die große Beckentiefe (Wassertiefe 8m) und die Beckenanordnung als hintereinander geschaltene Kaskadenbecken in Propfenströmung. 2 kleineren Anaerobbecken zur Bio-P-Entfernung folgen 2 Anoxbecken und 4 Aerobbecken. Aufgrund der neuen Anforderungen der N-Reinigung (1. AEVk,91') ergaben sich derart große rechnerische Reaktionsvolumina, die ausschließlich durch größere Beckentiefen am selben Standort realisierbar waren.

Der Ablauf der Belebungsbecken führt mit 2 Entgasungsgerinnen zum Verteilbauwerk, wo auf 3 runde Nachklärbecken aufgeteilt wird. Der Ablauf der NKB ist gesichert HW100 - rückstaufrei.

Rücklaufschlamm wird zentral gehoben und rückgeführt, für die Denitrifikation und Bio-P Becken existieren jeweils Rezirkulationspumpen.

Die untenstehende Darstellung zeigt ein vereinfachtes Blockschema der Abwasserlinie.

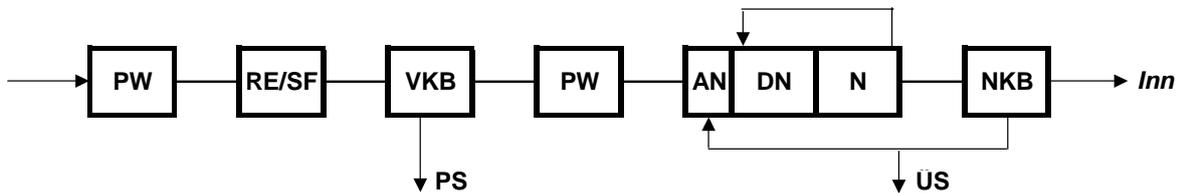


Abbildung 2: Blockschema Abwasserlinie

- Kurzbeschreibung Schlammbehandlung

Der Primärschlamm wird aus den VKB abgezogen und in einem Voreindicker entwässert. Der Überschussschlamm aus der Belebung wird vom Rücklaufschlammkreis abgezogen und mit einer MÜSE vorentwässert. Beide Schlammströme gelangen in der Folge über einen Mischbehälter und Schlammsiebung (Strainpress/Mazerator) in den Faulturm. Der Faulturm ist als volldurchmischer Reaktor mit Mischer ausgebildet. Der ausgefaulte Schlamm wird in einem Vorlagebehälter (NED) gestapelt, anschliessend mit einer Kammerfilterpresse entwässert und in einem Schlammsilo zur Entsorgung bereitgehalten.

Die untenstehende Darstellung zeigt ein vereinfachtes Blockschema der Schlammlinie.

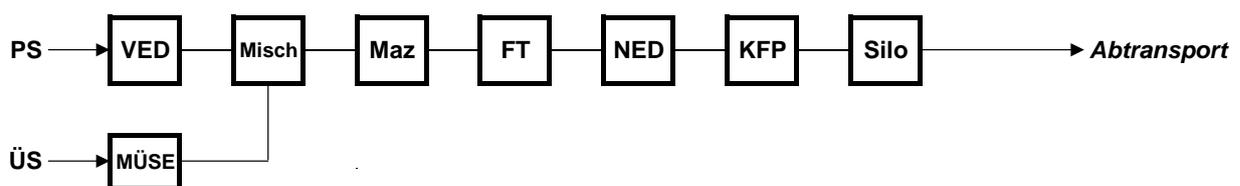


Abbildung 3: Blockschema Schlammlinie

- Kurzbeschreibung Gasverwertung

Anfallendes Faulgas wird in einem Faulgasbehälter zwischengespeichert und in der Folge über 3 BHKW zur Stromerzeugung abgearbeitet. Eine Gasfackel dient zur Bedienung von Ausfallszenarien.

- Zusammenstellung spezifischer Daten

Nachstehend sind die wichtigsten spezifischen und technischen Daten aufgezeigt.

Tabelle 1: Auslegung und Technische Daten der Kläranlage

Daten/Projekt		WR-Bescheid 1991	
Einwohnerwerte		93.700	(spez. Fracht)
Bemessungsgrößen:			(g/EW/d)
Q _T	[l/s]	455	
Q _R	[l/s]	823	
Q _d	[m ³ /d]	23.400	
BSB ₅ -F	[kg/d]	5.620	(60)
CSB-F	[kg/d]	11.240	(120)
Ges.-N--F	[kg/d]	1.030	(11)
Ges.-P--F	[kg/d]	253	(2,7)
B _R	[kg/m ³]	0,27	
B _{TS}	[kg/kg/d]	0,06	
ISV	[ml/g]	100	
TS _{BB}	[kg/m ³]	4,5	
Beckenvolumina:			
Sandfang	[m ³]	2*300	
Vorklärbecken	[m ³]	2*520	
Bio – P – Becken	[m ³]	2*1.510	
Belebungsbecken	[m ³]	2*6.780	
Nachklärbecken	[m ³]	3*4.000	
Faulturm	[m ³]	2.700	
Eindicker	[m ³]	4*200	
Summe	[m³]	33.720	
Spezifische Werte:			
Nutzraum ges. je EW	[l/EW]	360	
Nutzraum BB je EW	[l/EW]	177	
Flächenbedarf	[m ² /EW]	0,27	

2.3 Bauausführung

Aufgrund des hohen GW-Standes mußte für die Bauwasserhaltung eine umschließende Schmalwand errichtet werden. Alle Becken sind gegen Auftrieb gesichert. Das tiefe Belebungsbecken kann halbseitig entleert werden. Ausführungstechnisch stellte die Baustelle an die Firmen hohe Ansprüche bezüglich Qualifikation und Leistungsvermögen, insbesondere wegen der geringen Bauplatzfläche.

Charakteristische Baukennzahlen:	Aushub	rd.	78.500 m ³
	Stahlbeton	rd.	25.000 m ³
	Baustahl	rd.	2.500 t
	Schalung	rd.	67.000 m ²
	Schmalwand	rd.	15.000 m ²



Abbildung 4: Baustelle Mai 1993

2.4 Baukosten

Die Gesamterrichtungskosten wurden (nach dem UFG – Kollaudierungsverfahren) mit rd. ATS 410 Mio. festgestellt. Dabei schlug sich u.a. durch die damalige Zinssituation die Lohn- und Preiserhöhung stark zu Buche.

Tabelle 2: Aufgliederung der Baukosten

Kostenaufgliederung	Mio. ATS	% Baukosten	% Gesamtkosten
Baumeisterarbeiten	168,50	52	41
Professionistenarbeiten	27,98	9	7
Maschinelle Ausrüstung	94,01	30	23
EMSR - Ausrüstung	29,24	9	7
Zwischensumme	319,73	100	--
Baunebenkosten *)	51,42	--	12
L + P - Steigerungen 1990 - 1996	39,62	--	10
Gesamtkosten	410,77	--	100

*) inkl. Grundkauf, Variantenstudien, Einreichprojekt 90', Anpassungsprojekt 91', gesamte Ausführungsplanung, Statik, örtliche Bauaufsicht, div. abwassertechnische Gutachten;

Daraus ergaben sich u.a. folgende spezifischen Werte:

Tabelle 3: Spezifische Investitionskosten

Invest. Kosten je EW	[S/EW]	4.384	[EUR/EW]	319
Invest. Kosten je EW*)	[S/EW]	3.412	[EUR/EW]	248

*) Die Kosten beziehen sich auf die Gesamtbaukosten gem. Tab. 2 exkl. Nebenkosten.



Abbildung 5: Luftbild Aufnahmejahr 2000

3 Betrieb der Anlage:

3.1 Belastung, Auslastung:

Die Auswertung der Betriebsjahre 1997 bis 1999 ergab folgendes Bild.

Tabelle 4: Belastung ARA Fritzens (Auswertung 1997 – 1999)

		1997/98		1998/99	
		MW	85%-Wert	MW	85%-Wert
CSB-F	[kg/d]	5.540	6.700	7.344	9.140
Ges.-N-F	[kg/d]	514	581	659	770
Ges.-P-F	[kg/d]	87	102	100	117
Q _{TW}	[m ³ /d]	12.611	15.130	14.792	17.840
EW ₁₂₀	[EW]	46.167	55.833	61.200	76.167
gN/(EW.d)		11,1		10,8	102
gP/(EW.d)		1,9		1,6	

Die mittlere Belastung der Kläranlage Fritzens betrug in den Jahren 1997 – 1998 ca. 5.500 kg CSB/d, was einen gewissen Unterbefund darstellte. Die Gründe lagen im Wesentlichen in der Probenahme des Rohabwassers. Dies entsprach einer mittleren Belastung von ca. 46.200 EW₁₂₀. Die in den Jahren 1998 – 1999 gemessene mittlere Fracht lag bei rd. 7.300 kg CSB/d, was unter Berücksichtigung einer in dieser Zeit teilweise bereits erfolgten probeweisen Zusatzfrachtübernahme einer mittleren Belastung von ca. 61.200 EW₁₂₀ entsprach. Schon daraus lässt sich gegenüber den Bemessungsfrachten eine „gewisse“ Reserve erkennen.

3.2 Reinigungsleistung der Kläranlage:

Eine Gegenüberstellung der Reinigungsleistungen in der selben Vergleichsperiode zeigt folgendes Bild:

Tabelle 5: Reinigungsleistung ARA Fritzens (Auswertung 1997 – 1999)

	1997/98	1998/99
NH ₄ -N (Anz. > 5,0 mg/l)	5	15
(Anz. > 10 mg/l)	0	0
Ges.-P Abl. i.M.	0,67 mg/l	0,48 mg/l
Wirkungsgrad CSB	94 %	93 %
Wirkungsgrad Ges.-N	83,3 %	84,9 %

Die Ablaufqualität war hinsichtlich der Anforderungen der aktuellen 1.AEVk,96` gänzlich eingehalten. Wie aus nachstehender Graphik ersichtlich ist, ergaben sich jedoch hinsichtlich der Anforderungen der „alten“ 1.AEVk,91` Überschreitungen beim Ablauf NH₄-N unter strenger Anwendung der „4 von 5 – Regel“.

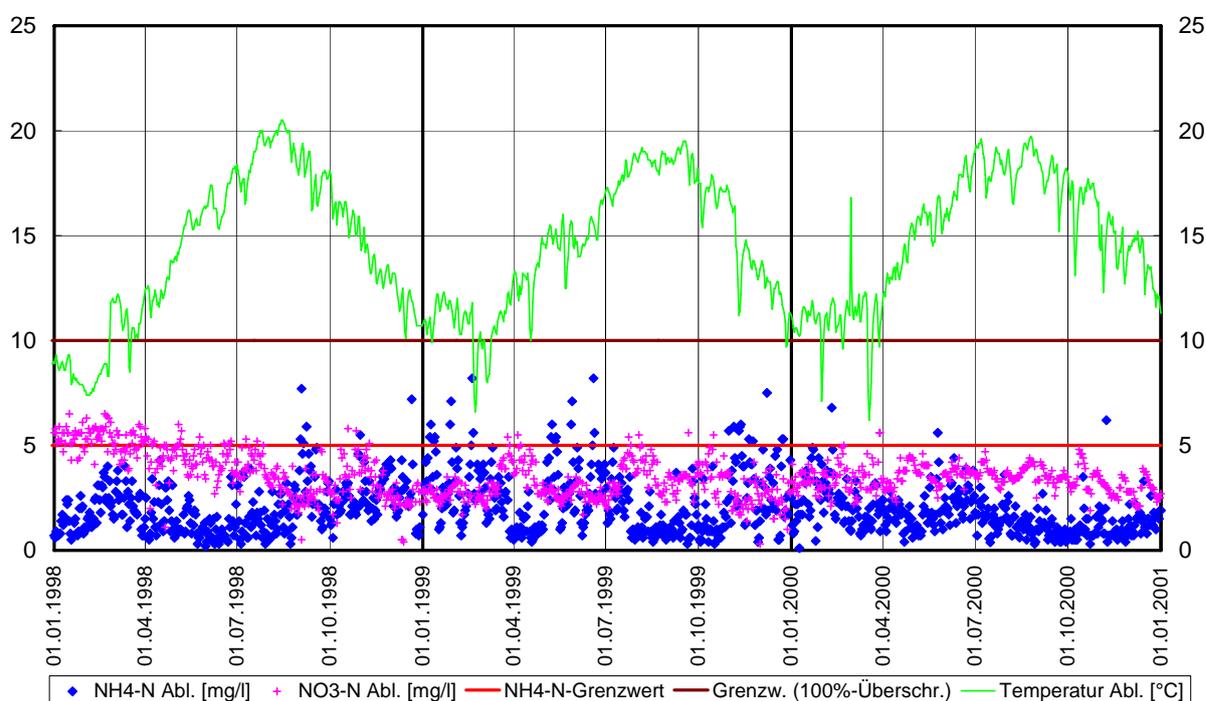


Abbildung 6: Ablaufkonzentrationen NH₄-N, NO₃-N

Es versteht sich, dass bei Einhaltung der Stickstoffvorgaben auch die restliche organischen Parameter (BSB₅, CSB) entsprachen.

3.3 Folgerungen:

Die Ergebnisse der ersten Betriebsjahre haben gezeigt, dass die Verbandsanlage ausgezeichnete Reinigungsergebnisse liefert und auch (erwartungsgemäß) über ausreichende Betriebsreserven verfügt. Das mittlere Schlammalter war in dieser ersten Betriebszeit mit 30 bis 50 Tagen relativ hoch.

Durch die 1996 in Kraft getretene 1.AEVk,96` ergab sich eine Ermäßigung der N-Elimination auf den Abwassertemperaturbereich erst ab > 12 Grad C. Weiters konnte mit dem Abgehen von der sog. „4 von 5 - Regel“ bzgl. Einhaltung des Wirkungsgrades für Stickstoffentfernung und der neuen Nachweisfestlegung auf Basis des Jahresmittelwertes auch das Einhaltungsproblem bei Mischwasserabflüssen gelöst werden.

Unabhängig von der guten Reinigungsfunktion der Anlage wurden die Energieverbräuche immer deutlicher. So betrug der Gesamtenergieverbrauch der Kläranlage in den Jahre 1997 bis 1999 im Mittel ca. 10.400 kWh/d, d.e. etwa 57 kWh/EW_{110.a}. Der Anteil der Eigenstromerzeugung lag damals bei etwa 25%, der Fremdbezug betrug somit rd. **43 kWh/EW_{110.a}**. Anzumerken ist, dass hievon der Anteil der 2-maligen Abwasserhebung und die Abluftbehandlung alleine rd. 14 kWh/EW_{110.a} ausmachen, also Grundlasten darstellen, die nur wenig bzw. überhaupt nicht (Hebung) minimierbar sind.

Betriebsaufwand und Kosten waren es, aus denen eine Optimierungsaufgabe abgeleitet wurde.

Auf der anderen Seite traten im Verbandsraum neue Aufgaben/Probleme auf, wie z.B.: Fettablagerungen in Kanälen und Pumpstationen, Indirekt-einleiteranfragen u.a.m., welche nach einer Lösung suchten, und wofür sich der Abwasserverband als potentieller Problemlöser erkannte.

4 Kostenminimierung:

4.1 Allgemeine Vorbemerkungen:

Ausgehend von der Ende der 90-er Jahre verstärkten öffentlichen Diskussion über Kosteneinsparungen (man erinnere sich an den Regierungswechsel 1999, Budgetdefizit, Pensionsreform etc.) und auch Privatisierungsüberlegungen im Bereich von Abwasserentsorgungsanlagen (vgl. hierzu auch ÖWAV-Seminar gem. [3]), wurde der Kostendruck auch beim Abwasserverband immer größer und der finanzielle Handlungsspielraum der Gemeinden laufend kleiner.

Ebenso erhöhten sich die Betriebskosten durch den Anstieg bei den Energiepreisen (v.a. Strompreis), Klärschlamm Entsorgung und sonstiger Steigerungen (Index) laufend.

Beim Abwasserverband Hall–Fritzens wurden in der Folge eine Reihe von kostenmindernden Maßnahmen umgesetzt. Im Rahmen dieses Beitrages werden abwassertechnisch relevante Maßnahmen, u.zw. solche im Bereich von Abwasserlinie und Schlammlinie behandelt. Von Wichtigkeit scheint, dass vor allem solche Maßnahmen verfolgt wurden, die mit dem Mehrfacheffekt Kostenminderung + Problemlösung verbunden sind.

An übrigen Maßnahmen sind realisiert worden, wie z.B.:

- betriebsorganisatorisch/Personaleinsatzoptimierung
- kaufmännisch/Reduktion von Beschaffungskosten
- Ausnutzung von Förderungsmöglichkeiten
- Ausnutzung von Steuerbegünstigungen, (Ökostrom),

die jedoch hier nicht näher erläutert werden.

4.2 Möglichkeiten von Aufwandsminimierung:

Als konkrete und rasch wirksame Maßnahmen der Aufwandsminimierung kommen in Frage:

- Einnahmen erhöhende Maßnahmen mit dem Ziel der besseren Auslastung (wie z.B. Indirekteinleiter-Hereinnahme in die Abwasserlinie, Übernahme von Co-Substraten zur Vergärung)
- Ausgaben senkende Maßnahmen (wie z.B. Betriebsoptimierung durch Energieverbrauchsenkung, weniger Energiebezug als Folge von Energiemehrproduktion)

Als Ziel dieser Strategie muß neben dem vordergründigen Effekt der Aufwandsminimierung vor allem die Schaffung ausreichender Kostenreserven für die fortschreitenden Instandhaltungs- und Erneuerungserfordernisse auf der Kläranlage gesehen werden. Die Kostenbeiträge sollen ja „so gering wie möglich“ sein und dennoch soll alles „auf Ewigkeit“ funktionieren.

5 Optimierungmaßnahmen Abwasserlinie:

5.1 Belastungsaufstockung durch Hinzunahme eines Indirekteinleiters:

Die Frage der Möglichkeit der Hinzunahme eines maßgeblichen Emittenten als Indirekteinleiter ergab sich erstmals im Jahre 1998. Nachdem es sich um eine hinsichtlich seiner biologischen Abbaubarkeit und seiner Hemmwirkung nicht gänzlich abgeklärte Abwasserzusammensetzung handelte, entschied man sich zu einer vorlaufenden Probeeinleitung mit entsprechender Beobachtungs- und Nachweisphase.

Die abwassertechnische Grundlage für die in Betrachtahme einer Belastungserhöhung bildete ein auf der Basis von Betriebsdatenauswertungen geführter aktueller Nachweis der Leistungsfähigkeit der ARA. Dabei kam zugute, dass die vorhandenen Reserven der unbelüfteten Beckenvolumen zufolge der geänderten Anforderungen der 1.AEVk,96` an die Stickstoffentfernung nun vermehrt zur Nitrifikation genutzt und auf die biologische P-Entfernung zufolge des Rückganges der Phosphorbelastung in der Bemessung verzichtet werden konnte.

Von wesentlicher Bedeutung war auch, dass die hydraulische Belastung der Kläranlage nach Hinzuzählung der maximalen Indirekteinleitermenge nicht die Auslegungsgrößen überschritt. Dafür ist u.a. der Umstand des steten

Abwassermengentrückgang auf der Seite des kommunalen Abwassers verantwortlich, als Folge der Abwasservergebührung anhand der Menge. An der Auslegungsgröße für kommunales Abwasser als Fracht berechnet, erfolgte keine Einschränkung, wohl aber wurde dem Rückgang des spezifischen Abwasseranfalles Rechnung getragen. Er erfolgte keine „gewagte Bemessung“ im Sinne von [2].

Bezüglich der Abwasserbeschaffenheit und Menge konnten die in Tab. 6 angeführten spezifischen Belastungsgrößen des Emittenten ermittelt werden. Wie ersichtlich, handelt es sich um mechanisch gereinigtes Abwasser mit verringertem Stickstoffgehalt und vergleichsweise nur sehr kleinem Phosphoranteil. Die Auswirkungen auf die Schlammproduktion sind dementsprechend gering.

Die wasserrechtliche Bewilligung für die Übernahme wurde für diese Frachten im Jahre 2001 erteilt, die Einleitung erfolgte im Einvernehmen mit der Behörde bereits seit 2000.

- Beurteilung Auswirkung der Belastungsaufstockung:

Die folgenden Abbildungen 7 und 8 zeigen die Entwicklung von Abwassermenge, Frachten und Abwassertemperatur im Zulauf.

In den Abb. 9 bis 11 sind die Ablaufergebnisse bzgl. CSB, NH₄-N und N-Entfernung dargestellt.

Grundsätzlich ist dabei festzustellen, dass sich an der Reinigungsleistung der ARA nach erfolgter Einleitung des Industrieabwassers keine negativen Auswirkungen nachweisen lassen.

Tabelle 6: Gegenüberstellung Auslegung WR-Bescheid 1991 und 2001

		WR-Bescheid 1991	Projekt Komm.	Konsenserh IE-Abw.	WR-Bescheid 2001
EW		93.700	90.000	(40.000)	120.000
Spezif. Werte					
BSB ₅	[g/EW/d]	60	60	45	
CSB	[g/EW/d]	120	120	90	120
TS ₀	[g/EW/d]	70	70	20	
Ges.-N	[g/EW/d]	11	11	7	
Ges.-P	[g/EW/d]	2,7	1,8	0,2	
Qt	[l/EW/d]	250	250		
Qs	[l/EW/d]	170	150		
Qf	[l/EW/d]	80	100		
Q _T	[l/s]	455	417	94	511
Q _R	[l/s]	<u>823</u>	729	94	<u>823</u>
Q _d	[m ³ /d]	23.400	22.500	6.000	28.500
BSB ₅ -F	[kg/d]	5.620	5.400	1.800	7.200
CSB-F	[kg/d]	11.240	10.800	3.600	14.400
TS ₀ -F	[kg/d]	6.557	6.300	800	7.100
Ges.-N	[kg/d]	1.030	990	280	1.270
Ges.-P	[kg/d]	253	162	8	170
BSB ₅ -Entf. VKB	[%]	20	25	-	
TS, BB	[g/l]	4,5			4,5
ISV	[m ³]	100			100
VBB, ges	[m ³]	16.560			16.560
Anteil VbioP	[%]	18			0
Anteil VDN	[%]	27			32
Anteil VN	[%]	55			68
V-BB je EW	[l/EW]	177			138

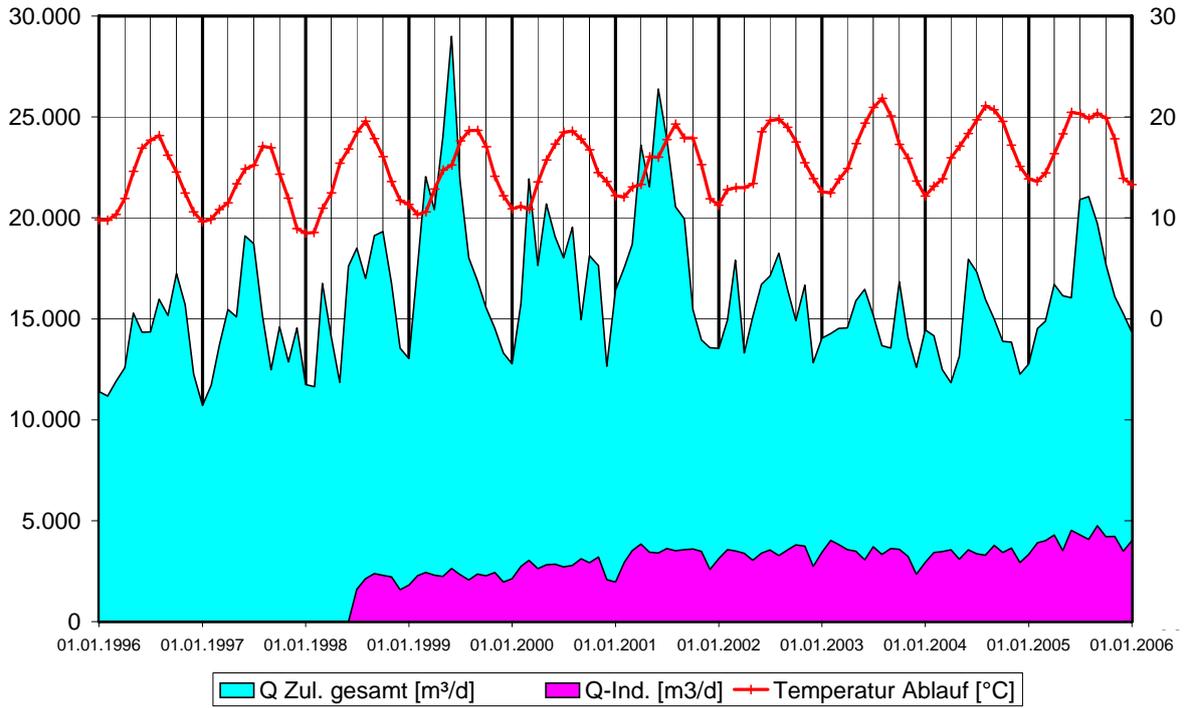


Abbildung 7: Zulaufmengen ARA, Abwassertemperatur, 1996 – 2005

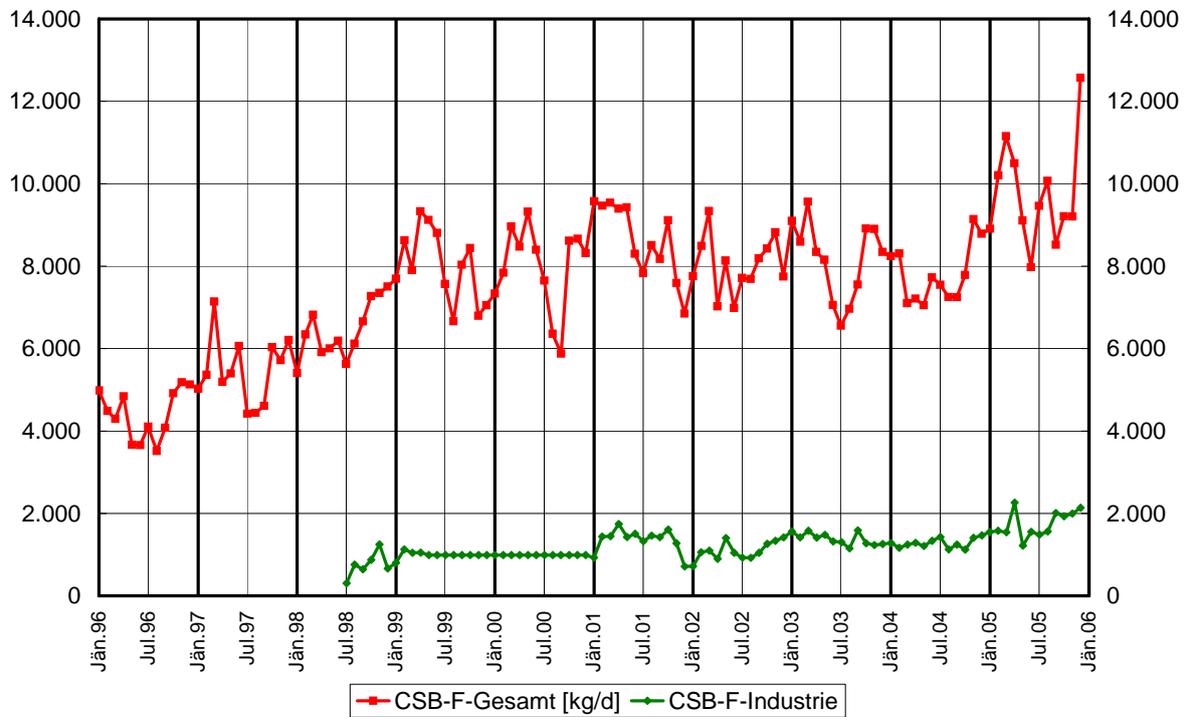


Abbildung 8: CSB-Frachten Zulauf ARA, 1996 – 2005

Die Ausnahme bildete ein Störfall im November 2003 mit einem Einbruch der Nitrifikation. Mit der in Laborversuchen festgestellten Hemmwirkung des Industrieabwassers ließ sich jedoch nicht die Ursache des Zusammenbruchs der Nitrifikation aufklären. Nach Wiederanfahren der Belebung (mittels Impfschlamm) wurden die beiden Strassen der Biologie in der Folge getrennt beschickt. Bei einem unmittelbar danach neuerlich eingetretenen Störfall mit Nitrifikationshemmung konnte dieser nun eindeutig dem kommunalen Abwasser zugeordnet werden. Damit konnte die kurzfristig erwachte Sorge nach einer latenten Störanfälligkeit durch das Abwasser des Indirekteinleiters abgebaut werden.

Ein wichtiger Effekt für den Abwasserverband in Verbindung mit der Übernahme des Abwassers war die Reduktion der spezifischen Behandlungskosten.

Auf Seite des Indirekteinleiters waren es die Problematik der Machbarkeit einer biologischen Reinigung der Abwässer in einer Eigenanlage an sich und die günstigeren Behandlungskosten bei gemeinsamer Reinigung.

Schließlich zeigte sich auch ein ökologisch günstiger Nebeneffekt: Nicht nur, dass die Reinigungsanforderungen für kommunales Abwasser strenger (!) sind als nach der zugehörigen Branchenverordnung (z.B. $\text{NH}_4\text{-N}$ muß < 5 mg/l anstelle 10 sein), so ergibt die Erwärmung des kommunalen Abwassers infolge Durchmischung mit dem Industrieabwasser eine höhere Temperatur im Winter (> 12 Grad C, vgl. hierzu auch Abb. 7), woraus sich eine ganzjährige Forderung nach Stickstoffentfernung ableitet.

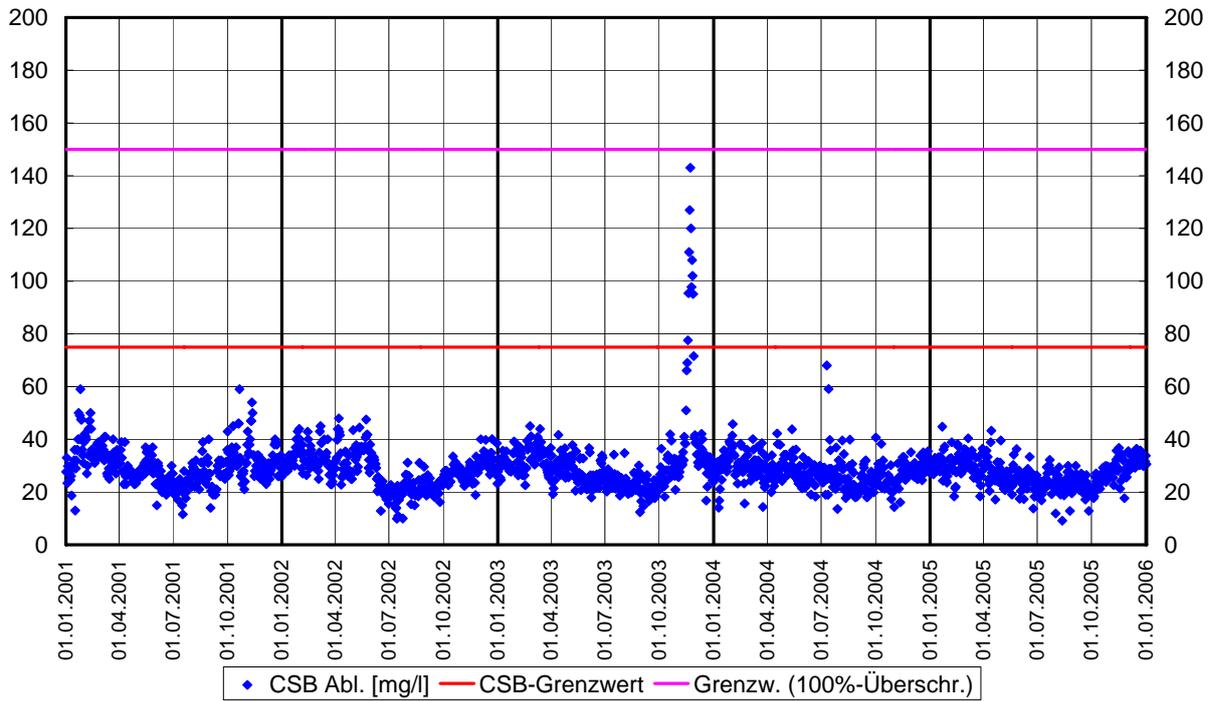


Abbildung 9: Betriebsergebnisse 2001 – 2005, CSB-Ablauf

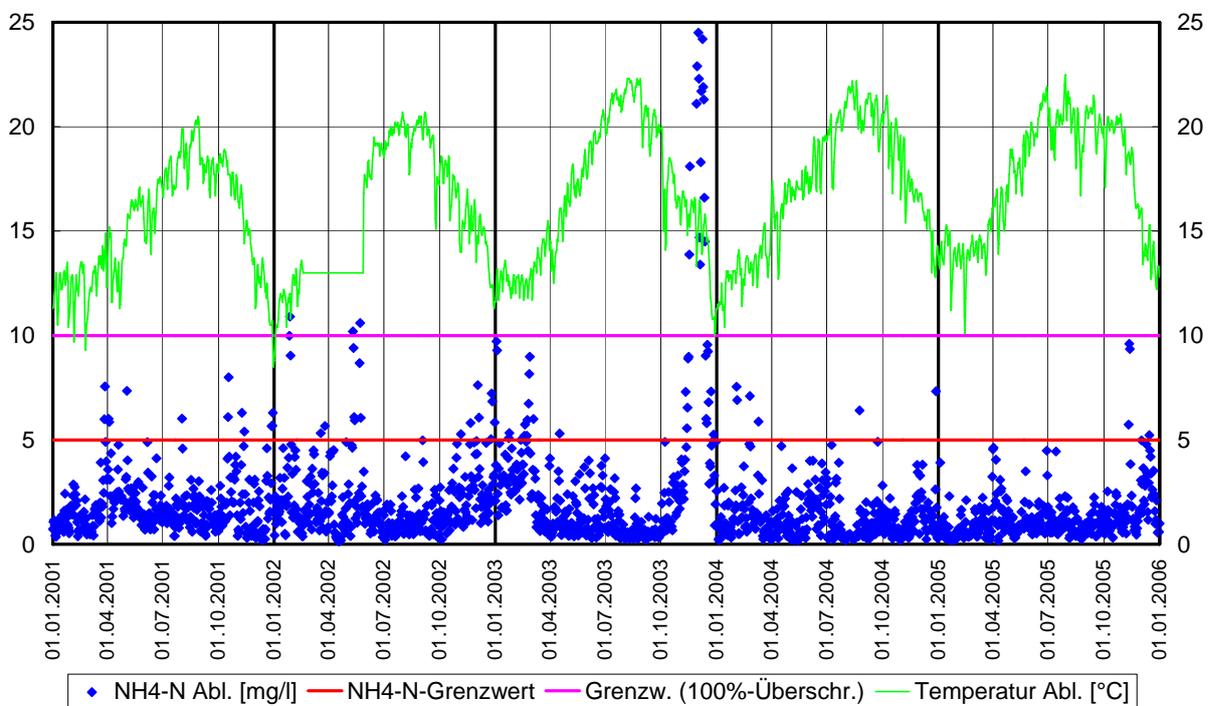


Abbildung 10: Betriebsergebnisse 2001 – 2005, NH4-N-Ablauf

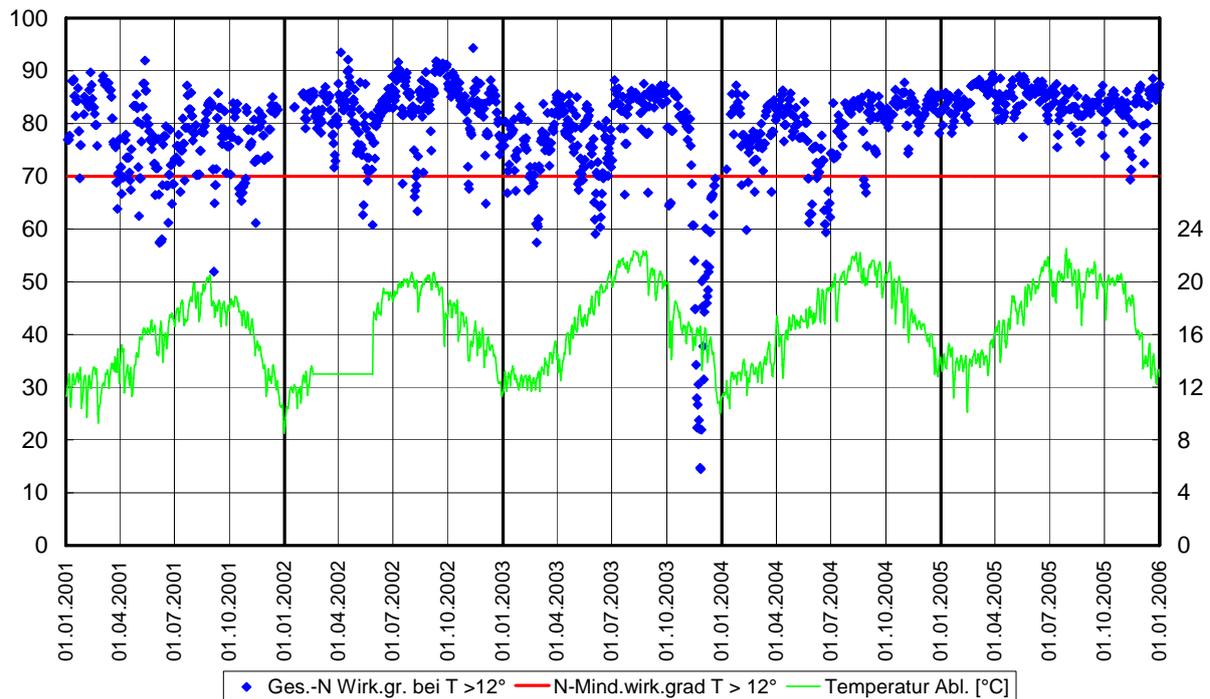


Abbildung 11: Betriebsergebnisse 2001 – 2005, Wirkungsgrad N-Entfernung

5.2 Optimierungsmaßnahme Biologie

Vorauszuschicken ist, dass die Auslegung und Ausrüstung von Belüftungsanlagen mit tiefen Nitrifikationsbecken zur damaligen Zeit (1990) keine große Auswahl an Varianten ermöglichte. Erfahrungen mit Kaskaden und Nitrifikation wurden gesammelt [4]. Problembereiche der Nitrifikation wie Säurebildung, CO₂-Lösungsverhalten im Zusammenhang mit großen Beckentiefen etc. wurden gerade erst diskutiert und gelehrt. Vieles war planerisches Neuland. Andererseits gab es keine verbindlichen Liefergarantien bezüglich des Verhaltens von Keramischen oder auch Membranbelüftern bei der gegebenen Einbautiefe von 8m. Treibstrahlbelüftung (verstopfungsfreie grobblasige Belüftung) galt damals als Mass der Dinge (Beispiele ARA Linz, Traunsee Nord u.a.) für diesen Einsatzfall und so fiel die Wahl auf ein am Markt verfügbares Kombinationsgerät, das belüften und rühren konnte. Es war schon vorher auf der Altanlage Wattens im intermittierenden Betrieb getestet worden und fand die volle Zufriedenheit. Die Faszination des Gerätes war, dass es

keiner Vielzahl an Belüftungselementen mit den bekannten Verstopfungsproblemen bedurfte, was als großer Vorteil gewertet wurde. Die Entwicklung blieb allerdings nicht stehen und so fanden sich nach mehreren Jahren weiterer Erfahrung mit nitrifizierenden Anlagen neue Lösungen, die auf ein Trennen von Belüftung und Umwälzung abzielten.

Unabhängig von den relativ ungünstigen Energiedaten ergaben sich bei den eingesetzten Tauchturbinenbelüftern wiederholt Probleme mit den Antrieben und Dichtungen, was auch zu unbefriedigenden Haftungs- und Schadenersatzauseinandersetzungen führte. Dies war für den Betrieb unerträglich geworden, da vom Zeitpunkt der Schadensmeldung bis zur Reparatur infolge diverser Rechtsstreitereien (Regressansprüchen des AN gegenüber dem Sublieferanten etc.) jeweils Monate vergingen.

Andererseits war zwischenzeitlich klar geworden, dass bei Hinzunahme zusätzlicher Belastung in der Biologie auch ein zusätzlicher Luftbedarf damit verbunden sein wird.

Beides führte zu der Entscheidung, die Kombinationsgeräte gegen eine Tellermembranbelüftung mit vertikal eingebauten Rührwerken sukzessive auszutauschen. In der Zwischenzeit gab es ausreichende Erfahrungen darüber bzw. wurden die Rührwerke auf der Anlage vorher getestet.

Mit dieser Entscheidung konnten einerseits Probleme gelöst und andererseits Einspareffekte erwartet werden.

Die Realisierung dieser Maßnahmen wurde im Rahmen eines Betriebsförderungsantrages nach UFG durchgeführt, für welchen als Nachweis eine Energiereduktion von $> 21 \%$ gegenüber dem Vergleichszustand abverlangt wurde.

Die nachstehende Gegenüberstellung zeigt den Unterschied der Leistungsdaten auf.

Daraus ergibt sich eine Einsparung von knapp 2.600 kWh/d bzw. von rd. 945.000 kWh/a.

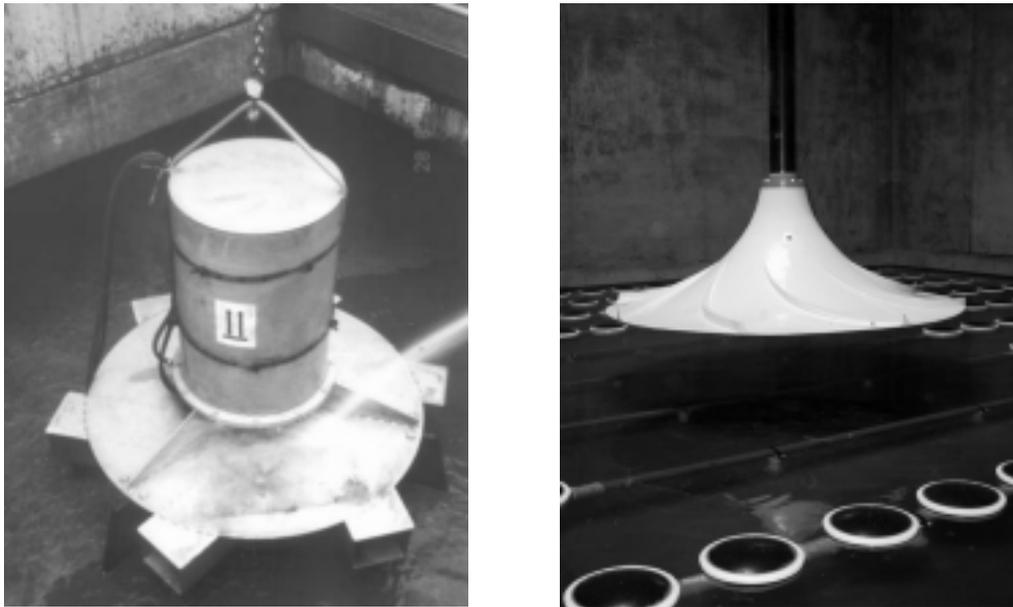


Abbildung 12: Gegenüberstellung Belüftungssystem vor / nach Umbau

Tabelle 7: Technische Daten Belüftungs- und Rührreinrichtungen

Energieverbrauch vor Umbau Biologie, System Tauchturbinenbelüfter			
Aggregat	Nennleistung	Energieverbrauch	Anmerkung
Mischer	8 x 4,55 kW	688 kWh/d	(8 x 3,58 x 24 h/d)
Oki Rührbetrieb	(8) x 8,8 kW	739 kWh/d	(2 + 6 x 0,3) x 8,1 x 24 h/d
Oki Belüft.betrieb	(8) x 18 kW	1.673 kWh/d	(6 x 0,7) x 16,6 x 24 h/d
Gebläse	3 x 110 kW	1.600 kWh/d	(mit $Op=4$ kg/kWh, $\alpha = 0,7$)
Gesamt		4.700 kWh/d	

Energieverbrauch nach Umbau Biologie, System Tellerbelüfter			
Aggregat	Nennleistung	Energieverbrauch	Anmerkung
Hyperboloidrührer	8 x 2,2 kW	336 kWh/d	8 x 1,75 x 24 h/d
Rührer anox/aerob	4 x 2,2 kW	168 kWh/d	4 * 1,75 * 24 h/d
Gebläse	3*110 kW	1.605 kWh/d	($Op=5,1$ kg/kWh, $\alpha =0,55$)
Gesamt		2.110 kWh/d	

6 Optimierungmaßnahmen Schlamm-Gas-Energielinie

6.1 Einbringung von Co-Vergärungssubstraten:

Mit Inbetriebnahme des Regionalklärwerkes in Fritzens hatte sich die Entsorgungskapazität für flüssige Abfallprodukte des Bezirkes Innsbruck-Land schlag-artig vergrößert. Für den Großraum Hall, Wattens und Umgebung gab es plötzlich eine Alternative zur Kläranlage Innsbruck, was als sehr willkommen betrachtet wurde. Dies führte dazu, dass sich die Kläranlage Fritzens in zunehmendem Maße mit der Entsorgung von flüssigen Abfällen zu beschäftigen hatte.

Entsorgungsfirmen hatten sehr bald eine Kapazität bei der ARA erkannt und der AWV Hall Fritzens begrüßte einen beginnenden „Markt“, in dem Entsorgung und Geschäft weitgehend selbst organisierte Wertschöpfung im eigenen Bezirk bedeuteten.

Den Start bildete die Übernahme von **Fettabscheiderinhalten** über vorhandene Einrichtungen auf der ARA (Fäkalienübernahmestation).

Mit der Konsumation der Mehrgasproduktion ohne merkbare Nebenerscheinungen (Probleme) kam der „Appetit“ auf sog. CO-Substrate. Es wurde erkannt, dass hochorganische Flüssigkeiten in der Abwasserlinie zwar unwillkommen, in der Schlammlinie hingegen höchst willkommen sind.

Neben der Übernahme von Sickerwasser aus einer verbandseigenen aufgelassenen Deponie war es dann vor allem das **Sickerwasser** einer großen Verwertungsanlage **biogener Abfälle**, das nunmehr im Verbandsraum Hall - Fritzens entsorgt werden konnte. In diesen Fällen überwog der Aspekt einer Entsorgungslösung jenem des Einnahmementgeltes. Dennoch war der energetische Gewinn aus der Entsorgung der Produkte spürbar.

Schließlich wurde im gemeinsamen Interesse zwischen Abfallproduzenten und Problemlöser (AWV) in der Frage der Entsorgung von **Alt-Speisefett** aus Haushalten eine Sammelaktion mit dem Markennamen „ÖLI“ im Verbandsgebiet gestartet, mit dem Ziel die Reinigung der Sammelbehälter und deren Rückgabe an die Haushalte von der ARA aus zu organisieren und die Reinigungsrückstände (Restöle) ebenfalls in der ARA zu verarbeiten. Letzteres

Ziel sollte dem AWW und sohin auch der ARA noch langfristige Lösungskompetenz abverlangen. Dazu wurde eine eigene Altspeisefett (ASF) - Aufbereitungsanlage installiert, wovon die verbleibenden Reststoffe mit optimaler Konsistenz in den Faulturm direkt, über eine eigene Leitung eingebracht werden. Die Verwertung des Altspeisefettes erfolgte zunächst extern (Biodieselerzeugung), mittlerweile gibt es eine direkte Verwertung in der ARA (vgl. Kap. 7).

Zusammenfassend werden zum gegenwärtigen Zeitpunkt im Wesentlichen folgende CO-Vergärungsprodukte in die ARA/Faulung übernommen:

- Übernahme Fettabscheiderinhalte rd. 1.500 to/a
davon Fettanteil 10 %, 1 to Fett = 1.000 m³ FG, d.e. rd. 500 m³ FG/d
zusätzlich
- Übernahme von Kompostsickerwasser 1.000 m³/a
Konzentration 70 bis 100 g CSB/l, d.e. rd. 100 m³ FG/d
- Übernahme von Fettrückständen aus der ASF-Aufbereitung
ca. 150 to reines Fett/a, d.e. 500 m³ FG/d zusätzlich
- Übernahme von Substraten aus der Biotechnischen Produktion

Wie aus der Abb. 14 ersichtlich, ist die Gasproduktion infolge der erwähnten Hinzunahmen von CO-Substraten in die Faulung im Laufe der letzten Jahre um mehr als 50% angestiegen. Im besonderen Maße stieg der Faulgasanfall zusätzlich im letzten Jahr 2005, was auf gezielte Versuche mit Substraten aus der Biotechnischen Produktion zurückzuführen war. Anhand der Messung der organischen Säuren wurde die Stabilität des Faulprozesses überwacht. Bei Werten von 150 – 200 mg Essigsäureäquiv./l (FT-Temp. 35 °C, pH-Wert > 7,2) war der Faulprozess auch bei der hohen Gasproduktion stabil. Die Faulzeit lag bei 18 – 25 Tagen (Monatsmittelwerte), die organische Raumbelastung bei bis zu 2,1 kg oTS/m³.d.

Bezogen auf die Zulaufbelastung (inkl. Rückbelastung) beträgt die spezifische Faulgasproduktion aktuell rd. **38 l/EW.d.**

Die Produktion an Mehrgas äußert sich natürlich auch in Form von Mehrwärme und Mehrstromproduktion, die über Rückvergütungen lukriert wird bzw. intern verwertet werden kann. (vgl. hierzu auch Pkt. 6.3).

6.2 Austausch BHKW:

Durch die laufend und merkbar seit 2000 gestiegene Gasproduktion war die Leistungskapazität der 3 Stück 70kW-Gasmaschinen bald ausgereizt (24-h Betrieb) und es musste teilweise bereits abgepackelt werden. Im Zusammenhang mit der Strompreisentwicklung einerseits und dem herannahenden ersten 50.000 Bh-Service andererseits wurden Überlegungen angestellt, leistungsstärkere modernere Maschinen anzukaufen.

Nachdem der Wärmebedarf nicht mitbestimmend war, entschied man sich zugunsten größerer Gasmaschinen mit wesentlich höherem elektrischen Wirkungsgrad als bislang möglich. Die kleineren Maschinen konnten noch gut verkauft werden.

Wesentliches Ergebnis ist, dass bei gleicher Gasproduktion ca. 30% mehr elektrische Energie erzeugt werden kann. Dieser Sprung ist gut in der Abb. 14 erkennbar, der den Inbetriebnahmebeginn mit dem Jahr 2003 zeigt. Eine Gegenüberstellung der Gasmotoren zeigt die Tab. 8.

Tabelle 8: Gegenüberstellung der BHKW-Leistungsdaten

Kenndaten	Einheit	BHKW alt	BHKW neu
Fabrikat Type		Jenbacher JMS 2866 G-BL	GE Jenbacher JMS 208 GS-B.L.C
Anzahl	[-]	3	1
zugeführte Leistung	[kW]	240 (x 3)	869
elektrische Leistung	[kW]	70 (x 3)	330
thermische Leistung	[kW]	148 (x 3)	421
Gasverbrauch	[Nm ³ /h]	40	140
elektr. Wirkungsgrad	[%]	29	38,4
therm. Wirkungsgrad	[%]	62	48,5
ges. Wirkungsgrad	[%]	91	86,9
Abgasreinigung	[-]	-	OXI-Kat

6.3 Auswirkung aller Energiesparmaßnahmen:

Die Energieverbrauchs- und Energieerzeugungsentwicklung in Zusammenschau mit der Faulgasproduktion ist in der Abb. 13 aufgezeigt. In der Abb. 14 ist die Entwicklung von Faulgasanfall und Stromerzeugung dargestellt. Daraus wird erkennbar, dass die Faulgasentwicklung im Vergleich zu Betriebsbeginn der Anlage 1996 sich in der Zwischenzeit mehr als verdoppelt hat. Trotz einer Energieverbrauchssteigerung in den letzten beiden Betriebsjahren, was mit der Inbetriebnahme der Schlamm-trocknung zusammenhängt, ist der Fremdenergiebezug auf **ein Fünftel** der Ausgangsmengen zurückgegangen.

Die vorbeschriebenen Maßnahmen bei der Energieerzeugung (Gas + Strom) spielen dabei die entscheidende Rolle in der günstigen Entwicklung. Nicht unerwähnt bleiben soll aber auch, dass Maßnahmen wie

- Reduktion der Abluftmengen auf 50 % der Mengen
- Optimierung der Belüftung und Rezirkulation auf der Basis der Onlinemessungen für Ammonium und Nitrat

sich grundsätzlich ebenso vergünstigend auf die Energieverbrauchssituation auswirken, ohne Negativeffekte zu riskieren. Die gewachsene Betriebserfahrung in Zusammenwirkung mit einem Energiebewusstsein stellt die Grundlage für die Gestaltung eines energiewirtschaftlichen Betriebes dar und ist ein individueller Lernprozess, den jede Anlage mit Engagement durchläuft.

Mit einem spezifischen Gesamtstromverbrauch von knapp 35 kWh/EW.a und einem Fremdstrombezug von i.M. **7,5 kWh/EW.a** (für das Jahr 2003) kann sich die Anlage sehen lassen. Dies unter besonderer Berücksichtigung der Ausführungen gem. Pkt. 3.3 (Abwasserhebung, Abluftbehandlung).

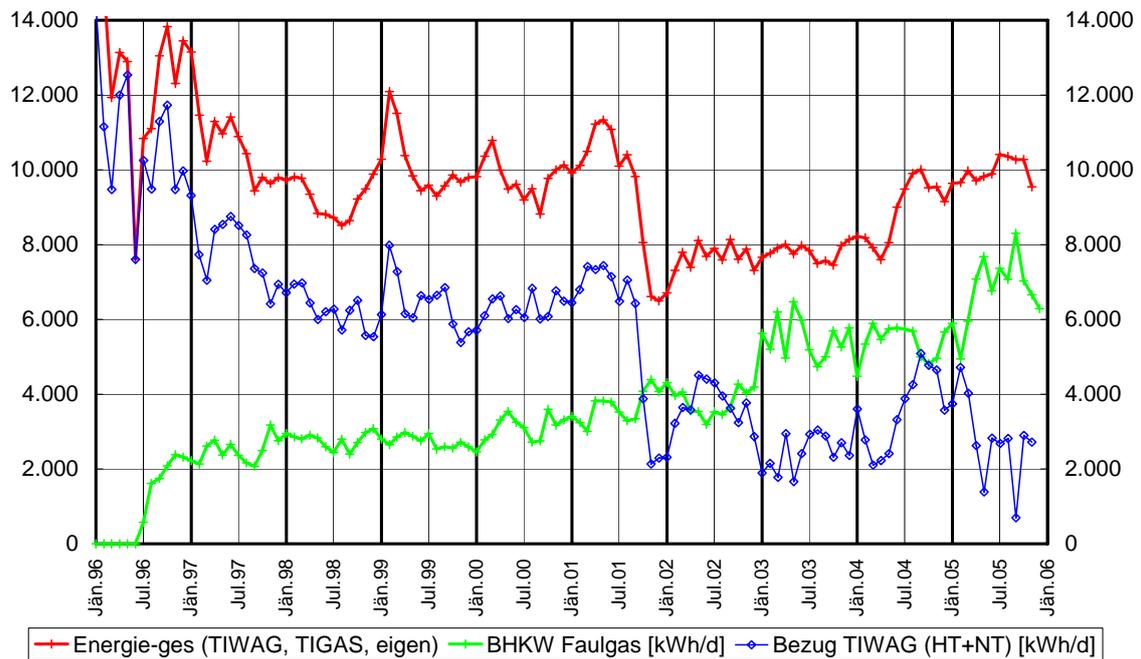


Abbildung 13: Energiebedarf ARA Fritzens 1996 – 2005

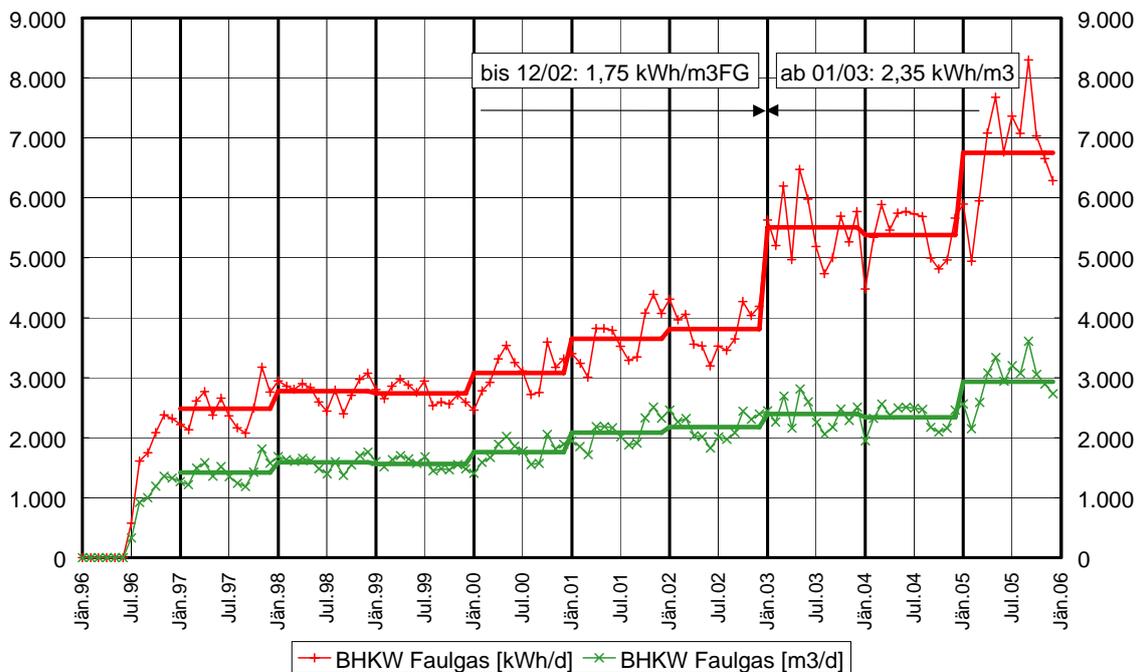


Abbildung 14: Steigerung Faulgasproduktion und Stromerzeugung 96 - 05

7 Mittelbare Synergienutzung - System ÖLI und seine Verwertung

Die Ausreizung der Energienutzung auf der ARA Fritzens findet ihren Höhepunkt in der Errichtung eines Diesel-BHKW zur Verbrennung von Altspesiefett seit 2004 auf der ARA. Diese Lösung ist reich an Synergieeffekten. Das Projekt ist gereift an der Erfahrung der Sammlung, Aufbereitung und Verwertung des Altspesiefettes.

Einem sehr kundenorientierten Service des selbst aufgebauten Sammeldienstes ÖLI wurde höchstes Augenmerk gewidmet (Abholung der Gebinde vor Ort oder Recyclinghof, Rückstellung gereinigter Tauschgebände), was mit rascher Akzeptanz des Abfallproduzenten (Haushalte, Gastronomiebetriebe, etc.) belohnt wurde. Die dadurch seit Beginn der Sammlung (1999) ständig gestiegenen Sammelraten von 0,3 kg/E.a auf 1,0 kg/E.a und auch die Ausweitung des Sammeleinzugsgebietes über den Verbandsraum hinaus gaben ausreichend Sicherheit für eine eigene Investitionsinitiative. Der spezifische Energieinhalt von 37.500kJ/kg des aus Altspesiefett gewonnenen hochwertigen Kraftstoffes „Diesel“ und die erreichbaren Sammelmengen von 1.500 bis zu 1.900 Tonnen/Jahr gaben schließlich den Ausschlag, die Idee einer wirtschaftlichen Verwertung an Ort und Stelle zu verwirklichen. Die Umsetzung des Vorhabens entwickelte sich zu einem Pilotprojekt.

Obwohl die Aufgabenstellung vordergründig eine abfallrechtliche ist, zeigt sich die enge Beziehung zwischen Abfallwirtschaft und Abwasserbehandlung in der Synergie biogener Stromerzeugung und Verwertung großer Wärmemengen zu Klärschlamm-trocknung und Raumluft-wärmung. Während auf der Abfallseite neben der Problemlösung Altspesiefettverwertung sich die Energieerzeugung als Positivum ergibt, ist es auf der Seite der Abwasserbehandlung neben einer Kostensenkung bei der Abluftbehandlung vor allem die bedeutende Mengenreduktion und Endproduktverbesserung des getrockneten Klärschlammes (TR > 90 %) zu einem hochwertigen Granulat als Brennstoffprodukt für den Einsatz in kalorischen Kraftwerken.

Die elektrische Leistung des Fett-BHKW beträgt rd. 1.130 kW, die jährliche Stromerzeugung (Regelarbeitsvermögen) beträgt rd. 7 GWh und wird als Ökostrom in das Netz der TIWAG eingespeist. Die gewinnbare Treibstoffmenge aus dem gesammelten Altspesiefett beträgt rd.90% der Sammelmenge. Das im

Einsatz befindliche Fett-BHKW der Firma MAN B & W (Dänemark) ist ein GEN-Set aus dem Marinebereich und kann in Verbindung mit dem speziellen Treibstoffmanagement als Besonderheit angesehen werden.

Das untenstehende Blockschema zeigt den prinzipiellen Aufbau des Verfahrenskonzeptes.

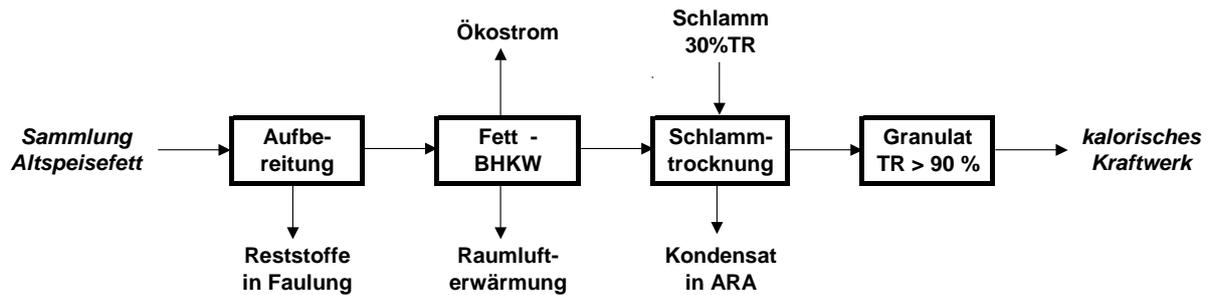


Abbildung 15: Blockschema Stromerzeugung und Wärmenutzung - Fett-BHKW



Abbildung 16: Fett-BHKW

Durch dieses Projekt (ÖLI + BHKW) wurden vom AWW insgesamt 10 zusätzliche Arbeitsplätze geschaffen und ein bislang gegebenes Problem der Umwelt funktionierend und gut gelöst. Von Bedeutung ist auch der ökologische Effekt, dass durch die geschaffene Wertschöpfung "im Haus" mit der gänzlichen vor Ort-Verarbeitung des Altspisefettes und der maßgeblichen Verringerung der Schlammmenge zu Granulat für den sensiblen Verkehrsraum Hall, Fritzens u.U./Inntal eine Reduktion der LKW-Transporte um 100.000 km pro Jahr erreicht wird.

8 Schlussbemerkungen

Der AWW Hall i.T. – Fritzens hat innerhalb von 10 Jahren ein hohes Maß an know-how aufgebaut und Kompetenz für Betriebsführung und Betriebsoptimierung bewiesen.

Die Hereinnahme zusätzlicher Abwasserfrachten zur Auslastungssteigerung hat sich bewährt, die in diesem Zusammenhang ausgetauschte effizientere Belüftungseinrichtung rechnete sich in kürzester Zeit. Die Prozessstabilität und gute individuelle Regelbarkeit der tiefen Belebungsstufen ist ebenfalls nennenswert. Der kostensparende Effekt an Energie und damit Betriebskosten ist erheblich.

Die gemeinsame Verarbeitung von Co-Substraten in der Faulung ist von dem bekannten Mehrgewinn an Faulgas und damit Stromerzeugung begleitet und gab es trotz hoher organischer Belastungsraten kein nennenswertes Problem. Als begrenzende Faktor in der Beschickung ist die reale Faulzeit, die bei > 20 Tagen liegen sollte, anzusehen.

Die „Ausreizung“ der Auslastung von Anlagenteilen ist nur bei entsprechender Sorgfältigkeit in der Begleitung und Überwachung sowie in Beachtung von Redundanz und Störfallproblematik zu empfehlen. Eine solche zu Lasten der ökologischen und betrieblichen Sicherheit wäre als unzulässig anzusehen. Andererseits muß man auch vom „gewöhnlichen“ kommunalen (häuslichen) Abwasser mit Störfällen rechnen.

Die Nutzung der Synergie zwischen dem Fettkraftwerk und der Schlamm Trocknung ist ein ortsspezifischer Sonderfall und zeigt das hohe Problembewusstsein des Abwasserverbandes auf.

Durch die innovativen Ideen des AWV in den letzten Jahren konnte eine sehr wirksame Betriebskostendämpfung eingeleitet werden, ohne Anlageteile zu überfordern. Gewinner dieser Initiativen ist ausschließlich die Öffentlichkeit (angeschlossene Gemeinden/Bürger). Die spezifischen Betriebskosten sind infolge aller aufgezeigten Maßnahmen mittlerweile auf < 10 EUR/EW.a abgesunken, ohne dass der AWV als gekürter „Sparefroh“ anzusprechen wäre. In diesem Zusammenhang soll auch aufgezeigt werden, dass mit einer solchen marktorientierten Umwelt- und Betriebspolitik langfristig alle erforderlichen Kosten der Abwasserentsorgung kein Problem darstellen, d.h. ausfinanzierbar sind, unabhängig von konjunkturellen Schwankungen. Von dieser Tatsache konsumiert auch die Ökologie mit.

Abschließend sei anerkennend der Mut zur Ausführung, die Selbstsicherheit der Problemerkennung, die Konsequenz zur Durchführung und die Verantwortung und das Wissen der Beteiligten erwähnt.

9 Literatur

- [1] Passer H. , Widmann W., Hupfauf B., (2001)
Anpassung und Bau der Kläranlage Innsbruck,
Wiener Mitteilungen Band 166, 19-58

- [2] Kroiß H., (1995)
Wirklichkeitsnahe Bemessung von kommunalen Kläranlagen
Wiener Mitteilungen Band 125

- [3] Lengyel W., Passer H. (1995)
Kostendämpfung bei großen Kläranlagen
Wiener Mitteilungen Band 125

- [4] Passer H., Gretzer A.(1991)
Ergebnisse eines Verfahrensvergleiches 4 verschiedener Klärsysteme für den
Ausbau der Kläranlage Meran/Südtirol
A – B Symposium in Aachen am 8./9.2.1990
GWA-Mitteilungen, Band 15

- [5] MUNLV (2001)
Co-Fermentation von biogenen Abfällen in Faulbehältern von Kläranlagen,
herausgegeben vom Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und
Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen,
ISBN 3-9807642-3-0

Korrespondenz an:

Br. h.c. Dipl.-Ing. Helmut PASSER
Ingenieurbüro Passer & Partner ZT GmbH
Andechsstrasse 65
6020 Innsbruck
Tel.: 0512 33588
eMail: h.passer@passer.at

Betriebserfahrungen mit einer Biofilteranlage als Hauptstufe

G. Altemeier

Herforder Abwasser GmbH

Deutschland

Kurzfassung: Bedingt durch gestiegene Reinigungsanforderungen musste bei der Stadt Herford über den Neubau der Abwasserreinigungsanlage entschieden werden. Das anfängliche Konzept zur Realisierung einer konventionellen Kläranlage konnte wegen Grundstücksproblemen nicht umgesetzt werden, so dass eine platzsparende Biofilteranlage mit einer Ausbaugröße von 250.000 EW auf einer Fläche von ca. 1 ha errichtet wurde. Wegen der kurzen Aufenthaltszeit des Abwassers in der Anlage müssen die einzelnen Verfahrensschritte stärker überwacht werden als bei konventionellen Anlagen. Ferner muss mit einer entsprechenden Steuer- und Regelstrategie auf Erhöhungen bei den Ablaufwerten reagiert werden. Aufgrund der kompakten Bauweise müssen im erhöhten Umfang Fäll- und Flockungsmittel dosiert werden, die zum einen die Betriebskosten erhöhen und zum anderen innerhalb der Vorklärung überproportional viel Kohlenstoff aus dem Abwasser entfernen, so dass zur erforderlichen Denitrifikation ein externer Kohlenstoffträger dosiert werden muss. Im Normalbetrieb können die geforderten Ablaufwerte weit unterschritten werden, wobei es aber bei bestimmten Belastungssituationen zu Grenzwerterreicherungen kommen kann. Trotz der verfahrenstechnischen Besonderheiten der Filteranlage, kann sie als ebenbürtige Abwassereinigungstechnik bezeichnet werden, die gerade bei begrenzten Platzverhältnissen elementare Vorteile gegenüber konventionellen Kläranlagen hat. Aufgrund der kompakten Bauweisen können Filteranlagen vollständig eingehaust werden, so dass von ihnen keinerlei Geruchsbelästigung ausgeht.

Keywords: Biofilterverfahren, optimierte Vorklärung, Biostyrfilter, Filterbetrieb, Filtersteuerung, Spülprozess, Actiflostufe, Betriebskosten, Betriebsprobleme

1 Einführung

Im nördlichen Bereich des Bundeslandes Nordrhein-Westfalen (Deutschland) liegt die Stadt Herford mit ca. 70.000 Einwohnern in unmittelbarer Nähe zum Oberzentrum Bielefeld. Die Stadt Herford betreibt seit dem Jahr 1910 eine geordnete Abwasserbehandlung. Städtebauliche Weiterentwicklungen wurden abwassertechnisch kompensiert, indem die vorhandene konventionelle Kläranlage immer weiter ausgebaut wurde. Dies führte dazu, dass der Kläranlagenstandort nahezu vollständig bebaut war und somit keine Erweiterungsmöglichkeiten mehr zuließ.

Mit der Forderung der weitergehenden Stickstoffelimination ab ca. 1985 war offenkundig, dass die alte Kläranlage erheblich ausgebaut werden musste, um die Schlammbelastung so zu reduzieren, dass eine ausreichende Nitrifikation erfolgen konnte. Um diese zu erreichen, hätten bei einer konventionellen Anlage die neuen Belebungsbecken sechsmal größer sein müssen, als die vorhandenen. Aufgrund dieser enormen Volumenvergrößerung war es wegen fehlenden Bauflächen am vorhandenen Standort nicht möglich eine neue Anlage zu errichten. Demzufolge musste bei der Planung zum Kläranlagenneubau ein neuer Standort im Stadtgebiet gesucht werden. Da die alte Kläranlage neben dem oben genannten Problem im Bereich der Stickstoffelimination auch noch erhöhte CSB-Ablaufwerte präsentierte und zusätzlich von der Anlage erhebliche Geruchsbelastungen ausgingen, war es elementar wichtig kurzfristig über einen Neubau der Abwasserreinigungsanlage zu entscheiden.

Im Jahre 1988 wurden mögliche Standorte für eine neue konventionelle Abwasserreinigungsanlage untersucht. Die Standortwahl fiel auf eine Fläche, die ca. 3 Kilometer vom vorhandenen Standort entfernt war und keinerlei Bebauung aufwies. Die entsprechenden Genehmigungsunterlagen wurden erarbeitet und den zuständigen Behörden vorgelegt.

Kurz vor der Realisierungsphase des Neubaus traten erhebliche Probleme im Bereich des Grundstücksankaufes auf. Für die benötigte Baufläche von ca. 10 ha wurden seitens der Grundstückseigentümer extrem überhöhte Kaufpreise gefordert, so dass das Neubauprojekt gänzlich ins Stocken geriet. Um eine langwierige juristische Auseinandersetzung mit den Grundstückseigentümern zu umgehen, wurde daraufhin über Alternativkonzepte nachgedacht, die es

erlaubten, doch am vorhandenen Standort eine Kläranlage zu errichten, die die geforderten Reinigungsleistungen erreicht.

Die Recherche bzgl. alternativer Verfahrenskonzepte führte abschließend zu der Entscheidung, dass seitens der Stadt Herford im Zeitfenster 1995 – 1998 eine Filtrationsanlage als Hauptstufe errichtet wurde, die nach dem Biostyr-Verfahren der französischen Firma OTV funktioniert. Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang, dass in Relation zu einer konventionellen Anlage nur ein Flächenbedarf von ca. 20 % benötigt wird, so dass dadurch die Möglichkeit bestand, neben der alten Kläranlage den Neubau zu errichten. Eine ausreichende, konventionelle Kläranlage hätte wegen des erforderlichen Platzbedarfes auf dieser ca. 1 ha großen Fläche nicht errichtet werden können. Nur durch die Realisierung der Abwasserreinigung mit Hilfe der kompakten Filtrationstechnik bestand die Möglichkeit eine Anlage im Bereich der vorhandenen zu errichten, ohne dass es zu einem erheblichen neuen Flächenverbrauch kam. In der Abbildung 1 ist die neue Kläranlage dargestellt.



Abbildung 1: Kläranlage Herford

Nach Fertigstellung der neuen Filteranlage konnte anschließend die alte Kläranlage außer Betrieb gesetzt werden, wobei die vorhandenen Anlagenteile

zur Schlammbehandlung im Zeitraum 2001-2003 saniert und modernisiert wurden. Diese dienen weiterhin der geordneten Schlammbehandlung und sind in das derzeitige Verfahrenskonzept integriert.

Die Herforder Abwasser GmbH ist seit 1999 für den Betrieb der Gesamtanlage verantwortlich, so dass mehr als 6 Jahre Betriebserfahrung mit der Filteranlage vorliegen.

2 Verfahrenskonzept

In der Abbildung 2 ist das Verfahrenskonzept der neuen Kläranlage Herford dargestellt. Im ersten Bauabschnitt (1995-1998) wurde der Neubau der mechanischen, biologischen und tertiären Stufe durchgeführt. Die dadurch hervorgerufene Gesamtinvestition betrug ca. 60 Mio. € Im zweiten Bauabschnitt (2001-2003) sind die Anlagen zur Schlammbehandlung auf dem Gelände der alten Kläranlage saniert worden. Das Investitionsvolumen lag bei ca. 7 Mio. € Die im unteren Bereich der Abbildung 2 dargestellte Klärschlamm-trocknungsanlage (TR) ist seit dem Jahr 1999 nicht mehr in Betrieb.

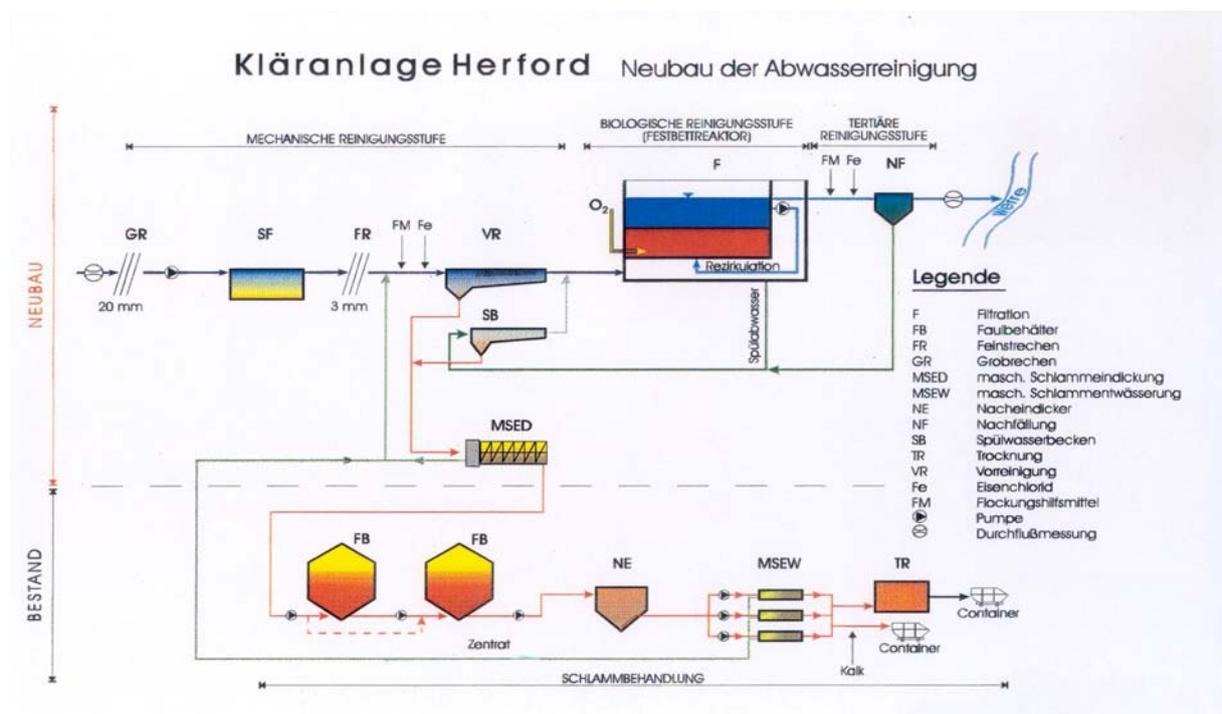


Abbildung 2: Verfahrenskonzept

Die Kläranlage ist auf eine Ausbaugröße von 250.000 Einwohner/Einwohnergleichwerte ausgelegt. Die derzeitige Belastung liegt bei ca. 200.000 Einwohnern/Einwohnergleichwerten, so dass noch eine Reserve von ca. 25 % existent ist. Die derzeitige Anlagenbelastung rekrutiert sich aus ca. 80.000 Einwohnern (angeschlossen sind auch noch Entwässerungsnetze benachbarter Gemeinden) und entsprechend 120.000 Einwohnergleichwerten. Dies weist auf eine große Dominanz des Industrieabwassers hin, wobei schwerpunktmäßig drei Großfirmen in das Entwässerungsnetz der Stadt Herford einleiten. Zwei dieser Firmen aus dem Bereich der Nahrungsmittelindustrie liefern ein biologisch gut abbaubares Abwasser, ein Textilveredelungsbetrieb leitet ein schlechter abbaubares Abwasser ein.

2.1 Mechanische Reinigungsstufe

Die mechanische Reinigungsstufe unterscheidet sich nur unwesentlich von der einer konventionellen Kläranlage. Am Anfang der mechanischen Stufe befindet sich ein Grobrechen mit einem Stababstand von 20 mm. Anschließend wird das Abwasser mit Hilfe von nass aufgestellten Kreiselpumpen ca. 8 Meter gehoben, so kann das Abwasser im freien Gefälle durch die gesamte Anlage strömen. Als nächste Behandlungsstufe folgt ein belüfteter Sandfang, an den sich eine Feinrechenanlage mit einem Stababstand von 3 mm anschließt.

Da der Vorklärung die Filteranlage nachgeschaltet ist, muss dafür gesorgt werden, dass nur ein geringer Schwebstoffanteil aus der Vorklärung abströmt. Um dieses zu erreichen werden vor den Vorklärbecken Fäll- und Flockungsmittel in das Abwasser dosiert. Würde diese Chemikalienzudosierung unterbleiben, müssten die Filter der biologischen Stufe zu häufig gespült werden. Innerhalb von Koagulationsbecken werden Eisensalze sowie Flockungshilfsmittel mit Rührwerken eingemischt. Dadurch wird erreicht, dass sich die im Abwasser vorhandenen Schwebstoffe vergrößern und somit in der anschließenden Vorklärung besser sedimentieren.

Ein weiterer Unterschied zu üblichen Vorklärbecken besteht durch die Installation von Parallelplatten innerhalb der Absetzbecken. Durch die kompakte Bauweise der Gesamtanlage stand nur eine begrenzte Fläche für die Vorklärung zur Verfügung. Um trotzdem eine ausreichende Sedimentation zu erreichen, sind in die Vorklärbecken Parallelplatten mit einem Abstand von 7 cm und einem Aufstellwinkel von 60° installiert worden.

2.2 Biologische Reinigungsstufe

Wie schon vorher erwähnt, handelt es sich bei der Kläranlage Herford um eine Filtrationsanlage als Hauptstufe. Dies bedeutet, dass weder Belebungsbecken noch Nachklärbecken in der Anlage vorhanden sind. Die gesamte biologische Abwasserreinigung wird mit Festbettreaktoren vorgenommen.

Die biologische Stufe besteht in Herford aus 16 baugleichen Filterzellen. Bei diesen Filtern handelt es sich um Aufstromfilter, in denen das mechanisch gereinigte Abwasser von unten nach oben durch die Filterzelle geleitet wird. Mit jeweils 4 großen Zulaufkanälen wird das Abwasser in den unteren Bereich des Filters geführt und muss dann zwangsläufig nach oben durch das Filtermaterial aufsteigen (s. Abbildung 3).

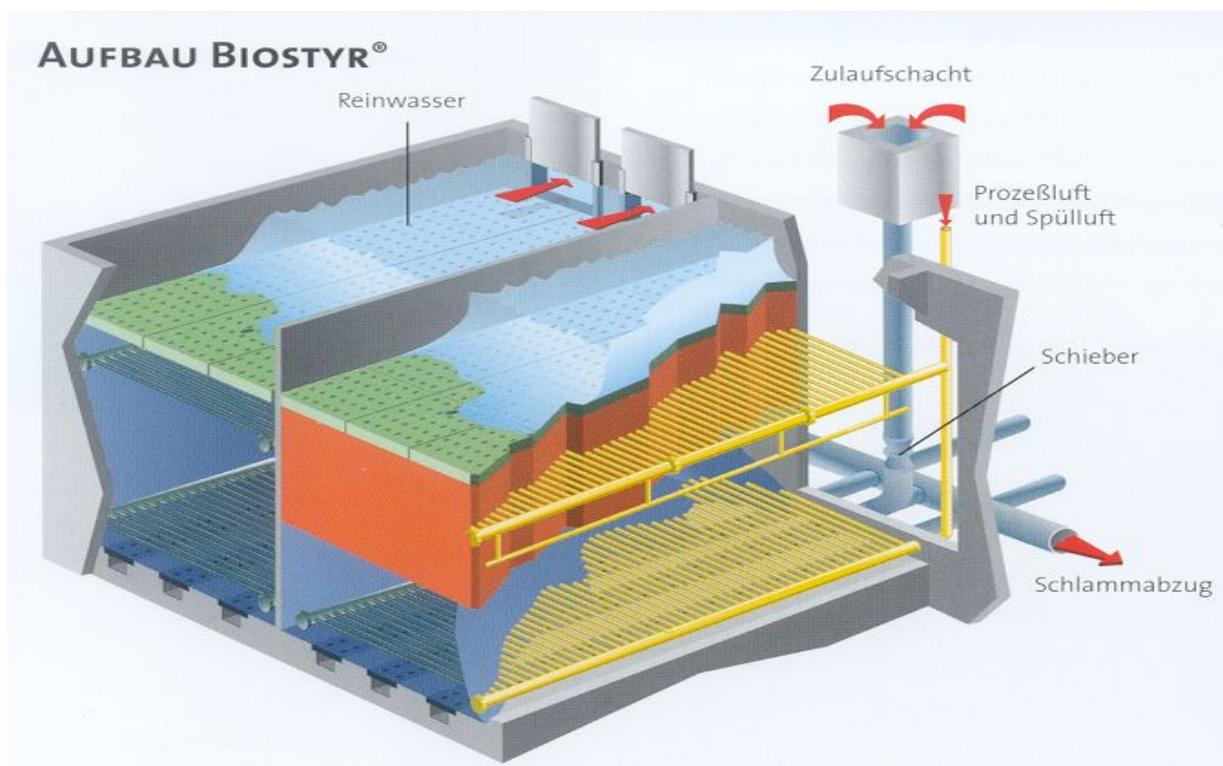


Abbildung 3: Biostyrfilter

Das Filtermaterial besteht aus Styroporkugeln, die einen Durchmesser von 3 mm aufweisen. Das Filterbett hat jeweils eine Höhe von 3,20 m, so dass sich bei einer Filteroberfläche von ca. 113 m² in jedem Filter ca. 8 Milliarden Kugeln befinden. Auf der Oberfläche dieser Kugeln siedeln sich die Bakterien an.

Überschlagsmäßig kann davon ausgegangen werden, dass in einem Kubikmeter Styroporkugelmateriale eine 10-fach höhere Bakteriendichte vorhanden ist als in einem Belebungsbecken bei der konventionellen Abwasserreinigung. Durch diese hohe Bakteriendichte besteht die Möglichkeit den biologischen Reaktor entsprechend kleiner zu bauen. Aus diesem Grunde kann die Filtrationsanlage sehr kompakt errichtet werden, wobei die gleiche Bakterienspezies und auch die gleiche Anzahl von Bakterien wie bei konventionellen Kläranlagen benötigt wird. Die Styroporkugeln werden durch Filterdüsen daran gehindert mit dem Abwasser die Filterzelle zu verlassen. Die Filterdüsen haben seitliche Schlitze, die einen Öffnungsspalt kleiner als 3 mm aufweisen. Die Styroporkugeln werden nur durch den hydraulischen Druck des Abwassers unter den Filterdeckel gepresst.

Neben der reinen Bereitstellung der Bewuchsfläche dienen die Kugeln gleichzeitig auch als Filtermedium, so kann auch auf eine Nachklärung verzichtet werden.

Wie in der Abbildung 3 zu erkennen ist, befindet sich innerhalb des Filtermaterials ein Belüftungsgitter. Dieses Belüftungsgitter teilt das Filterbett in zwei unterschiedliche Zonen. Die oberhalb des Belüftungsgitters liegende Zone wird mit Luft versorgt, dort können Oxidationsvorgänge stattfinden. Das zuströmende Ammonium wird in dieser Nitrifikationszone zu Nitrat oxidiert. In der Abbildung 4 sind die beiden unterschiedlichen Zonen im Filterbett dargestellt.

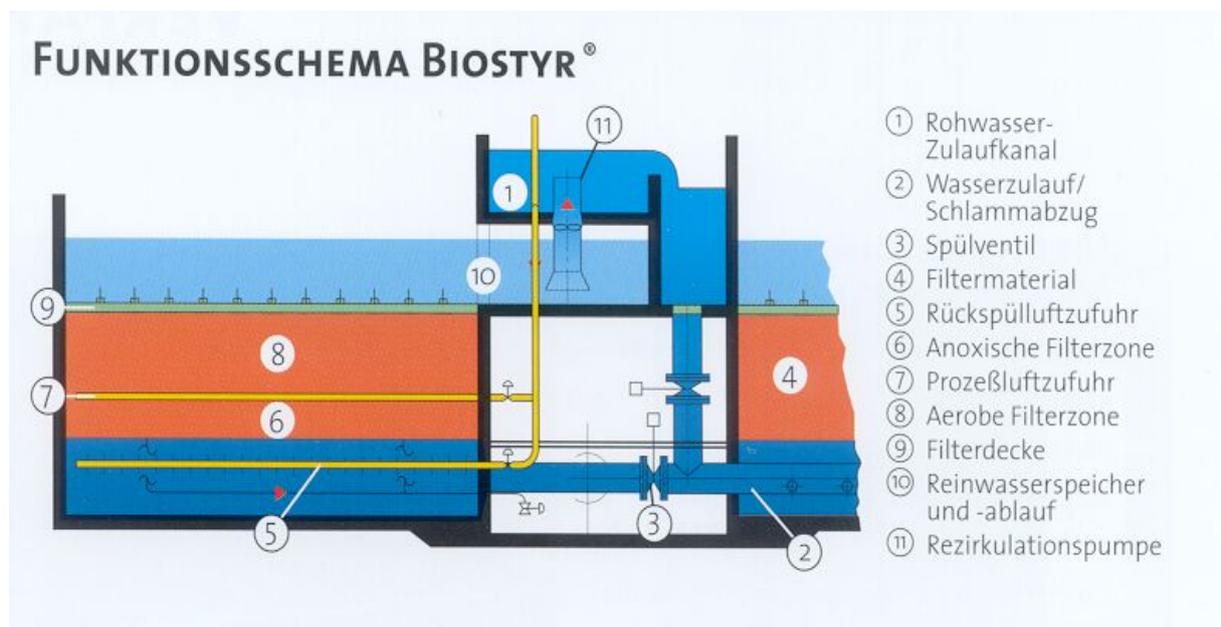


Abbildung 4: Funktionsschema Biostyr

Das nitrathaltige Überstandswasser wird teilweise mit Hilfe von Rezirkulationspumpen wieder in den Zulauf der Filteranlage gehoben, um zusammen mit dem Rohabwasser in der unterhalb des Belüftungsgitters liegenden anoxischen Zone denitrifiziert werden zu können. Diese Anordnung ist vergleichbar mit der vorgeschalteten Denitrifikation bei konventionellen Kläranlagen. Bei dem Bio-styrfilter werden die Prozesse Denitrifikation und Nitrifikation im gleichen Filterbett übereinander durchgeführt.

Die erforderliche Rezirkulationsrate wird in Abhängigkeit der Ammoniumzulaufkonzentration berechnet und eingeregelt. Als weiterer Einflussparameter dient der Nitratblaufwert. Steigt der momentane Nitratblaufwert über einen definierten Grenzwert an, wird unter anderem auch die Rezirkulationsrate erhöht.

Eine Besonderheit bei der Herforder Anlage ist die spezielle Steuerung der Filteranzahl. Durch entsprechende Vorversuche konnte eine stabile Nitrifikationsleistung festgestellt werden, wenn eine konstante Ammoniumraumbelastung von $400 \text{ g/m}^3\text{d}$ im Filtermaterial vorherrscht. Aus diesem Grund werden permanent die Ammoniumzulaufkonzentration und die momentane Wassermenge analysiert. Aus diesen beiden Werten kann die Ammoniumfracht bestimmt werden, die dann mit Hilfe einer Berechnungsformel die erforderliche Anzahl von Filtern definiert. In der Abbildung 5 ist dieser verfahrenstechnische Zusammenhang exemplarisch dargestellt.

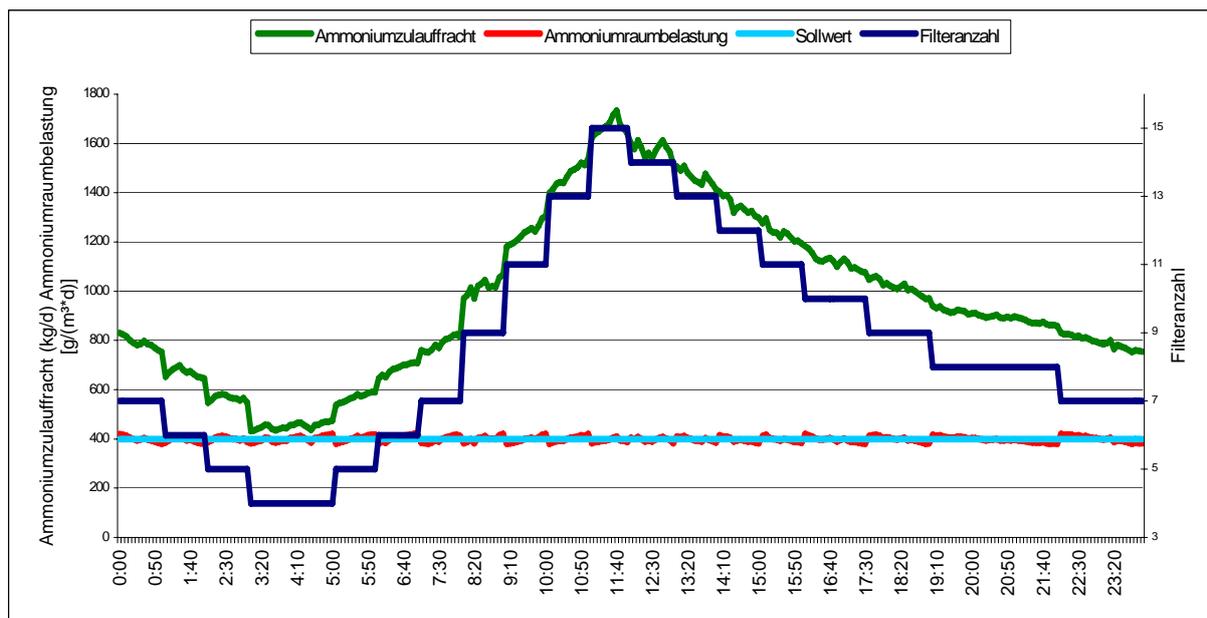


Abbildung 5: Filteranzahl

In Schwachlastphasen, z. B. nachts, ist es ohne weiteres möglich, dass nur 4 Filterzellen in Betrieb sind und die anderen 12 Filter sich im Standbymodus befinden. Der Vorteil ist dabei, dass bei den in Betrieb stehenden Filtern eine optimale Raumbelastung vorherrscht und die im Standbyprozess befindlichen Filter nicht mit Sauerstoff versorgt werden müssen. Wird durch Veränderung der Zulaufsituation die Ammoniumfracht erhöht, werden durch den Prozessrechner zusätzliche Filter aktiviert. Erst wenn die Fracht wieder sinkt, erfolgt eine Reduzierung der Filteranzahl. Neben der Ammoniumraumbelastung gehen in den Regelkreis für die Steuerung bzgl. der Filteranzahl auch noch die CSB-Raumbelastung ($< 2,5 \text{ kg CSB/m}^3\text{d}$) und eine maximale Filtergeschwindigkeit ($< 6 \text{ m/h}$) ein. Die Betriebserfahrung hat aber gezeigt, dass die Ammoniumraumbelastung dominierend für die Bestimmung der Anzahl der Filter ist.

Die für die Oxidationsprozesse im Filterbett benötigte Luft wird mit Hilfe des Belüftungsgitters eingetragen. Die Luftmenge wird in Abhängigkeit der Ammoniumzulaufkonzentration geregelt. Jeder der 16 Filter hat ein eigenes Gebläse, welches über einen Frequenzumrichter geregelt wird.

Durch die Überschussschlammproduktion im Filterbett, aber auch ausgelöst durch Schwebstoffe, die mit dem Zulauf in das Filterbett gelangen, kommt es sukzessiv zu einer Verschlammung des Filterbettes. Dadurch steigt automatisch der Filterwiderstand der Filterzelle an. Durch entsprechende Messgeräte wird dieser Filterwiderstand permanent registriert und bei Erreichen eines Grenzwertes kommt die betreffende Filterzelle in den Spülprozess. Als Filterwiderstand lässt sich die Wasserspiegeldifferenz zwischen dem Überstandswasser der Filterzellen und dem Wasserspiegel im Absturzschaft der Filterzelle definieren.

Ein weiterer Steuerungsparameter für die Filterspülung ist die Vorgabe einer maximalen Filterbetriebszeit von z. Zt. 30 Stunden, nach der automatisch eine Spülung erfolgt. Um die Spülung durchführen zu können, muss der Zufluss zu der betreffenden Filterzelle unterbrochen werden. Als erstes wird anschließend durch ein Belüftungsgitter, welches sich unterhalb des gesamten Styropormaterialies befindet, ca. 3 Minuten lang Luft in das Filterbett eingetragen. Die aufsteigende Luft bewirkt entsprechende Scherkräfte auf den Kugeloberflächen, wodurch der Überschussschlamm auf den Oberflächen der Kugeln gelockert wird. Danach wird 5 Minuten lang gereinigtes Überstandswasser, welches sich

über dem Filterdeckel befindet, in umgekehrter Richtung, also von oben nach unten, durch das Filterbett geleitet. Dieses Überstandswasser strömt in ein tieferliegendes Becken, so dass das Spülwasser wegen des hydrostatischen Überdruckes durch das Filterbett geführt wird. Ein Regelschieber stellt die durchströmende Wassermenge so ein, dass eine maximale Spülgeschwindigkeit von 60 m/h nicht überschritten wird. Das durchströmende Spülwasser lässt das Kugelbett expandieren, so dass die Möglichkeit besteht den Überschussschlamm aus dem Kugelbett auszutragen. Dadurch, dass die Spülgeschwindigkeit unter dem maximalen Grenzwert gehalten wird, kann verhindert werden, dass Kugeln soweit mitgerissen werden, dass sie in das tieferliegende Spülabwassersammelbecken gelangen.

Der Prozess der Luft- und Wasserspülsequenz wird 4-mal hintereinander durchgeführt, wobei dabei ca. 2.000 m³ Spülabwasser pro Filterspülung produziert werden. Dies entspricht bei einer durchschnittlichen Anzahl von 13 Filterspülungen pro Tag ca. 26.000 m³ Spülabwasser. Bei einer Trockenwetterzulaufmenge zur Kläranlage Herford von z. Zt. ca. 18.000 m³/d könnte man vorschnell auf einen extrem hohen Spülwasseranfall schließen. Zu beachten ist in diesem Zusammenhang aber, dass das Spülwasser aus gereinigtem Abwasser besteht und nur als Transportmedium für den Überschussschlamm dient. Das Abwasser aus dem Spülabwassersammelbecken wird in ein Sedimentationsbecken gepumpt, wo sich der Überschussschlamm absetzen kann. Das Überstandswasser gelangt anschließend wieder in den Zulauf der Filteranlage. Somit wird durch das Spülabwasser ein Teil der Rezirkulation sichergestellt. Die Förderleistung der Propellerpumpen für die Rezirkulation des Überstandswassers kann um diese Wassermenge reduziert werden.

2.3 Tertiäre Reinigungsstufe

Aufgrund des speziellen Überwachungsprocedures in Deutschland (qualifizierte Stichprobe) wurde nach dem Biostyrfilter noch eine tertiäre Reinigungsstufe geschaltet. Bei der Wiederinbetriebsetzung einer im Standbymodus befindlichen Filterzelle kann für eine gewisse Zeit leichter Schlamm von den Kugeln abgespült werden, der bei der vorherigen Spülung nicht mit ausgeschwemmt wurde. Würde während dieser Phase eine Beprobung durch die Genehmigungsbehörde durchgeführt, könnte aufgrund dieser Schlammmitverfrachtung eine Überschreitung der Überwachungswerte auftreten. Um diese leichten Schlammpartikel aus dem Abwasser zu entnehmen, ist die Verfahrensstufe

Actiflo der Filteranlage nachgeschaltet worden. Innerhalb dieser tertiären Reinigungsstufe erfolgt eine Beschwerung der Schlammpartikel mit Hilfe von Mikrosand, um eine effektivere Sedimentation zu ermöglichen. Dazu wird das aus dem Biostyr ausströmende, gereinigte Abwasser in einem Reaktionsbecken sowohl mit Eisensalzen, Flockungshilfsmitteln und Mikrosand in Kontakt gebracht. Durch die Polymerzugabe kommt es auf dem Mikrosand zu einer entsprechenden Ladung, die die leichten Schlammpartikel an das Sandkorn bindet. Innerhalb eines Sedimentationsbereiches kann der Sand auf die Sohle absinken und das Überstandswasser als Ablauf aus der Kläranlage abgeleitet werden. Der auf der Sohle liegende Sand wird zusammen mit dem anhaftenden Schlamm über Pumpen auf Hydrozyklone gefördert, die den Sand wieder von dem Schlamm trennen. Der Sand wird wieder für den Prozess zur Verfügung gestellt und der gesammelte Schlamm in das schon vorher erwähnte Spülabwasserbecken gepumpt.

2.4 Schlammbehandlung

Der anfallende Schlamm (Primär-, Sekundär- und Tertiärschlamm) wird auf dem Gelände der alten Kläranlage (in unmittelbarer Nähe der Filteranlage) behandelt. Mit Hilfe von Seihtischen findet eine Eindickung des Vorklärbeckens von 1,5 % TS auf ca. 6 % TS statt. Anschließend gelangt der eingedickte Schlamm in die mesophil betriebene Schlammfäulung. Die Aufenthaltszeit im Faulbehälter liegt bei ca. 25 Tagen. Durch die Nachschaltung einer statischen Eindickung wird der ausgefauelte Schlamm für die Entwässerung vorbereitet. Die Schlammmentwässerung erfolgt durch Dekanter, die während der regulären Betriebszeiten betrieben werden. Der entwässerte Schlamm wird anschließend in einem Dickstoffsilo zwischengelagert. Die jährlich anfallende Feststoffmasse (ca. 2.700 t) wird jeweils zur Hälfte in die thermische bzw. in die landwirtschaftliche Verwertung eingeschleust. Das bei der Fäulung entstehende Klärgas gelangt zur Zwischenspeicherung in einen Gasbehälter. Anschließend erfolgt mit Hilfe von Blockheizkraftwerken die elektrische und thermische Verwertung des Klärgases. Der dadurch erzielte Eigenanteil bei der Stromversorgung liegt bei ca. 25 %.

3. Reinigungsleistung

Wie schon vorher dargestellt, ist ein erheblicher Einfluss des Industrieabwassers auf die Abwasserinhaltsstoffe erkennbar. Die durchschnittlichen Zulaufkonzentrationen und die nach Bescheid geforderten Ablaufkonzentrationen der entscheidenden Abwasserinhaltsstoffe stellen sich wie folgt dar:

<u>Zulauf</u>		<u>Ablauf</u>	
CSB =	1.230 mg/l		= 65 mg/l
BSB ₅ =	590 mg/l		
TKN =	77 mg/l	NH ₄ – N = 3 mg/l, Σ anorg. N = 13 mg/l	
P _{ges} =	13 mg/l	PO ₄ – P = 0,8 mg/l	

Die hohe CSB-Zulaufkonzentration lässt den deutlichen Unterschied zu reinem Kommunalabwasser erkennen.

Als Beprobungsverfahren liegt die qualifizierte Stichprobe zugrunde. Das bedeutet, dass von der Genehmigungsbehörde in einer Zeitspanne von max. 2 Stunden, mindestens 5 Stichproben mit einem zeitlichen Mindestabstand von 2 Minuten aus dem Abwasserstrom entnommen werden.

Der für die Anlage in Herford geltende CSB-Überwachungswert stellt in Relation zu den deutschen Mindestanforderungen aber auch zum EU-Recht eine wesentliche Verschärfung dar. Die deutschen Mindestanforderungen definieren für eine kommunale Kläranlage, mit einer Größe von über 100.000 E/EW, eine maximale CSB-Ablaufkonzentration von 75mg/l. Unter Beachtung des z. Zt. gültigen EU-Rechtes dürfte der Wert sogar bei 125 mg/l liegen, bzw. es wäre schon ausreichend, wenn nachgewiesen werden könnte, dass mindestens 75 % der CSB-Fracht innerhalb der Kläranlage eliminiert würden. Dieser Nachweis kann übrigens ohne jegliches Problem von der Kläranlage in Herford geführt werden. Die durchschnittliche CSB-Entnahmerate liegt bei 90-95%. Die erzielten Ablaufwerte sind in der Abbildung 6 exemplarisch dargestellt.

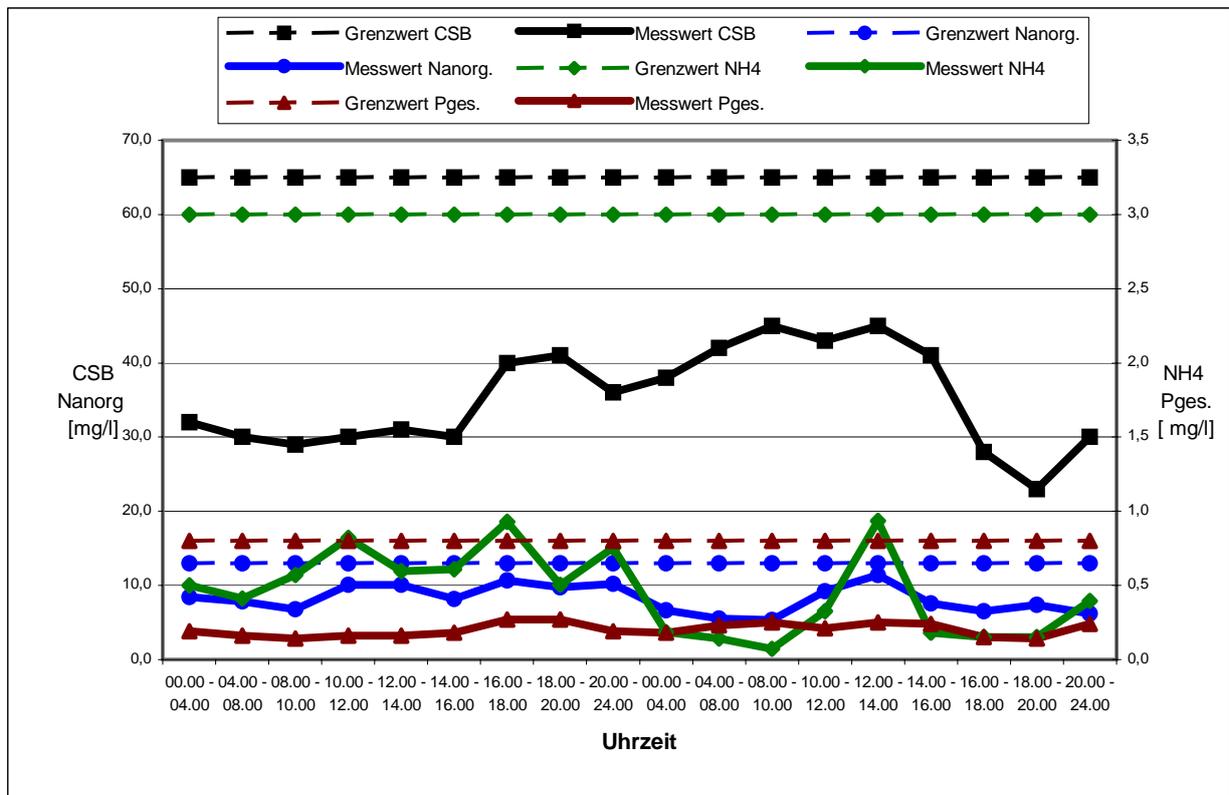


Abbildung 6: Ablaufwerte

3.1 Ammoniumablaufwerte

Schon kurz nach Inbetriebnahme der Filteranlage stellte sich eine stabile Nitrifikation ein, so kann die Ammoniumablaufkonzentration weit unter dem Grenzwert gehalten werden.

Nur kurz nach Beginn eines Regenereignisses kann das Problem auftreten, dass ein höherer Ammoniumablaufwert zu verzeichnen ist. Dieser Effekt ist auf eine kurzzeitige Überfrachtung der Filteranlage zurückzuführen. Während der Trockenwetterphase befindet sich innerhalb der Vorkläreinheit eine hohe Ammoniumzulaufkonzentration. Zu Beginn eines Regenereignisses steigt spontan die Rohabwassermenge an, so dass zeitnah eine große Abwassermenge in die Vorklärung gepumpt wird. Durch die erhöhte Zulaufmenge, gepaart mit der noch nicht mit Regenwasser verdünnten Ammoniumkonzentration, kommt es dann für ca. eine Stunde zu einer Überfrachtung der Filteranlage.

Infolge dieser temporären Überfrachtung steigt der Ammoniumablaufwert an. Durch Verdünnung mit Regenwasser innerhalb der Vorklärung entspannt sich nach ca. einer Stunde diese Situation automatisch und der Ammoniumablaufwert vermindert sich dann wieder.

Um diesem Ammoniumablaufproblem zu begegnen, ist der Filteranlage (im Rahmen des zweiten Bauabschnittes) ein Becken auf der alten Kläranlagenfläche zugeordnet worden. Dieses ehemalige Nachklärbecken der alten Kläranlage wurde zu einem Stundenausgleichsbecken umgerüstet. Das Becken hat ein Volumen von ca. 2.000 m³ und soll zu Beginn eines Regenereignisses ca. die Hälfte des zu behandelnden Abwassers zwischenspeichern. Aus diesem Grund können für die Zeitspanne von einer Stunde die Zulaufpumpen der Filteranlage von 4.400 m³/h auf ca. 2.400 m³/h reduziert werden. Durch diese einstündige Verminderung der Abwassermenge wird die o.g. Überfrachtung ausgeschlossen und somit die Ablaufgrenzkonzentration der Kläranlage eingehalten.

3.2 Nitratablaufwerte

Durch die schon vorher dargestellte Chemikaliengabe innerhalb der Vorklärung wird zwangsläufig auch überproportional viel Kohlenstoff eliminiert. Dies wirkt sich entsprechend negativ auf das Kohlenstoff-Stickstoff-Verhältnis im Zulauf der Filteranlage aus. Mit Hilfe einer externen Kohlenstoffquelle - in Form von Methanol – muss deshalb ein entsprechend optimales Kohlenstoff-Stickstoff-Verhältnis eingestellt werden, um eine störungsfreie Denitrifikation zu erzielen. Die Steuerung der Methanoldosierung baut auf die Ammoniumzulaufkonzentration auf. Ein weiterer Einflussfaktor für die Steuerung der Methanolzugabemenge ist die Nitratablaufkonzentration, die bei einer Überschreitung eines internen Grenzwertes einen zusätzlichen Steuerbefehl auf die Dosieranlage ausübt, um entsprechend mehr Methanol in das Abwasser einzumischen. Die minimale Dosierung liegt bei ca. 30 l/h und kann bei Ammoniumspitzenkonzentrationen bis auf 300 l/h gesteigert werden. Um eine Überlagerung von Ammoniumspitzen des Rohabwassers mit dem Zentratwasser aus der Schlammbehandlung zu vermeiden, wird das Zentratwasser geregelt in den Zulauf der Kläranlage zurückgeführt. Dies bedeutet, dass das Zentratwasser nur zu belastungsschwachen Zeiträumen in den Zulauf der Kläranlage gepumpt wird. Durch die Vorhaltung von genügend Speichervolumen ist es möglich, ab einer bestimmten Ammoniumzulaufkonzentration im Rohabwasser, das Zentrat-

wasser zwischenzuspeichern und zu einem späteren Zeitpunkt in die Kläranlage einzuleiten.

Die Denitrifikationskapazität ist so ausreichend, dass in Abhängigkeit der Rezirkulationsrate und der Methanolzugabemenge der Nitratlaufwert im gewünschten Bereich eingestellt werden kann.

3.3 Phosphorablaufwerte

Der Parameter Phosphor ist als unkritisch zu bezeichnen, da durch die Zudosierung von Fällsubstanzen an verschiedenen Stellen im Verfahrenszyklus eine ausreichende Eliminationsrate sichergestellt werden kann. Gegenüber dem Erlaubnisbescheid wurde aufgrund der guten Reinigungsleistung eine Ablaufkonzentration von $< 0,6$ mg/l erklärt.

3.4 CSB-Ablaufwerte

Der einzige Parameter, der sich zeitweise im Grenzbereich befindet, ist der CSB. Obwohl gleichzeitig eine ungestörte Nitrifikation und Denitrifikation vorhanden ist, kann es zu erhöhten CSB Ablaufwerten kommen.

Im Jahre 2004 sind intensive Untersuchungen bzgl. der CSB-Problematik durchgeführt worden. Schwerpunktmäßig musste dabei eine relativ hohe Konzentration an nicht abbaubaren (refraktären) CSB im Zulauf der Kläranlage festgestellt werden, die einen hohen Anteil an der CSB-Ablaufkonzentration hat. Dieser nichtabbaubare CSB-Anteil wird durch einen Industrieinleiter überproportional hoch in das Entwässerungsnetz eingeleitet. Um eine zielgerichtete Vorbehandlung bei dem betreffenden Industriebetrieb zu erreichen, gilt ab dem Jahr 2006 eine Satzungsänderung, die vorgibt, dass bei schlecht biologisch abbaubarem Abwasser ($CSB/BSB_5 > 2,5/1$) die in das Kanalnetz eingeleitete CSB-Konzentration max. 2.000 mg/l betragen darf. Die Vermutung des zeitweise hohen Anteils am refraktären CSB im Ablauf der Anlage wird auch dadurch gestützt, dass die erkannten CSB-Probleme nur bei geringen Zulaufmengen auftreten. Bei Regenereignissen oder auch in Phasen von erhöhten Fremdwasserzuflüssen (Winterzeitraum), tritt das o.g. Problem wegen der Verdünnung nicht auf.

Ein weiterer Ansatz zur Verbesserung der CSB-Ablaufsituation wird in der Optimierung der Vorklärung gesehen. In vergleichenden Untersuchungen musste erkannt werden, dass die Gesamteliminationsleistung der Kläranlage stark durch die CSB-Reduktion innerhalb der Vorklärung beeinflusst wird. Wenn, ausgelöst durch eine schlechte Reinigungsleistung, erhöhte CSB- bzw. AFS-Konzentrationen aus der Vorklärung abfließen, ist der Filter nur bedingt in der Lage dieses zu kompensieren.

Z. Zt. wird auch vermutet, dass es innerhalb der Vorklärung evtl. durch Industrieeinleitungen zu zeitlich auftretenden Ladungsveränderungen kommen kann, die dann eine optimale Fällung und Flockung in der Vorklärung erschweren. Durchgeführte Ladungsmessungen im Rohabwasser konnten diesen Ansatz aber leider nicht verifizieren. Zukünftig soll über eine AFS-frachtabhängige Steuerung der Fäll- und Flockungschemikalien eine optimale Entnahmeleistung in der Vorklärung sichergestellt werden.

Ein weiteres Phänomen bzgl. des CSB-Ablaufwertes kann auch nach intensiver Recherche noch nicht eindeutig erklärt werden. Wenn sich die CSB-Ablaufkonzentration in einer gewissen zeitlichen Phase im Grenzbereich befindet, treten die hohen Ablaufwerte erst ab Mitte der Woche auf. Obwohl die hohe industrielle Belastung schon zum Wochenbeginn vorhanden ist, kann die Anlage bis zur Mitte der Woche die CSB-Ablaufkonzentration unter dem Grenzwert halten. Erst in der zweiten Wochenhälfte kann zeitweise das Problem der Grenzwerterreicherung bzw. -überschreitung auftreten. Zukünftig ist zu prüfen, ob dieser „Sägezahneffekt“ aus Regenerationseffekten der Filteranlage am Wochenende herrührt, oder ob evtl. interne Rückbelastungen aus der Schlammbehandlung ab Wochenanfang sukzessive für diesen Zusammenhang verantwortlich sind. Ferner muss eine zeitliche Entkopplung der Zulaufbelastung durch den Einfluss der Rezirkulation beachtet und bewertet werden.

Die intensive Recherche bzgl. der CSB-Problematik hat aber die Erkenntnis gebracht, dass wahrscheinlich nicht die Anlagenkonzeption (also die Filtertechnik), sondern die Abwasserzusammensetzung ursächlich verantwortlich ist. Durch die hohe CSB-Zulaufkonzentration ist der dominierende Anteil des Industrieabwassers erkennbar, der sich überproportional am Ablauf beteiligt. Dies würde wahrscheinlich auch bei einer konventionellen Kläranlage in ähnlicher Größenordnung auftreten.

4. Betriebskosten

Aufgrund der schon erwähnten überproportionalen Chemikaliengabe sowie einer aufwendigen Abluftbehandlung liegen die spezifische Behandlungskosten und auch die Energiekosten über denen einer konventionellen Anlage. Zu beachten ist aber, dass die gesamte Anlage in einer Halle errichtet wurde, so dass die belastete Hallenluft abgesaugt und gereinigt werden muss. So eine aufwendige Abluftbehandlung wird bei konventionellen Anlagen nur in seltenen Fällen durchgeführt, wobei aber gerade der Neubau am vorhandenen Standort durch die Genehmigungsbehörde mit hohen Anforderungen bezüglich der Geruchsausbreitung verbunden wurde. Unter Beachtung, dass durchschnittlich $100.000 \text{ Nm}^3/\text{h}$ Abluft gereinigt werden, stellt sich zwangsläufig ein höherer Stromverbrauch ein, als bei einer Anlage ohne Abluftbehandlung. Die nachstehend aufgeführten Betriebskosten aus dem Jahre 2005 beziehen sich auf die Gesamtanlage, d. h. inklusive der Aufwendungen für die Schlammbehandlung.

Der spezifische Energiebedarf liegt bei ca. 40 kWh/EW a und liegt somit ca. 40 % höher, als bei konventionellen Anlagen gleicher Größenordnung. Die maßgeblichen Betriebskosten sind in der Abbildung 7 dargestellt.

Die dort genannten spezifischen Kosten beziehen sich auf die Jahresabwassermenge (incl. Regen- und Fremdwassermengen) und beinhalten nicht die Kosten der Abwasserableitung und Abwasserabgabe. Die Gebühren werden auf Basis des Frischwasserbezuges bzw. der versiegelten Grundstücksfläche den Anschlussnehmern in Rechnung gestellt.

	Jahres- kosten T €	Jahres- menge	spezifische Kosten Ct/m ³	%
Methanol	325	840 m ³	3,32	2,72
Eisen III-Chlorid	360	2.400 m ³	3,68	3,02
Flockungshilfsmittel	260	80 t	2,66	2,18
Stromkosten (Fremdbezug)	730	kWh 6.300.000	7,47	6,12
Klärschlammverwertung	580	6.700 t	5,93	4,86
Rechengutverwertung	16	160 t	0,16	0,13
Sandfanggutverwertung	6	80 t	0,06	0,05
gesamter Materialaufwand	1.548	--	15,83	12,98
Personalaufwand	1.650	22 MA	16,90	13,85
Abschreibungen	3.820	--	39,09	32,04
Sonstiges	200	--	2,04	1,67
Zinsen	2.430		24,86	20,38
Gesamtkosten	<u>11.925</u>		<u>122</u>	<u>100</u>
Jahresabwassermenge	9.749.000 m ³ /a			
Jahresschmutzwasser- menge	7.291.000 m ³ /a			
Gebührenhöhe 2006	Schmutzwasser		3,03 €/m ³	
	Niederschlagswasser		0,82 €/m ²	

Abbildung 7: Betriebskosten 2005

Die Personalstärke von 22 Mitarbeitern bezieht sich auf die Gesamtanlage sowie auf drei zusätzliche Außenstationen. Ferner werden von den Mitarbeitern auch noch die Sonderbauwerke im Kanalnetz der Stadt Herford betreut. Die Kläranlage wird im Einschichtbetrieb gefahren, dies bedeutet, die Kläranlage ist werktags nur in der Zeit zwischen 7⁰⁰ und 16⁰⁰ besetzt. Bei Störungen wird eine Meldung an den Bereitschaftsdienst abgesetzt der dann entsprechende Gegenmaßnahmen einleiten kann.

Um bei einem evtl. Stromausfall das Abwasser weiter reinigen zu können, kann mit Hilfe von 4 Notstromaggregaten die gesamte benötigte elektrische Energie selbst erzeugt werden.

Damit die Störeinsätze außerhalb der Regelarbeitszeit so gering wie möglich gehalten werden, sind bei jeder Verfahrensstufe maschinentechnische Reserven realisiert worden. Fällt ein Anlagenteil aus, wird durch den Prozessrechner automatisch das in Reserve stehende Ersatzaggregat in Betrieb gesetzt. Dadurch reduziert sich die Anzahl der Störfälle auf ein Minimum. Die erforderlichen Mehrinvestitionen in die Reserveaggregate werden durch die geringen Störeinsätze kompensiert.

5. Betriebsprobleme

Als Betriebsprobleme oder außergewöhnliche Betriebszustände lassen sich bis jetzt folgende Störfälle bezeichnen:

Verkalkung der Belüftungsgitter
Lamellenabsturz Vorklärbecken
Filtermaterialverlust durch Spülung

5.1 Verkalkung der Belüftungsgitter

Kurz nach Inbetriebnahme der Filteranlage wurde festgestellt, dass bei mehreren Gebläsen ein so starker Gegendruck auftrat, dass die Sicherheitsventile aktiviert wurden. Intensive Recherchen bzgl. dieses Problems haben erbracht, dass es in den Rohren der Belüftungsgitter zu Kalkablagerungen kam. Die Belüftungsgitter

bestehen aus einer Vielzahl von Belüftungsrohren, die seitliche Bohrungen aufweisen, aus denen die Luft austreten kann.

Durch die hohe Verdichtung der Luft kommt es unweigerlich zu einer Erwärmung der Belüftungsrohre. Da bei einer Spülung Wasser in das Belüftungsrohr eintritt, kam es aufgrund der relativ hohen Härte des Herforder Trinkwassers zu Kalkablagerungen in diesen kleinen Bohrungen. Dadurch wurden die Austrittsquerschnitte dieser Bohrungen verkleinert und der Strömungsverlust stieg stark an. Da die Entleerung der Filterzellen für eventuelle Reinigungsaktivitäten einen enormen Aufwand bedeutet hätte und auch die extrem große Anzahl der Bohrungen eine mechanische Reinigung nicht als sinnvoll erscheinen ließ, sind die betroffenen Belüftungsgitter mit Schwefelsäure geflutet worden. Dies hat zwar die Verkalkung gelöst, aber auch die Biologie auf den Styroporkugeln in Mitleidenschaft gezogen. Um diesen negativen Effekt auszuschließen, wird nun alle 2 Monate präventiv für ca. 2 Stunden Ameisensäure (ca. 80 l pro Filter) in den Luftstrom dosiert, um die Säure über die Luftzufuhr an die eventuell vorhandenen Verkalkungen zu transportieren. Falls Verkalkungen an den Bohrungen aufgetreten sind, werden diese durch die Säure gelöst und durch den Luftstrom mit ausgetragen. Seit dem dieses Procedere praktiziert wird, sind keine Verkalkungsprobleme bei den Belüftungsgittern mehr aufgetreten.

5.2 Lamellenabsturz Vorklärbecken

Nach einer Betriebszeit von 2 Jahren kam es bei einem Vorklärbecken während einer Reinigung zum Absturz der eingebauten Parallelplatten. Durch die gewählte Lamellenkonstruktion kann es zu einer Kettenreaktion kommen, die in Herford ca. 60 % dieser Platten zerstört hat. Die genaue Ursache des Absturzes konnte auch nach intensiver Prüfung nicht geklärt werden, so dass die baugleiche Konstruktion wieder eingesetzt wurde.

Das Betriebspersonal achtet bei der Reinigung der Parallelplatten darauf, dass es zu keiner überproportionalen Schlammablagerung auf den Platten kommt, da bei der Wasserspiegelabsenkung während eines Reinigungsprozesses enorme Lasten auf die Stützkonstruktionen ausgeübt werden.

Ende 2005 kam es erneut zu einem Absacken von Parallelplatten, an dem schon 2002 reparierten Absetzbecken. Weil nur dieses Becken von den Problemen betroffen ist, liegt die Vermutung nahe, dass es durch eine ungenaue Chemikalienzudosierung zu Anklebeeffekten kommt, die durch überschüssiges Polymer hervorgerufen werden. Zukünftig soll die Chemikalienzudosierung, aber auch das Reinigungsprocedere weiter optimiert werden.

5.3 Filtermaterialverlust durch Spülung

Wie schon vorher dargestellt, muss bei einer Spülung des Filtermaterials auf die maximale Spülgeschwindigkeit von ca. 60 m/h geachtet werden. Bei der Herforder Anlage kam es durch eine zu große Spülgeschwindigkeit schon zweimal zu massiven Kugelauswaschungen aus den Filtern in das Spülabwasserbecken, wodurch die Filterbetthöhe von normal 3,20 m Höhe auf teilweise 2,60 m verringert wurde.

Bemerkenswert ist dabei aber, dass trotz der dadurch hervorgerufenen starken Reduzierung der Denitrifikationszone noch eine gute Nitratreduktion erfolgte.

Die jeweils ca. 600 m³ Styroporkugeln, die sich im Spülabwasserbecken befanden, wurden mit Hilfe eines Saugwagens aus dem Becken abgepumpt und in die entsprechenden Filter zurückgeführt.

Neben einer evtl. zu hohen Filterspülgeschwindigkeit, kann aber auch eine ungewollte Erhöhung des spezifischen Gewichtes der Styroporkugeln dieses Problem hervorrufen. Bei einer evtl. Überdosierung von Eisensalzen in der Vorklärung kann das Problem auftreten, dass sich auf den Kugeln Eisensalze ablagern, die demzufolge das spezifische Gewicht der Kugeln erhöhen. Da bei der mikroskopischen Untersuchung der Kugeloberflächen diese Eisenablagerungen festgestellt wurden, wird seit geraumer Zeit nur noch mit ca. 50 m/h Spülgeschwindigkeit gearbeitet, um einem erneuten Kugelaustrag entgegenzuwirken.

6. Zusammenfassung

Durch die Realisierung des Neubaus der Kläranlage Herford mit Hilfe der Filtrationstechnik konnte eine leistungsstarke Abwasserreinigungsanlage errichtet werden, ohne dass es zu einem erheblichen Mehrverbrauch an Baufläche kam.

Die zeitweise austretenden Grenzwertannäherungen beim CSB-Ablaufwert sind nach derzeitigem Kenntnisstand nicht auf die Verfahrenskonzeption zurückzuführen, sondern ergeben sich durch Störstoffen aus Industrieleitungen. Alle anderen Ablaufwerte sind mit einem großen Sicherheitsabstand unterhalb der geforderten Grenzwerte.

Die höheren Betriebskosten gegenüber konventionellen Anlagen werden durch Einsparungen beim Grundstücksankauf kompensiert.

Mit Erstellung der Kläranlage mit der Filtrationstechnik, konnte die Stadt Herford zeitnah die Probleme im Bereich der Abwasserreinigung beheben und eine zukunftsorientierte Lösung präsentieren.

Korrespondenz an:

Dipl. - Ing. Gerhard Altemeier
c/o Herforder Abwasser GmbH
Werrestr. 101
32049 Herford
Deutschland
Telefon: 0049 – 5221-189/351
Fax 0049 – 5221-189/700
Email: gerhard.altemeier@herford.de

Kläranlage Klagenfurt

Walter Unterrainer, Franz Klatzer

Magistrat Klagenfurt / ZT- Büro Klatzer

1 Einleitung

Die Kläranlage Klagenfurt ist die Hauptkläranlage des Mittelkärntner Raumes und reinigt die Abwässer aus dem Einzugsgebiet des Wasserverbandes Wörthersee-Ost.

Der Wasserverband Wörthersee-Ost besteht neben der Landeshauptstadt Klagenfurt aus elf weiteren Mitgliedsgemeinden.

2 Technische Beschreibung der Kläranlage

2.1 Ausbaugröße

Die Kläranlage hat eine Ausbaugröße von 300.000 EW (60.000 m³ Abwasser pro Tag) im Sommer und von 250.000 EW (50.000 m³ Abwasser pro Tag) im Winter.

2.2 Entwässerungsverfahren und Vorflut

Die Entwässerung erfolgt im Bereich der Altkanalisation der Landeshauptstadt Klagenfurt nach dem Mischsystem, die neueren Kanäle im Außenbereich der Stadt und alle Kanäle der übrigen Mitgliedsgemeinden sind Schmutzwasserkanäle. Im Zuge von Kanalerneuerungen werden auch im Altkanalbereich von Klagenfurt Entflechtungen durch den Neubau von Schmutzwasserkanälen und Umwidmung der alten Mischwasserkanäle zu Regenwasserkanälen durchgeführt.

Die Mischwasserkanäle haben in Klagenfurt aufgrund der gegebenen Topographie und Vorflutersituation im Kanalnetz keine Regenentlastungen. Sämtliche, über öffentliche Kanäle im Verbandsbereich gesammelten Abwässer werden daher zur Kläranlage Klagenfurt geleitet.

Die Kläranlage Klagenfurt liegt am Feuerbach. Dieser Bach ist einerseits Hauptzubringer zur Kläranlage und andererseits unmittelbarer Vorfluter für das gereinigte Abwasser. Im Trockenwetterfall wird der Feuerbach unterhalb der Kläranlage nur vom Kläranlagenablauf durchflossen. In weiterer Folge mündet der Feuerbach in einen Teil des Wörtherseeabflusses und mit diesem schließlich in die Glan.

2.3 Anlagenkonzept und Ausbaustufen

Die Kläranlage Klagenfurt wird seit 1986 mit einer Belebtschlammstufe und einem nachgeschalteten Tropfkörper betrieben.

Die wesentlichen Bauteile der Anlage sind zwischen 20 und 40 Jahre alt und wurden vor dem Inkrafttreten der Wasserrechtsgesetznovelle 1990 nach Plänen von Univ.-Prof. DI. Dr. Werner Lengyel errichtet. Diese Anlage wird trotz der höheren Anforderungen der Abwasseremissionsverordnung auch heute noch ohne Erweiterungsbauten betrieben. Dies ist möglich durch jeweilige Optimierungen im Zuge von Erhaltungsinvestitionen, durch eine Verbesserung der allgemeinen Schlammeigenschaften mit Hilfe der bei der Phosphorfällung eingesetzten Chemikalien und durch eine sehr ausgefeilte Betriebsführung.

Die Kläranlage wurde in folgenden Ausbaustufen errichtet:

2.3.1 Ausbaustufe I, Schachtelbecken 1

Die erste Ausbaustufe der Kläranlage wurde in den Jahren 1964 bis 1967 errichtet. Der Ausführung waren zahlreiche Vorprojekte vorausgegangen, welche bis in die 1940er-Jahre zurückreichten.

Die Ausbaugröße entsprach 100.000 EW.

Die Reinigungsanforderungen bezogen sich nach dem damaligen Stand der Technik in erster Linie auf den BSB₅ (Kohlenstoffabbau).

Es wurden folgende Anlageteile errichtet:

- Hebeanlage für den Industrierwasserkanal
- Grobregentlastung, Abwurf in den Feuerbach, $Q_{\text{Krit}} = 1.500 \text{ l/s}$
- Grobrechenanlage
- Feinregentlastung, $Q_{\text{Krit}} = 500 \text{ l/s}$, Abwurf in das untenstehende RKB
- Regenkklärbecken; $I = \text{ca } 1.550 \text{ m}^3$
- Feinrechenanlage
- Sandfang, zweistrassig
- Ein Vorbelüftungsbecken, $I = \text{ca. } 520 \text{ m}^3$, heute genutzt als Fettfang
- Ein Schachtelbecken, ausgelegt auf eine hydraulische Belastung von 500 l/s , mit $\text{ca. } 1.600 \text{ m}^3$ Vorklärvolumen, $\text{ca. } 2.200 \text{ m}^3$ Belebungsbecken volumen und $\text{ca. } 2.850 \text{ m}^3$ Nachklärbecken volumen
- Zwei Schlammmeindicker mit je 200 m^3 Inhalt
- Ein Faulturm mit 3.000 m^3 Inhalt
- Ein Gasbehälter
- Die erforderlichen Betriebsgebäude und die erforderliche Infrastruktur

In der ersten Ausbaustufe wurde die gesamte Kläranlage ohne Hebeanlage in der Wasserlinie betrieben. Bei Hochwasser im Feuerbach musste die Kläranlage daher ab einem bestimmten Wasserstand außer Betrieb genommen werden.

Der bei der Abwasserreinigung anfallende Klärschlamm wurde in Schlammteichen im Nahbereich der Kläranlage abgelagert.

2.3.2 Ausbaustufe II, Schachtelbecken 2

Die zweite Ausbaustufe der Kläranlage wurde in den Jahren 1970 bis 1974 errichtet.

Im Rahmen dieser Ausbaustufe wurde der sogenannte „Wörthersee-Ost-Kanal“ in die Kläranlage eingeleitet.

Die Kapazität der Anlage wurde um weitere 100.000 EW nach den damaligen Reinigungskriterien vergrößert.

Die zweite Ausbaustufe hatte folgenden Umfang:

- Anpassung der Grobregentlastung, $Q_{\text{Krit}} = 2.000 \text{ l/s}$.
- Anpassung der Feinregentlastung, $Q_{\text{Krit}} = 1.000 \text{ l/s}$.
- Errichtung eines Vorbelüftungsbeckens analog der Ausbaustufe I, heute ebenfalls als Fettfang genutzt
- Errichtung eines zweiten Schachtelbeckens analog der Ausbaustufe I.
- Errichtung eines zweiten Faulturmes mit 3.000 m^3 Inhalt.
- Errichtung eines Hochwasserpumpwerkes im Ablauf der Kläranlage zur Vermeidung von Rückstau aus dem Feuerbach im Hochwasserfall. Nach der Inbetriebnahme dieses Pumpwerkes konnte die Kläranlage auch bei höherer Wasserführung des Feuerbaches in Betrieb bleiben.

Der bei der Abwasserreinigung anfallende Klärschlamm wurde weiterhin in Schlammteichen abgelagert,

2.3.3 Ausbaustufe III, Errichtung eines Tropfkörpers

In der dritten Ausbaustufe wurde die Kläranlage in den Jahren 1984 bis 1987 zu einer zweistufigen Anlage erweitert.

Nach dieser Erweiterung war die Anlage entsprechend den damaligen Reinigungsansprüchen für 300.000 EW nach dem BSB_5 (60.000 m^3 Abwasser / d) im Sommer und für 250.000 EW nach dem BSB_5 (50.000 m^3 Abwasser / d) im Winter dimensioniert. Diese Belastungsgrößen sind auch heute noch gültig.

Folgende Anlageteile gelangten zur Ausführung

- Ein Regenklärbecken mit einem Volumen von ca. 3.950 m^3 und einer Oberfläche von ca. 1.760 m^2 . Das Becken wurde der Grobregenentlastung nachgeschaltet ($Q_{\text{Krit}} = 2.000 \text{ l/s}$).
- Ein neues Hebewerk für den Wörthersee-Ost-Kanal mit einer Gesamtförderleistung von 950 l/s . Die neue Einbindung erfolgte vor den Regenentlastungen in den Anlagenzulauf, weil der Fremdwasseranteil im Regenwetterfall höher war als erwartet..
- Umbau des Schachtelbeckens I in der Form, dass der außenliegende Nachklärteil in einen weiteren Belebungsraum umgewandelt wurde. Das zusätzliche Belebungsbeckenvolumen beträgt ca. 2.800 m^3 , das gesamte Belebungsbeckenvolumen des Schachtelbeckens I somit ca. 5.000 m^3 .

Die Beschickung des umgebauten Schachtelbeckens I erfolgte mit maximal 500 l/s (entsprechend der Hälfte des maximalen Zulaufes zum biologischen Teil der Kläranlage). Die Beschickung des zweiten Schachtelbeckens erfolgte ebenfalls mit maximal 500 l/s , wobei jedoch 65 Prozent des Ablaufes der Vorklärung an der Belebung vorbei in den Ablauf des Schachtelbeckens geführt wurden. Der Kohlenstoffabbau für diesen Teilstrom und die Nitrifikation für den gesamten Abwasserstrom erfolgten im nachgeschalteten Tropfkörper.

- Errichtung zweier Zwischenklärbecken mit einem Volumen von je ca. 6.000 m^3 und einer Oberfläche von je ca. 1.960 m^2 als Ersatz für den entfallenden Nachklärteil des Schachtelbeckens 1.
- Errichtung eines schlackegefüllten Tropfkörpers mit einem Volumen von ca. 10.000 m^3 und einer Grundrissfläche von ca. 1.965 m^2 als zweite Klärstufe hinter dem Zwischenklärbecken des Schachtelbeckens 1, bzw. hinter dem Nachklärbecken des Schachtelbeckens 2.
- Errichtung eines Faulturmes mit einem Volumen von ca. 5.500 m^3 .
- Erweiterung der Maschinenhalle und Installation zweier Gasmotoren zur Erzeugung von Prozessluft und von elektrischem Strom.
- Errichtung einer Fäkalienübernahmestation mit zwei Übernahmelinien.

- Errichtung von Biofilteranlagen.

Der bei der Abwasserreinigung anfallende Klärschlamm wurde weiterhin in Schlammteichen abgelagert,

2.3.4 Ausbaustufe IV, Ausbau der Schlammbehandlung

In der vierten Ausbaustufe wurde die Kläranlage in den Jahren 1989 bis 1990 um eine Schlammbehandlungslinie erweitert.

Diese Ausbaustufe umfasste folgende Anlageteile:

- Installation einer mechanischen Überschussschlammeindickanlage (Entwässerungstrommeln Fabrikat Klein)
- Errichtung eines Vorlagebehälters für die Überschussschlammeindickanlage
- Errichtung einer Schlammentwässerungsanlage (zwei Siebbandpressen, Fabrikat Voest)
- Errichtung eines Vorlagebehälters für die Schlammentwässerungsanlage
- Errichtung eines Biofilters für den Bereich der Schlammentwässerung

Der entwässerte Schlamm wurde vorerst gemeinsam mit Hausmüll deponiert. Ab 1993 bis 1997 wurde der Schlamm vor dem Deponieren unter Nutzung der Abwärme der Deponiegasverstromung getrocknet. Seit 1997 wird der entwässerte Schlamm von einem privaten Kompostierunternehmen übernommen und gemeinsam mit anderen Kläranlagenschlämmen kompostiert.

2.3.5 Ausbaustufe V, Beginn der Anpassung nach der Ersten Abwasseremissionsverordnung

Die Kläranlage Klagenfurt konnte in der oben beschriebenen Konfiguration die Kohlenstoffentfernung der Ersten Abwasseremissionsverordnung für kommunales Abwasser leicht einhalten. Die Stickstoffverbindungen wurden gesichert nitrifiziert.

Als erster Anpassungsschritt an die neuen Reinigungserfordernisse wurde im Jahre 1996 zur Erfüllung der Grenzwerte für die Phosphorentfernung eine Fällungseinrichtung für flüssige Fällungschemikalien errichtet.

Die Fällmittelzugabe erfolgte beim Belebungsbecken I in die Überleitung zu den Zwischenklärbecken und beim Schachtelbecken II in den Belebtschlammteil.

Zusätzlich zur Fällung im Bereich der Belebtschlammstufe ist mit derselben Anlage auch eine Fällmitteldosierung zwischen dem Tropfkörper und den Nachklärbecken des Tropfkörpers möglich.

2.3.6 Ausbaustufe VI, Prozesswassermengenausgleich

Im Zuge der Entwässerung des Klärschlammes fallen täglich durchschnittlich ca. 200 m³ Filtrat an, welches eine Konzentration von rund 1.000 mg/l Ammoniumstickstoff aufweist. Die Tagesfracht von ca. 200 kg entspricht 15 bis 20 Prozent der Zulauffracht der Kläranlage an Ammoniumstickstoff.

Die Qualität des Filtrats ist so, dass ein Ausgasen von Ammoniak nicht zu befürchten ist, weil der entwässerte Faulschlamm keine pH-Werte über 8 aufweist. Der pH-Wert im Faulturm wird laufend überwacht. Im Zuge der Schlammmentwässerung und der Filtratspeicherung kommt es zu keinen Maßnahmen, welche eine kritische Erhöhung des pH-Wertes bewirken könnten.

Nachdem der Stickstoff auf der Kläranlage Klagenfurt der am schwersten zu beherrschende Hauptabwasserinhaltsstoff ist, wurde im Jahr 1997, vorerst als Provisorium, ein Speicherteich zur Pufferung des Filtrates der Schlammmentwässerung errichtet.

Das zwischengespeicherte Wasser wurde bis zum Jahr 2000 dosiert zum Tropfkörper geleitet, wo die Nitrifikation des Ammoniums erfolgte. Seit dem Jahr 2000 wird das zwischengespeicherte Filtrat nicht mehr zum Tropfkörper, sondern zur Belebtschlammstufe gepumpt, weil so eine bessere Stickstoffentfernung möglich ist.

2.3.7 Ausbaustufe VII, Umbau Schachtelbecken 2

Von September 1998 bis Juni 1999 wurde das in der Ausbaustufe II in den Jahren 1970 bis 1974 errichtete Schachtelbecken II umgebaut.

Die Änderungen gegenüber der ursprünglichen Konfiguration umfassen:

- den Umbau des Nachklärbeckens (äußerster Ring des Schachtelbeckens) zu einem Belebungsbecken. Das Volumen dieses Beckenteiles beträgt rund 2.800 m^3 .
- die Errichtung einer radialen Trennwand in diesem neuen Belebungsbeckenring.
- die Errichtung einer Übertrittsöffnung in der Trennwand zwischen den zwei Belebungsbeckenringen.
- Einbau von neuen Belüftern in den bestehenden und in den neuen Belebungsbeckenteil. Zum Einsatz kamen Streifenbelüfter, welche mit Ausnahme der für die Rührwerke benötigten Bereiche vollflächig auf dem Boden der Becken verteilt wurden. Die Sauerstoffeintragsleistung wurde so ausgelegt, dass im Falle von Revisionen der gesamte erforderliche Sauerstoff der Belebtschlammstufe der Kläranlage auch mit dem Schachtelbecken 2 allein eingetragen werden kann.
- Einbau von drei Rezirkulationspumpen in die Trennwand zwischen den zwei Belebungsbeckenteilen. Die Pumpenleistung wurde so ausgelegt, dass eine bis zu viermalige Rezirkulation, bezogen auf den Zulauf, möglich ist.
- Einbau von zwei Rührwerken in den inneren Belebungsbeckenteil (Denitrifikationszone).

Nach dem Umbau beträgt das Volumen der Vorklärung des Schachtelbeckens wie bisher ca. 1.600 m^3 . Das Volumen des alten und des zusätzlich ausgerüsteten Belebungsbeckenteiles zusammen beträgt ca. 5.000 m^3 .

Die Funktion des Belebtschlammteiles des Schachtelbeckens 2 ist so, dass der innere Ring nach Möglichkeit als Denitrifikationsbecken betrieben wird. Dazu ist die Belüftungsanlage in diesem Beckenteil in vier unabhängige Belüftungsregister unterteilt, welche in Abhängigkeit von der Ammoniumkonzentration im Ablauf des Schachtelbeckens betrieben werden. Damit der Belebtschlamm in diesem Beckenteil auch bei ausgeschalteter Belüftung in Schwebe gehalten werden kann, waren die oben beschriebenen Rührwerke erforder-

lich. Der äußere, zum Belebungsbecken umgerüstete Teil des Schachtelbeckens wird als Nitrifikationsbecken betrieben. Vom äußeren zum inneren Becken erfolgt eine Rückführung des nitrifizierten Beckeninhaltes über die Rezirkulationspumpen.

Die Nitrifikation im Schachtelbecken wird nach Möglichkeit so eingestellt, dass bei einem Restammoniumstickstoffgehalt von 4 bis 6 mg/l eine möglichst weitgehende Denitrifikation erfolgt. Der verbleibende Ammoniumstickstoff wird im Tropfkörper nitrifiziert. Ziel und Grundlage der Regelstrategie ist eine in der Summe möglichst weitgehende Stickstoffentfernung durch beide biologischen Reinigungsstufen der Kläranlage zusammen.

Die Klärung des Ablaufes des Schachtelbeckens 2 erfolgt gemeinsam mit jenem des Schachtelbeckens I in den zwei Zwischenklärbecken, welche in der Ausbaustufe III errichtet wurden. Diese Zwischenklärbecken sind aufgrund der Belastung mit beiden Schachtelbecken der hydraulische Engpass der Kläranlage.

2.3.8 Ausbaustufe VIII, Vorfällungsanlage

Im Jahr 2000 wurde beim Zulaufgerinne zu den Schachtelbecken eine Lager- und Dosieranlage zur Dosierung von flüssigen Fällungschemikalien installiert. Der Speicherbehälter hat ein Fassungsvermögen von 20.000 Liter.

Die gesamte Anlage ist in kompakter Form in einem Container ausgeführt.

Mit dieser Anlage kann bei Belastungsspitzen eine Vorfällung des Phosphors erfolgen, mit der auch ein Teil der organischen Kohlenstofflast entfernt und mit dem Primärschlamm energie günstig direkt in den Faulurm eingebracht werden kann.

Die Vorfällungsanlage kommt auch in Revisionsfällen zum Einsatz, wenn eines der zwei Schachtelbecken außer Betrieb genommen werden muss.

2.3.9 Ausbaustufe IX, Umbau Schachtelbecken 1

In den Jahren 2001 / 2002 wurde das erste Schachtelbecken, dessen in den 1980er Jahren montierte Belüfter am Ende ihrer Nutzungsdauer angelangt waren, an den Stand der Technik angepasst.

Die Maßnahmen umfassten:

- Umrüstung des Belebungsbeckenteiles, analog wie unter „Umbau des Schachtelbeckens 2“ weiter oben beschrieben.
- Errichtung eines Selektors durch die Errichtung einer kreisförmigen Trennwand im Vorklärbecken und Verkleinerung dieses Beckens von ca. 1.600 auf ca. 800 m³.

Beim maximalen Anlagenzulauf von 500 l/s je Schachtelbecken (Regenwetterzulauf) ergibt sich in der verkleinerten Vorklärung eine Aufenthaltszeit von 30 Minuten. Im Jahresmittel beträgt die Aufenthaltszeit mehr als eine Stunde. Der abgetrennte Teil des ehemaligen Vorklärbeckens mit einem Volumen von ca. 850 m³ wird als Selektor betrieben. Der kreisringförmige Selektor wurde mit einem Rührwerk zur Erzeugung einer Umlaufströmung und mit (fakultativ einsetzbaren) Belüftern ausgerüstet.

Die Beschickung des Selektors mit Abwasser erfolgt am gesamten Umfang der Trennwand zum Vorklärbecken. Eine weitere Beschickung erfolgt mit einem variablen Teil des Rücklaufschlammes

Die maximale Beschickungsmenge des Selektors beträgt im Regenwetterfall 500 l/s Zulauf und 450 l/s Rücklaufschlamm zusammen demnach 950 l/s. Die Aufenthaltszeit im Selektor ergibt sich dann mit ca. 15 Minuten.

- Rezirkulationseinrichtung für Wasser aus dem Tropfkörperablauf: Mit dieser Einrichtung kann unter Trockenwetterbedingungen nitrathaltiger Ablauf des Tropfkörpers in die Denitrifikationsteile der Belebungsbecken zurückgeführt werden. Die Rückführmenge ist über Wehre frei wählbar.
- Rückführung der Abwässer der Schlammverdickungs- und Schlammwässerung in die Belebtschlammstufe

Für die im Speicherteich gemäß obenstehender Beschreibung zwischengestapelten Abwässer der Schlammwässerungsmaschinen und für die Filtrate der mechanischen Schlammverdickungsanlagen wurden Pumpstationen und die erforderlichen Leitungen zur Einleitung dieser Wässer in

die Denitrifikationszonen der Belebungsbecken errichtet. Die Rückführung der Pressenwässer wird zeitlich an die Belastungssituation der Kläranlage angepasst.

2.3.10 Ausbaustufe X, Regenbeckenbewirtschaftung

Im Jahre 2005 wurden die Grob- und die Feinregentlastung umgebaut. Bei der Grobregentlastung wurde die Überlaufschwelle so erhöht, dass der Abwurf erst bei vier m³/s beginnt. Die Feinregentlastung wurde von einem fixen Streichwehr zu einem regelbaren Klappwehr umgebaut.

Weiters wurde beim Regenbecken nach der Feinregentlastung der Ablauf zum Vorfluter mit einem Verschlussorgan versehen und eine Verbindungsleitung zum Regenbecken der Grobregentlastung hergestellt.

Es sind folgende zwei Betriebsweisen möglich:

- in gesicherten Trockenwetterzeiten wird das Volumen des kleineren Regenbeckens (ca. 1.500 m³) wie schon bisher zur Pufferung des Anlagenzulaufes und damit zum Lastausgleich für die biologische Stufe genutzt.
- bei Regenwetter können die zwei Regenbecken hintereinandergeschaltet werden. Dadurch tritt der Überlauf zum Vorfluter erst in Funktion, wenn beide Becken gefüllt sind. Ein großer Teil der Niederschlagsereignisse hat bis dahin bereits aufgehört und es ist möglich, die Zahl der Entlastungen zum Vorfluter deutlich zu reduzieren. Da der Anlagenzulauf vor der Feinregentlastung einen Rechen mit einer Spaltweite von 2 cm passiert, können mit dieser Betriebsweise mehr Grobstoffe in der Anlage zurückgehalten werden.

3 Situation nach der Wasserrechtsgesetznovelle 1990

3.1 Reinigungsleistung 1991

Die Kläranlage hat im Jahr 1991 rund 11,5 Mio Kubikmeter Abwasser gereinigt. Die Abbauleistung beim BSB₅ lag bei ca. 98 Prozent, jene beim CSB bei ca. 93 Prozent. Der Ammoniumstickstoff wurde zu über 90 Prozent nitrifiziert.

Die Konzentration des Nitratstickstoffes im Ablauf lag im Mittel bei 29,4 mg/l, jene des Ammoniumstickstoffes bei 3,5 mg/l. Bei einer Annahme von rund 50 mg/l für den Gesamtstickstoff im Zulauf (heutige Werte) ergibt sich daraus ein Stickstoffabbau in der Größenordnung von 30 bis 35 Prozent, also ziemlich genau die Hälfte des nach den neuen Vorschriften erforderlichen Wirkungsgrades.

3.2 Versuche 1992 und erstes Vorprojekt für eine Anpassung

Im Jahre 1992 erfolgte unter der Leitung von Prof. Lengyel ein Versuchsbetrieb auf der Kläranlage. Es wurde Wasser vom Tropfkörperablauf in das Schachtelbecken 1 zurückgeführt und es wurden umfangreiche Messungen vorgenommen, welche natürlich insbesondere den Stickstoff betrafen.

Auf Basis des Ergebnisses des Versuchsbetriebes hat das Büro Prof. Lengyel im Jahr 1993 ein Vorprojekt für die Erweiterung der Kläranlage zur Anpassung an die neuen Anforderungen erstellt.

Das Konzept sah eine Verdoppelung der Belebtschlammstufe und eine Teilrückführung des nitrifizierten Tropfkörperablaufes zur Belebtschlammstufe vor.

Das Vorprojekt wurde angesichts der damals noch langen Anpassungsfristen vorerst auf Eis gelegt, einerseits weil die öffentlichen Fördermittel damals in Kärnten anderweitig mit größerem Effekt eingesetzt werden konnten, und andererseits, weil man die weitere Entwicklung des Standes der Technik noch abwarten wollte.

4 Verdichtung des innerbetrieblichen Meßprogrammes

Angesichts der Größenordnung des vorliegenden Anpassungskonzeptes hat der Betreiber das innerbetriebliche Messprogramm stark verdichtet, um damit eine verlässlicher Basis für welche Erweiterung auch immer zur Verfügung zu haben.

Neben den standardmäßig im Zulauf zur Kläranlage, im Zulauf zum Tropfkörper und im Ablauf der Kläranlage erfolgenden „Tagesmessungen“ werden auch die verschiedenen internen Abwasseranfallstellen (wie Schlammindickung und Faulschlammentwässerung) untersucht. An verschiedenen Stellen der Anlage wurden Online-Messgeräte betrieben. Praktisch jeden Sommer wird ein Chemiestudent oder eine Chemiestudentin zur Abwicklung spezieller Untersuchungsprogramme beschäftigt.

5 Betriebliche Optimierungsschritte

5.1 Mechanische Eindickung des Primärschlammes

Seit 1995 wird neben dem Überschussschlamm auch der Primärschlamm vor der Beschickung der Faulanlage mechanisch eingedickt. Die Eindickung erfolgt auf bis zu zehn Prozent Trockensubstanz. Zur Verbesserung der Pumpfähigkeit und zur Verminderung der Anlagerungsneigung in den Schlammbeschickungsleitungen wird Faulrauminhalt zur Eindickanlage zurückgeführt.

Seit der Aufnahme dieser Betriebsart wird kein Trübwasser mehr aus den Faultürmen abgezogen. Die Rückbelastung der Kläranlage mit Stickstoff hat dadurch deutlich abgenommen. Der Mechanismus dieser Abnahme ist nicht klar, der Effekt ist jedoch messbar.

Ein weiterer Vorteil der Eindickung ist eine Verlängerung der Faulzeit, eine damit zusammenhängende höhere Gasausbeute und eine Verminderung der Aufheizenergie für den Schlamm.

5.2 Zwischenspeicherung des Filtrats der Schlammmentwässerung

Das Filtrat der Schlammmentwässerung wird zwischengespeichert und unter Berücksichtigung des Tagesganges der Ammoniumbelastung im Zulauf gezielt in die Kläranlage (in den Tropfkörperzulauf oder in die Belebtschlammstufe) eingebracht.

5.3 Rückführung von Tropfkörperschlamm in die Belebtschlammstufe

Der in den Nachklärbecken hinter dem Tropfkörper anfallende Schlamm enthält auch abgeschwemmten Nitrifikantenrasen von den Lavasteinen des Tropfkörpers. Dieser Schlamm wird nicht mehr direkt zur Schlammbehandlungsanlage abgezogen, sondern in die Belebungsanlage zur Unterstützung der dort stattfindenden Nitrifikation zurückgeführt. Die Entfernung aus dem System erfolgt schließlich gemeinsam mit dem Überschussschlamm.

5.4 Schaum- und Schwimmschlammabzug aus den Belebungsbecken

In den Belebungsbecken wurden automatisch höhenverstellbare Skimmer installiert, mit welchen eine definierte Belebtschlammmenge von der Oberfläche der Belebungsbecken abgezogen werden kann. Mit diesen Vorrichtungen wird der leichteste (oberflächennahe) Teil des Belebtschlammes, der Schwimmschlamm und ein eventueller Schaum erfasst. Die abgezogenen Mengen bilden einen Teil des Überschussschlammes und werden direkt zur mechanischen Schlammeindickung gepumpt.

5.5 Nutzung des Regenbeckens 1 zur Lastpufferung

In Abstimmung mit den Vorhersagen der Außenstelle Klagenfurt der ZAMG wird in gesicherten Trockenwetterzeiten die Feinregentlastung zum Abwurf von Lastspitzen im Zulauf in das Regenbeckens 1 genutzt. Das Regenbecken 1 hat ein Volumen von rund 1.500 m^3 . Das Maß des Abwurfes beträgt rund 50 bis 150 l/s. Das Kappen der Zulaufspitzen kann daher über mehrere Stunden erfolgen (üblicherweise in der Zeit von 11 bis 17 Uhr). In lastschwachen Zeiten wird das zwischengespeicherte Abwasser wiederum in den Zulauf gepumpt.

Mit der technisch einfach zu lösenden Zwischenspeicherung und der damit erreichbare Vergleichmäßigung der Anlagenbelastung wird das Ziel verfolgt, das

variable Denitrifikationsvolumen möglichst groß zu halten und so die Stickstoffentfernung zu maximieren.

6 Betriebsarten der zweistufigen Kläranlage

6.1 Normalbetrieb unter Trockenwetterbedingungen

Bei normaler Trockenwetterbelastung durchläuft das gesamte Abwasser die Belebtschlammstufe und den Tropfkörper. Die Belastung, in erster Linie jene mit Ammonium, wird durch die Pufferung der Zulaufspitzen mit Hilfe des Regenbeckens 1 und durch die gezielte Dosierung der Filtrate der Schlammwässerung möglichst so beeinflusst, dass der innere Teil der Belebungsbecken belüftungsfrei und damit maximal denitrifizierend bleibt. Im Ablauf der Belebtschlammstufe noch vorhandenes Ammonium wird im nachfolgenden Tropfkörper gesichert nitrifiziert.

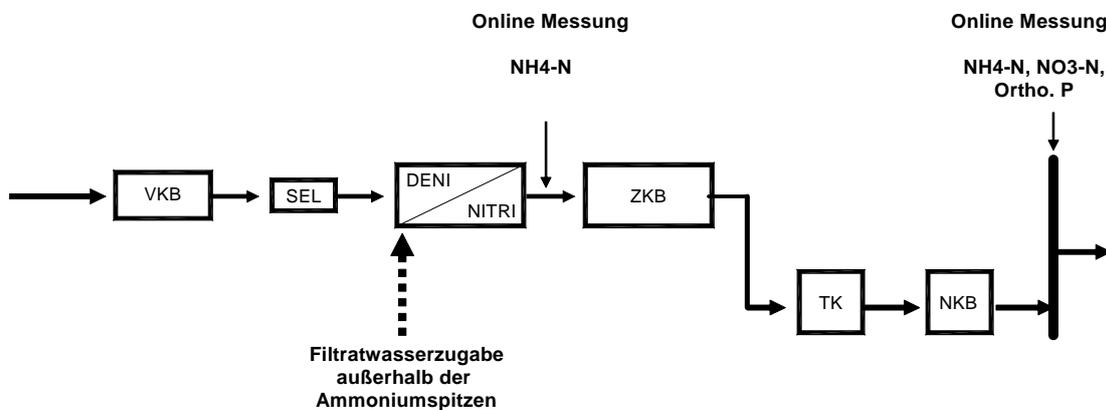


Abbildung 1: Betriebsart Trockenwetter, Normallast

6.2 Schwachlastbetrieb unter Trockenwetterbedingungen

Bei Schwachlastbetrieb und bei günstigen Temperaturbedingungen gelingt es, neben der Stickstoffentfernung auch die Nitrifikation des Ammoniums aus dem

Anlagenzulauf mit dem Belebtschlammteil der Kläranlage allein zu bewerkstelligen. Der Tropfkörper dient in dieser Betriebsart nur zum Nitrifizieren des Pressenabwassers. Aus technologischen Gründen und zur Verringerung der Konzentration des Ammoniums muss das Pressenabwasser vor dem Tropfkörper mit ca. 100 l/s aus dem Ablauf der Belebtschlammstufe verdünnt werden. Der Rest des Ablaufs aus der Belebtschlammstufe wird direkt zum Vorfluter geleitet. Der nitrifizierte Ablauf des Tropfkörpers wird zur Gänze zur Belebtschlammstufe zurückgeführt und dort denitrifiziert.

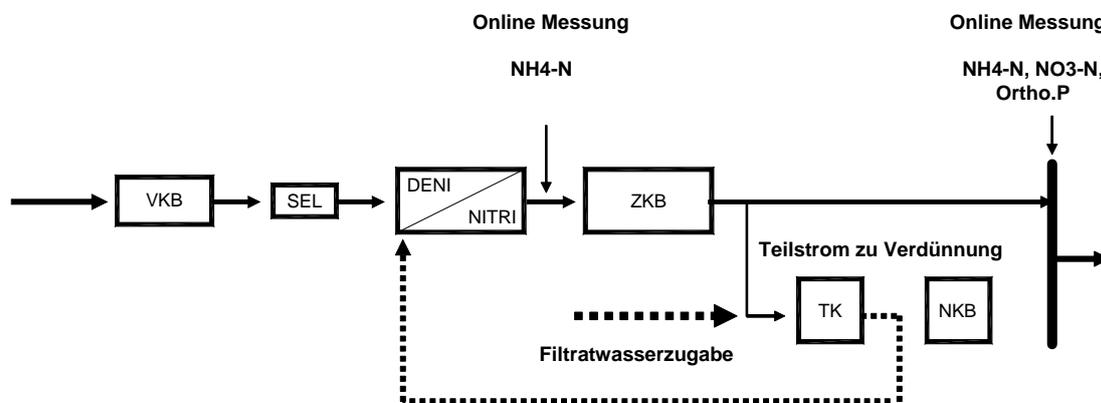


Abbildung 2: Betriebsart Trockenwetter, Schwachlast

6.3 Betriebsart Regenwetter

Im Regenwetterfall wird ein Teil des Anlagenzulaufes (maximal ca. ein Drittel) nach dem Vorklärteil aus den Schachtelbecken ausgeschleust und gemeinsam mit soviel Ablauf des Belebtschlammteiles über den Tropfkörper geführt, dass dieser mit rund 1.000 l/s belastet ist. Der restliche Teil des Ablaufes des Belebtschlammteiles wird direkt in den Vorfluter geleitet.

Zusätzlich besteht die Option, in einem solchen Fall die Vorfällung zu aktivieren.

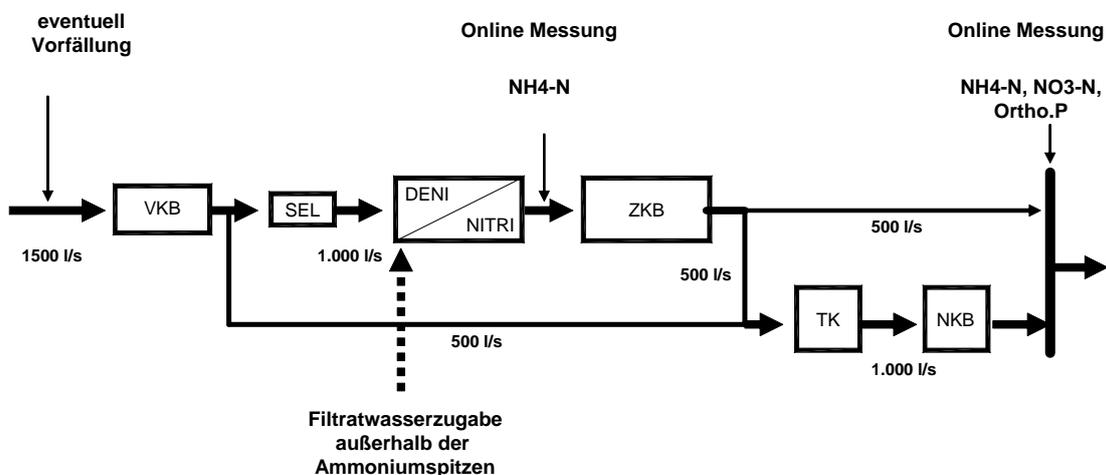


Abbildung 3: Betriebsart Regenwetter

7 Betriebsergebnisse am Beispiel des Jahres 2005

In der folgenden Tabelle sind die wesentlichen Belastungsdaten und Betriebsergebnisse der Kläranlage Klagenfurt für das Jahr 2005 zusammengestellt:

Parameter	Zulauf						Ablauf			Wirkungsgrad
	Jahresfracht	Mittelwert Fracht Tageswert	85%- Quantil Fracht Tageswert	Max 7 Tagesmittel, Fracht	Mittelwert Konzentration	85%- Quantil Konzentration	Jahresfracht	Mittelwert Konzentration	85%- Quantil Konzentration	
Q	12.913.631 m3	35.380 m3	44.778 m3							
BSB5	4.109.632 kg	11.259 kg	13.637 kg	16.417 kg	329 mg/l	390 mg/l	52.797 kg	3,8 mg/l	6,0 mg/l	98,7%
CSB	7.207.248 kg	19.746 kg	23.789 kg	28.403 kg	583 mg/l	715 mg/l	317.286 kg	24,1 mg/l	28,0 mg/l	95,6%
Ges_N	604.128 kg	1.655 kg	1.885 kg	2.191 kg	49 mg/l	59 mg/l	115.390 kg	9,1 mg/l	13,0 mg/l	80,9%
NO ₃ _N								7,3 mg/l	10,7 mg/l	
NH ₄ _N	390.762 kg	1.071 kg	1.191 kg	1.402 kg	32 mg/l	38 mg/l	5.658 kg	0,35 mg/l	0,46 mg/l	98,9%
Ges_P	107.607 kg	295 kg	341 kg	405 kg	8,8 mg/l	10,4 mg/l	7.622 kg	0,57 mg/l	0,75 mg/l	93,5%

Korrespondenz an:

Walter Unterrainer
Magistrat der Landeshauptstadt Klagenfurt, Abteilung Entsorgung
Boltzmannstrasse 1, 9020 Klagenfurt

Tel 0463 537 5343
eMail walter.unterrainer@klagenfurt.at

Dipl.-Ing. Franz Klatzer
Zivilingenieur für Kulturtechnik und Wasserwirtschaft
9073 Viktring, Bergstrasse 11

Tel 0463 28 27 48
eMail di_klatzer@aon.at

Die Membranbelebungsanlage Nordkanal – Konzeption und Betrieb

Norbert Engelhardt

Erftverband Bergheim

Kurzfassung: Mit dem Bau und dem Betrieb des Gruppenklärwerkes (GKW) Nordkanal, das für einen Ausbaugröße von 80.000 Einwohnerwerten dimensioniert wurde, sind im Jahr 2004 weltweit neue technische Maßstäbe für die Realisierung von großen Membranbelebungsanlagen geschaffen worden. Der jetzt zweijährige, erfolgreiche Betrieb des GKW Nordkanal hat unter Beweis gestellt, dass das Membranbelebungsverfahren für die Reinigung von kommunalem Abwasser geeignet und betriebsicher ist. Trotz weiteren Forschungs- und Optimierungsbedarfs ist die Membranbelebungsanlage Nordkanal schon heute in technische und wirtschaftliche Konkurrenz zur konventionellen Abwasserbehandlungsanlagen zu stellen. Vorteile sind die kleinräumige Bauweise und die hervorragende Qualität des gereinigten Abwassers, auch in hygienischer Hinsicht. Zum Schutz der Membranfiltration ist besonderer Wert auf eine gute mechanische Vorreinigung des Rohabwassers zu legen. In Bezug auf die Elimination organischer Spurenstoffe, endokrin wirksamer Stoffe und Arzneimittelrückstände im Abwasser wird die Membrantechnologie als Vorbehandlungsstufe für eine wirtschaftliche, weitergehende Behandlung von kommunalem Abwasser eingeschätzt.

Keywords: Membranfiltration, Membranbelebungsanlage, Hygienisierung, endokrine Stoffe, Siebung von Abwasser

1 Einleitung

Der Erftverband, einer der sondergesetzlichen Wasserverbände in Nordrhein-Westfalen, betreibt in seinem Verbandsgebiet z. Zt. 44 kommunale Kläranlagen mit Ausbaugrößen von 800 EW bis 132.000 EW. Eine dieser Kläranlagen ist das Gruppenklärwerk Nordkanal, das zur weitergehenden Nährstoffelimination für

80.000 Einwohnerwerte auf einem neuen Standort als Membranbelebungsanlage errichtet wurde.

Die Entscheidung, auf dem neuen Standort des Gruppenklärwerkes Nordkanal eine Membranbelebungsanlage für 80.000 EW zu bauen, hatte folgende Gründe:

- die geringe Flächeninanspruchnahme einer Membranbelebungsanlage
- bakteriologische Qualitätsanforderungen an die Einleitung des gereinigten Abwassers in den Nordkanal,
- die niedrigeren Investitionskosten gegenüber einer konventionellen Kläranlage mit weitestgehender Reinigungs- und Verfahrenstechnik.

Das Bundesland Nordrhein-Westfalen, das die Entwicklung der Membranfiltration für die Reinigung von kommunalem und industriellem Abwasser fördert, sagte dem Erftverband bei Einsatz der Membrantechnologie eine Investitionskostenzuwendung für den Bau des Klärwerkes Nordkanal zu, unabhängig davon, dass die moderaten Reinigungsanforderungen am Kläranlagenstandort die Anwendung dieser Technologie nicht erforderte.

Auf dieser Grundlage hat der Erftverband eine Membranbelebungsanlage für 80.000 EW konzipiert und in Form einer Leistungsbeschreibung mit Leistungsprogramm („Funktionalausschreibung“) in einem nicht öffentlichen Verfahren mit öffentlichem Teilnahmewettbewerb ausgeschrieben. Im Ausschreibungsverfahren waren Nebenangebote mit konventioneller Klärtechnik ausdrücklich zugelassen, um das Membranbelebungsverfahren in preislichem Wettbewerb zu konventioneller Technik zu stellen. Den Zuschlag für die Ausführung erhielt ein Sondervorschlag mit Membranfiltration, der die integrierte Aufstellung der Membranfiltration im Belebungsbecken vorsah. [ENGELHARDT et al. 2001]

2 Konzeptionelle Vorüberlegungen zum Bau des GWK Nordkanal

2.1 Anordnung der Membranfiltration

Grundsätzlich gibt es drei Varianten zur Einbindung der Membranfiltration in den klärtechnischen Prozess:

- Externe Anordnung der Filtration hinter der Nachklärung
In diesem Fall spricht man jedoch nicht vom Membranbelebungsverfahren, sondern es ist lediglich eine Nachbehandlungsstufe mit Membranen (z.B. zur Hygienisierung).
- Interne Anordnung der Membranfilter hinter die Belebungsbecken (**separate** Filtrationsbecken)
- Interne Anordnung in den Belebungsbecken (**integrierte** Membranfiltration)

Bisher wurden bei kommunalen Membranbelebungsanlagen die Membranfilter meist in separaten Filterkammern hinter den Belebungsbecken angeordnet. Die Vor- und Nachteile der beiden unterschiedlichen internen Anordnungen kann anhand der folgenden drei Kriterien beurteilt und bewertet werden:

1. Der Raumbedarf

Die Membranbioreaktortechnik bietet gegenüber herkömmlichen Kläranlagen bereits den erheblichen Vorteil, dass der umbaute Raum deutlich kleiner ausfallen kann. Zwischen den hier erläuterten Verfahren bestehen aber nochmals Unterschiede, die sich aus einer Betrachtung der Feststoffbilanzen ableiten. Die integrierte Anordnung der Filter ermöglicht besonders kompakte Anlagenkonzepte. Durch höhere Feststoffgehalte in der Belebung ergeben sich geringere spezifische Volumen und die zusätzlichen Filterkammern entfallen.

2. Der Energiebedarf.

Durch den Einsatz der Membranfilter erhöht sich der spezifische Energiebedarf für die Abwasserreinigung. Ursache sind im Wesentlichen die Cross-Flow-Belüftung sowie die Kreisläufe zwischen den Verfahrensstufen. Die einzelnen Verfahrensanordnungen bieten unterschiedliche Möglichkeiten zur Optimierung des Energiebedarfs. Die Vorteile liegen hier auf der Seite der integrierten Verfahren. Da sich die grobblasige Belüftung für die Filtration im Belebungsbecken befindet, kann sie spürbar zur Sauerstoffversorgung des Belebtschlammes in der Nitrifikation beitragen. Je nach Belastung der Anlage und Platzierung der Filter kann sie diese Funktion sogar vollständig übernehmen. Außerdem entfällt der zusätzliche Kreislauf zwischen Filtrationskammer und Belebungsbecken.

3. Die Eignung für die weitgehende Stickstoffelimination.

Grundsätzlich sind Membranbelebungsanlagen sehr gut geeignet um hohe Anforderungen an die Ablaufqualität für alle abwassertechnisch relevanten Parameter zu erfüllen. Verweilzeit und Durchflusscharakteristik der Reaktoren haben jedoch einen entscheidenden Einfluss auf die erreichbaren Ablaufkonzentrationen. Die Varianten mit separat angeordneter Membranfiltration sind hier vorteilhaft. Das spezifische Volumen dieser Anlagen ist aufgrund der relativ geringeren Feststoffgehalte größer. Die Durchflusszeit ist länger und die hydraulische Pufferkapazität vergrößert sich. Außerdem bewirkt die separate Anordnung der Filterkammern eine Kaskadierung des Beckenvolumens. Das macht diesen Anlagentyp weniger empfindlich gegen kurzzeitige Belastungsstöße. Bei hohen Anforderungen, insbesondere an den Parameter Ammoniumstickstoff, stellt sich dies bei der in Deutschland üblichen Überwachungspraxis als günstig dar. Außerdem lässt sich bei Anlagen dieses Typs die Schlammrückführung aus der Filtration in das Belebungsbecken von der Rezirkulation in einen anoxischen Reaktor trennen. Das eröffnet weitere Möglichkeiten zur Optimierung der Denitrifikation. [BREPOLs et. al. 2005]

2.2 Anlagenbeschreibung des GWK Nordkanal

Das neue GWK Nordkanal reinigt Abwasser der Städte Kaarst, Korschenbroich und Neuss. Bei einer Kapazität von 80.000 Einwohnerwerten werden täglich bis zu 45.000 m³ behandelt.

Für den Bau der neuen Kläranlage wurde im Westen der Stadt Kaarst, etwa 2,5 km vom alten Standort entfernt, ein neues Gelände erschlossen.

Im Gegensatz zur Kläranlage Titz-Rödingen (3.000 EW) und vielen anderen kleinen Membranbelebungsanlagen, die mit separaten Membranfilterbecken ausgestattet sind, filtern im Gruppenklärwerk Nordkanal Membranmodule das Abwasser, die im Nitrifikationsbecken aufgestellt sind. Der TS-Gehalt in diesem Becken beträgt 12 g/l.

Für die Wahl dieses Anlagenkonzeptes, für das es im Jahr 2001 weltweit noch keine großtechnischen Beispiele oder Vorbilder gab, spielten verschiedene Gründe und Kriterien eine Rolle:

Mit dem seit 1999 erfolgreichen Betrieb der Membranbelebungsanlage Titz-Rödingen hatte der Erftverband nachgewiesen, dass das Membranbelebungsverfahren mit separaten Membranfiltrationsbecken eine betriebssichere Technologie für die Behandlung von für kommunalem Abwasser ist. Im Zuge der betrieblichen Optimierung und Weiterentwicklung dieser Technologie wurde konsequenterweise über alternative Konzepte nachgedacht, z. B. ob bei ausreichend großen Belebungsbecken eine Integration der Membranfiltration in die Belebung verfahrenstechnisch möglich, betriebstechnisch sinnvoll und wirtschaftlicher sein könnte. Vorbehalte und Bedenken der Fachwelt gegen diese Anordnung, dass die Neigung zu Membranenverblockung durch frühzeitigen Kontakt mit nicht ausreichend biologisch behandeltem Abwasser zunehmen würde, konnten der Anlagenbauer und der Erftverband ausräumen, nachdem die Volldurchmischung des Nitrifikationsbeckens anhand von Strömungssimulations-Modellrechnungen nachgewiesen wurde [HUNZE et al. 2005].

Damit sprachen die folgenden Vorteile für eine **integrierte Anordnung** der Membranfiltration in die Belebung des GKW Nordkanal:

- Der Flächen- und Volumenbedarf der Membranbelebungsanlage kann weiter optimiert bzw. reduziert werden.
- Bei voll durchmischem Membranbelebungsbecken entsteht kein TS-Gradient im Belebungsbecken bzw. zwischen Belebungsbecken und Membranfiltration, was bei separater Aufstellung die Regel ist.
- Die Baukosten können durch Verzicht auf separate Membranfiltrationsbecken reduziert werden.
- Der Energieverbrauch kann durch die integrierte Anordnung der Membranfilter optimiert werden.
- Eine weitere, logische Verfahrensalternative wird in groß-technischem Maßstab erprobt. Dies kann für die zukünftigen Ertüchtigung und Erweiterung von konventionellen Kläranlagen von Nutzen sein, indem geklärt wird, ob durch den Einsatz die integrierte Membranfiltration direkt in vorhandene Belebungsbecken und Aufkonzentrierung der Biomasse auf der Bau zusätzlicher Becken verzichtet werden kann.

- Die moderaten Ablaufanforderungen an die Stickstoffelimination, ($N_{\text{ges}} \leq 18 \text{ mg/l}$, $\text{NH}_4\text{-N} \leq 10 \text{ mg/l}$ bei 10°C), die z. Zt. noch den Mindestanforderungen entsprechen, zwingen nicht zu anderen konzeptionellen Lösungsmöglichkeiten (Pufferung von kurzzeitigen hydraulischen oder stofflichen Belastungsstößen oder Kaskaden-Bauweise).
- Durch die Aufteilung des Belebungsbeckens in vier „Straßen“ ist die Integration einer vollautomatischen „On-air“-Reinigung möglich.

3.2 Vergleich der Membranbelebungsanlage zum konventionellen Entwurf

Die Membranfiltration ersetzt in kommunalen Kläranlagen in einem Behandlungsschritt die klassischen Nachklärbecken sowie nachgeschaltete Filtrations- und Desinfektionsstufen. Dadurch ergeben sich spürbare Vorteile, nicht nur eine Steigerung der Ablaufqualität, z. B. in hygienischer Hinsicht-, sondern auch durch den verminderten Flächenbedarf aufgrund kleinerer Belebungsbecken mit einem Biomassegehalt um 12 gTS/l und des Wegfall von Nachklärung und weiteren Verfahrensstufen.

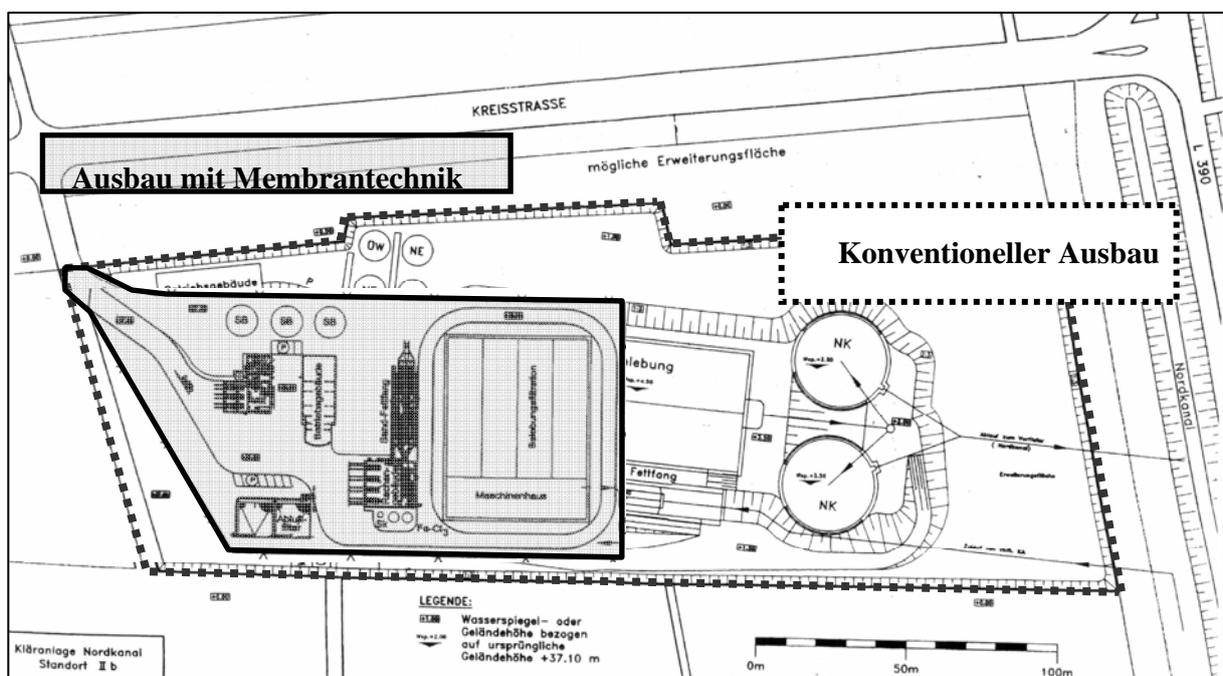


Abbildung 1: Größenvergleich zwischen der Membranbelebungsanlage Nordkanal und einem konventionellem Ausbau der Kläranlage

Auf dem Gruppenklärwerk Nordkanal konnte der Flächenverbrauch gegenüber einer konventionellen Ausbauplanung um mehr als die Hälfte verringert werden. Die wirkte sich kostenmindernd beim Grunderwerb und bei der Umsetzung des gesetzlich vorgeschriebenen, landschaftspflegerischen Flächenausgleichs aus. [ERFTVERBAND 1999] Die unterschiedlichen Anlagenkonzepte sind in Abbildung 1 vergleichend dargestellt.

3 Anlagenbetrieb und Betriebsergebnisse

3.1 Inbetriebnahme

Die ersten Bauarbeiten begannen im Winter 2001 / 2002. Nach einer Bauzeit von rund 2 Jahren startete bereits Ende 2003 die erste Phase der Inbetriebnahme.

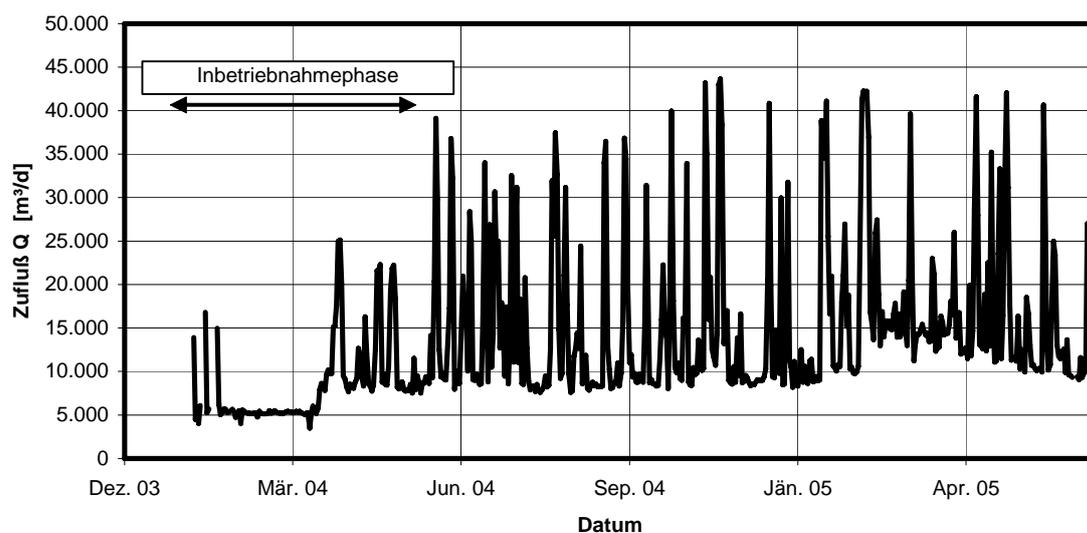


Abbildung 2: Zuflussganglinie Dezember 2003 bis Juni 2005

Zunächst reinigte dabei das neue Klärwerk nur eine Teilmenge des Abwassers, u. a. um die Biomasse in den neuen Belebungsbecken aufzukonzentrieren, während die restliche Abwassermenge noch auf dem alten Klärwerk behandelt wurde. Sukzessive steigerte der Erftverband den Zufluss, um gemeinsam mit dem Anlagenbauer noch umfangreiche verfahrens- und maschinen- und steuerungstechnische Tests vornehmen können. (siehe Abb. 2)

3.2 Reinigungsleistung

Bei Mischwasserzufluss reinigt die Kläranlage bis zu rund 2.000 m³/h Abwasser.

Seit der Inbetriebnahme erreicht die Anlage durchweg sehr gute Reinigungsergebnisse. So liegt die Eliminationsrate der organischen Verschmutzung (CSB) bei 97%. Selbst bei CSB-Konzentrationen im Zulauf von mehr als 800 mg/l sind die Konzentrationen im Ablauf der Anlage dauerhaft kleiner als 25 mg/l. Der BSB₅-Wert liegt unterhalb von 5 mg/l.

3.2.1 Nährstoffelimination

Bei der Nährstoffelimination werden die gesetzten Grenzwerte ebenfalls erreicht und sogar deutlich unterschritten.

Die Konzentration an Ammoniumstickstoff im Ablauf beträgt selbst bei Abwassertemperaturen von weniger als 10°C im Winter weniger als 2 mg/l, bei höheren Abwassertemperaturen weniger als 0,1 mg/l.

Die Phosphorelimination wird durch Simultanfällung sichergestellt. Zusätzlich wird eine erhöhte Phosphoraufnahmefähigkeit der Biomasse festgestellt. Die Phosphorkonzentration im Ablauf unterschreitet i. d. R. 0,5 mg/l.

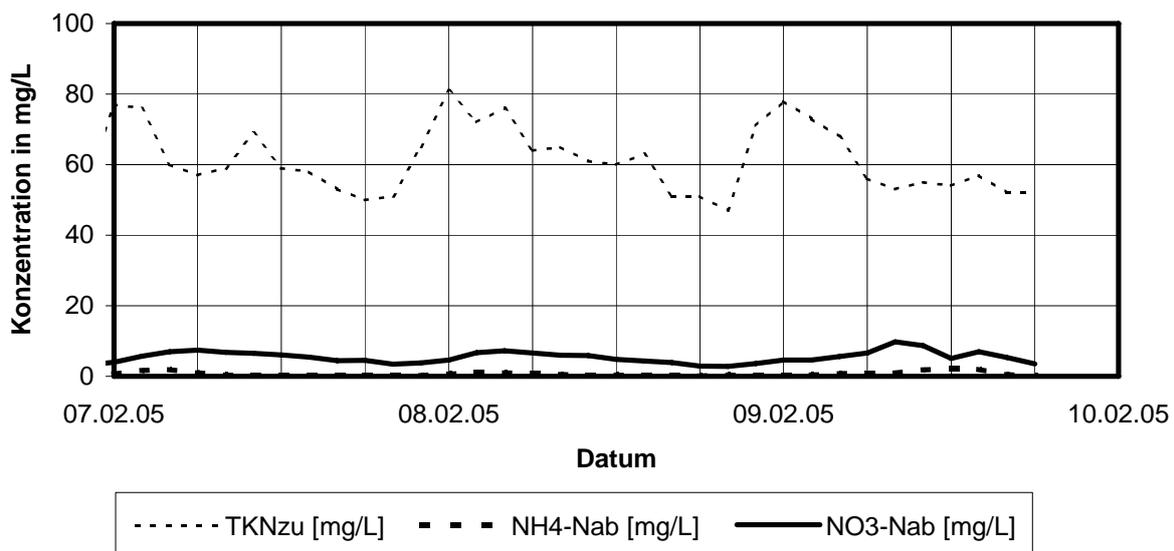


Abbildung 3: Stickstoffelimination im Februar 2005

3.2.2 Hygienische Beschaffenheit des Ablaufs

Abfiltrierbare Stoffe sind im Ablauf der Anlage systembedingt nicht nachweisbar, da die Mikro/Ultrafiltrationsmembran mit einer Porenweite von nominal 0,04 µm als physikalische Barriere wirkt. Auch hygienisch relevante Parameter können im Ablauf der Kläranlage nicht oder nur in geringen Konzentrationen nachgewiesen werden (siehe Tab. 2). Die Leitwerte der Badegewässerrichtlinie der Europäischen Union werden hier in jedem Fall spürbar unterschritten.

Tabelle 2: Analyse der hygienisch relevanten Parameter im Ablauf der Kläranlage Nordkanal

Parameter	E.coli	Coliforme	Salmonellen	Streptococcus
Einheit	100 ml ⁻¹	100 ml ⁻¹	1000 ml ⁻¹	100 ml ⁻¹
28.07.2004	0	4	0	0
04.10.2004	0	20	0	0
28.01.2005	0	0	0	-
20.04.2005	0	47	0	-
06.07.2005	0	2	0	-

3.2.3 Elimination von Spurenschadstoffen und endokrin wirksamen Substanzen

Mit dem Einsatz von Mikro/Ultrafiltrationsmembranen für die Reinigung von kommunalem bzw. häuslichem Abwasser sind wegen der geringen Porengröße von 0,04 µm bis 0,4 µm (je nach Membranhersteller) hohe Erwartungen an die hygienische Beschaffenheit des gereinigten Abwassers und an die Elimination von organischen Spurenstoffen, endokrin wirksamen Stoffen und Arzneimittelrückständen geweckt worden.

Erste diesbezügliche Ergebnisse und Analysen bestätigen diese Hoffungen für die hygienische Beschaffenheit des Abwassers, relativieren diese jedoch für den Bereich der organischen Spurenstoffe.

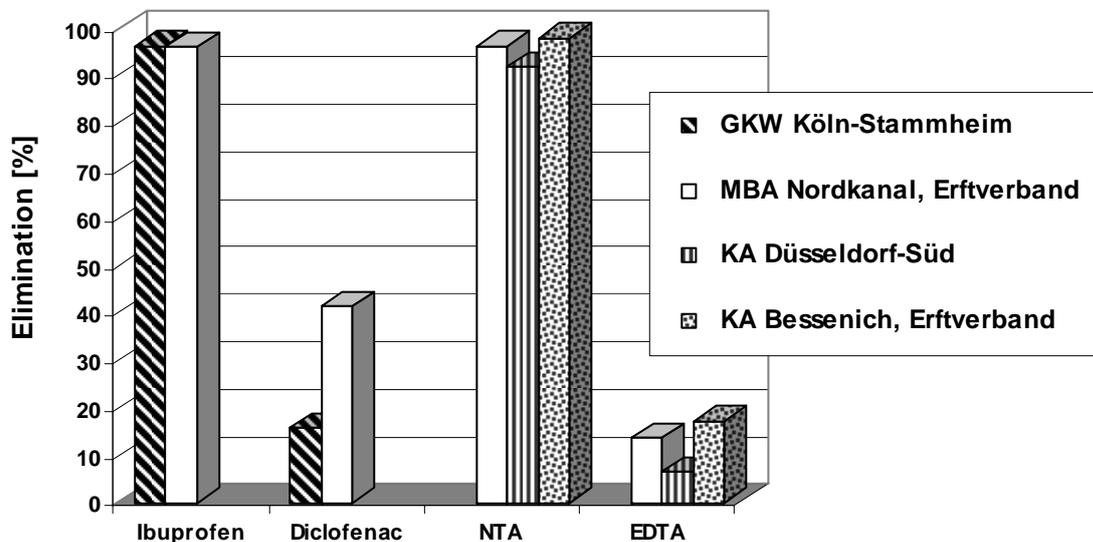


Abbildung 4: Eliminationsraten von organischen Spurenstoffen in kommunalen Kläranlagen

Dies mag jedoch nicht verwundern, da die in der Abwassertechnik z. Zt. eingesetzten Mikro/ Ultrafiltrationsmembranen systembedingt eine rein physikalische wirksame Trenngrenze darstellen, d. h. sie können Partikel bis zu einer Größe von z. B. $0,04 \mu\text{m}$ abscheiden, gelöste Substanzen (im Molekülbereich) jedoch nicht zurückhalten, es sei denn, sie werden durch größere partikuläre Stoffen im Belebtschlamm adsorbiert bzw. absorbiert. Allerdings sollte man in diesem Zusammenhang nicht verkennen, dass durch die Mikro/Ultrafiltration erst die Voraussetzungen für weitere Verfahrenstufen zur effizienten Elimination auch dieser Spurenstoffe geschaffen werden. Solche z. Zt. denkbaren Aufbereitungsmaßnahmen von Abwasser könnten z.B. Aktivkohlefiltration, Nanofiltration oder Umkehrosmose sein, sind aber zur Herstellung trübstofffreien Abwassers ohne Mikro/Ultrafiltrations-Vorstufe i. d. R. nicht wirtschaftlich zu betreiben.

3.3 Betrieb der Membranfiltration

Die Membranbelebungsanlage Nordkanal wurde im Dezember 2003 soweit fertig gestellt, dass mit der Test- und Inbetriebnahmephase begonnen werden konnte. Bis April 2004 wurde die Kläranlage mit weniger als einem Viertel der späteren Belastung betrieben und alle maschinentechnischen Aggregate und Einrichtungen einschließlich der Prozesssteuerung getestet. Gegen Ende der

Inbetriebnahmephase wurde die Belastung erhöht und der Zielwert für den Trockensubstanzgehalt im Belebungsbecken von 12 g/l erreicht. Im Juni 2004 wurde die alte Kläranlage stillgelegt und die gesamte Abwassermenge aus dem Einzugsgebiet des GWK Nordkanal im neuen Klärwerk gereinigt.

Gemäß den Gewährleistungsbedingungen aus dem Bauvertrag wurden im Herbst 2004 und im Frühjahr 2005 zusätzlich zu den regelmäßigen „In-situ“-Reinigungen erstmalig „externe“ Intensivreinigungen, d. h. eine Reinigung der Membrane in separaten Waschkammern, durchgeführt. Bei der ersten Intensivreinigung konnte nur ein kurzfristiger Anstieg der Permeabilität beobachtet werden. Bei der zweiten Intensivreinigung wurde der Verfahrensablauf der Reinigung geändert und ein weitaus besseres Permeabilitätsverhalten nach der Intensivreinigung erzielt. (siehe Abb. 5)

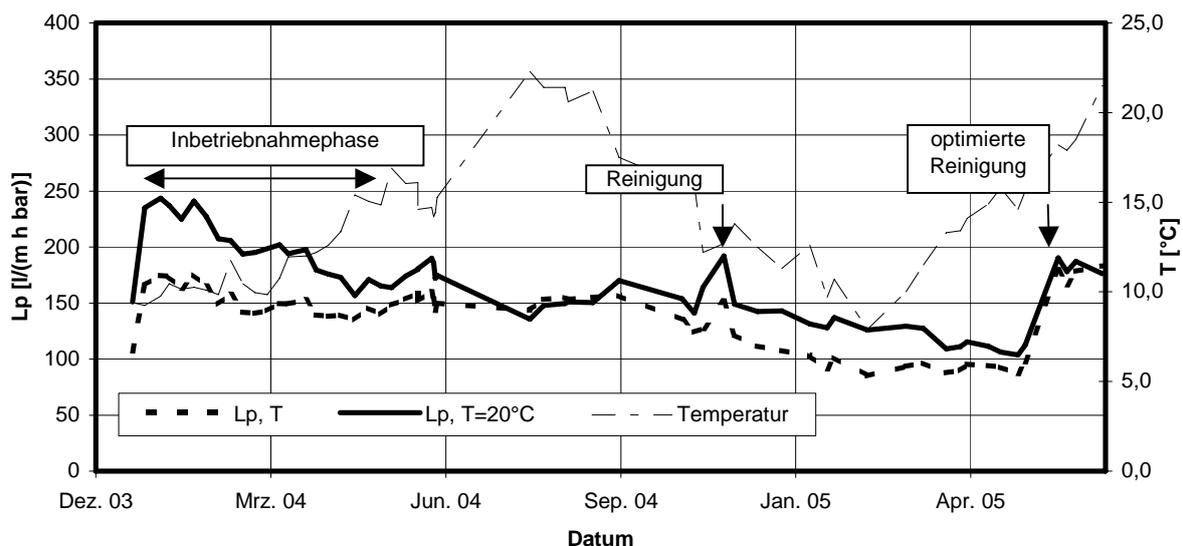


Abbildung 5: Permeabilitätsverlauf der Filterstraße 3 der Kläranlage Nordkanal

In Verbindung mit der „On-Air“-Reinigung, die aufgrund vorlaufender, erfolgreicher Versuche auf der Membranbelebungsanlage Rödingen auch auf dem GWK Nordkanal nachgerüstet wurde, kann ab Mai 2005 ein annähernd gleichmäßiges Niveau der Permeabilität erhalten werden. Dieses neue Reinigungskonzept, bei der die Hohlfaserkapillarmembranen im eingebauten Zustand und bei abgesenktem Wasserstand quasi „an Luft“ (on-air) von innen nach außen mit Reinigungschemikalien beaufschlagt werden, wird für jede der insgesamt acht Membranstraßen (zwei pro Belebungsbecken) etwa alle zwei

Wochen eingeleitet. Die „on-air“-Reinigung ist vollautomatisiert und ergänzt die regelmäßigen „in-situ“-Reinigungen. Aufgrund der positiven Reinigungsergebnisse und Permeabilitätsverläufe steht zu erwarten, dass die aufwändige externe Intensivreinigung in Zukunft seltener erforderlich wird.

3.4 Mechanische Vorbehandlung

Eine gründliche mechanische Vorreinigung des Rohabwassers mit Feinsieben ist nach den Erfahrungen auf der Membranbelebungsanlage Rödingen für einen einwandfreien, wartungsarmen, langlebigen Betrieb von Membranen unabdingbar. Dies gilt insbesondere für die im GWK Nordkanal eingesetzten Hohlfaserkapillarmembranen der Fa Zenon, da hier konstruktionsbedingt im Bereich der oberen Membraneinspannung Haare und faserige Materialien „Zöpfe“ erzeugen, die die wirksame Membranoberfläche belegen und nur sehr aufwändig entfernt werden können. Da diese Verzopfungen ebenfalls bei anderen Membrantypen und an den Cross-Flow-Belüftungsrohren beobachtet werden, ist festzustellen, dass auch andere getauchte Niederdruck-Membrane nicht auf eine Feinsiebung verzichten sollten. [ENGELHARDT 2003]

Aus diesem Grund hat sich der Erftverband im GWK Nordkanal für eine zweistufige mechanische Vorreinigung entschieden, d. h. hinter dem 5 mm Feinrechen und dem belüfteten Sandfang ist eine **Feinsiebanlage** mit einem Spaltweite von 0,5 mm, bei einer Spaltlänge von 24 mm, installiert. Diese Maßnahme hat die Belegung der Membran mit Haaren und Fasern erheblich verringert, aber nicht vollständig verhindert. Deshalb wird z. Zt. eins der vorhandenen Spaltsieb (0,5mm / 24 mm) umgerüstet zu einem Maschensieb mit 1,0 mm Maschenweite. Damit wird ein weiter verbesserter Faserrückhalt erwartet.

3.4.1 Rechengutanfall

Durch den Einsatz der Feinsiebung ergibt sich ein erhöhter Rechengutanfall. Die Menge an Rechengut kann anhand der üblichen Ansätze abgeschätzt werden. Insbesondere das Rechengut aus der Feinsiebung mit 0,5 mm Spaltsieb kann ggf. bei der Entwässerung Schwierigkeiten machen. Nach der Inbetriebnahme und der Optimierung der Rechengutpresse wurden jedoch auch hier Trockenrückstände von bis zu 40% erreicht.

Bei Einsatz einer Feinsiebung mit Maschensieben ist mit einer deutlichen Steigerung des Rechengutanfalls zu rechnen. Allerdings steht zu erwarten, dass bedingt durch die kleinfaserige Struktur des Siebgutes der o. g. hohe Trockenrückstand nach Pressung des Rechengutes nicht mehr erreicht wird.

3.5 Energiebedarf

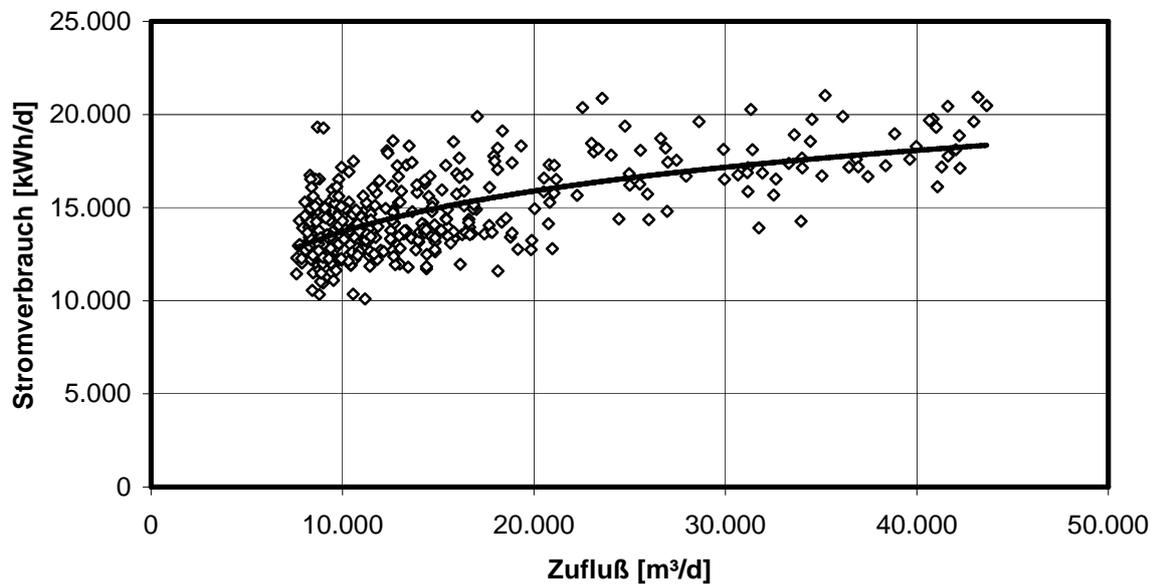


Abbildung 6: Täglicher Stromverbrauch der Gesamtanlage, Zeitraum Juli 2004 - Juni 2005

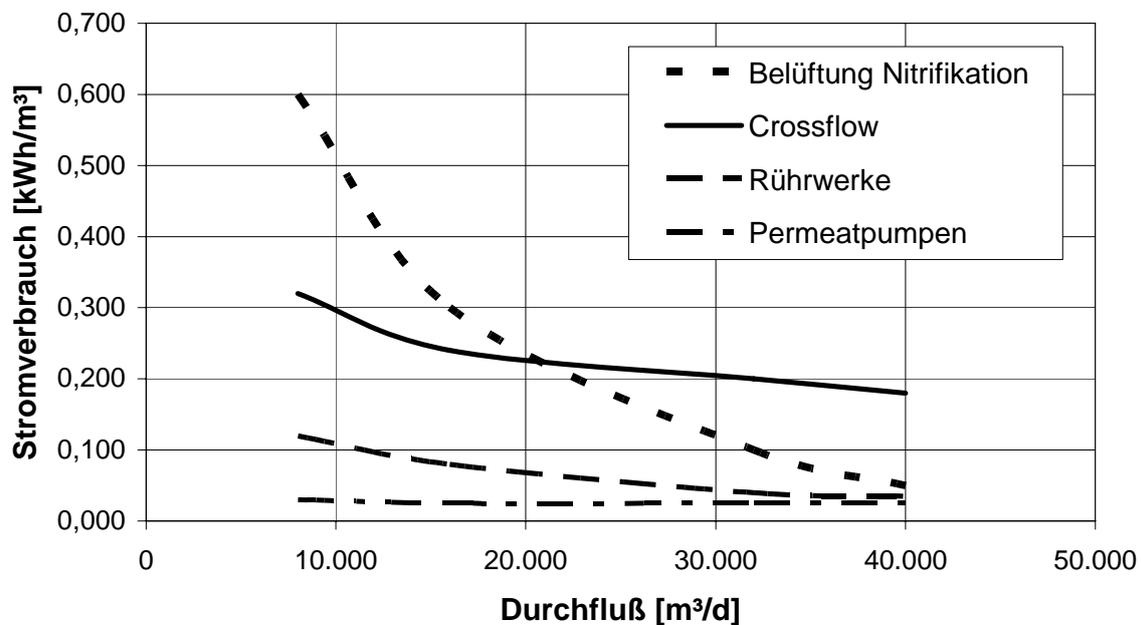


Abbildung 7: Energieverbrauch der Membranbelebung in Abhängigkeit der hydraulischen Anlagenbelastung

Ein besonderes Augenmerk ist im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit von Membranbelebungsanlagen auf den Energieverbrauch zu legen, da der Energiebedarf solcher Anlagen bedingt durch die grobblasige Belüftung der Membranfiltrationsracks insgesamt höher ist als bei vergleichbar großen konventionellen Anlagen. Dies ist auch auf dem GWK Nordkanal festzustellen. Bei voller Auslastung liegt der spezifische Energieverbrauch zwischen 0,4 und 0,8 kWh/m³ Abwasser. Im Zeitraum von 01.07.2004 bis 30.06.2005 betrug der durchschnittliche Stromverbrauch **0,9 kWh/m³**. Damit hat sich der spezifische Stromverbrauch im ersten Betriebsjahr noch leicht über dem erwarteten Wert von 0,8 kWh/m³ [ENGELHARDT et. al. 2001] eingestellt.

Abhängig von der momentanen hydraulischen Belastung der Anlage ergeben sich für die einzelnen Verbraucher der Membranfiltration unterschiedliche Leistungskurven. Während der spezifische Verbrauch für den Permeatabzug nahezu unabhängig vom Durchfluss ist, sinkt er für die Cross-Flow-Belüftung bei steigenden Durchflüssen deutlich ab. (siehe Abb. 7)

3.6 Reinigungschemikalien

Nach eineinhalb jährigem Betrieb können spezifische Verbrauchswerte, die für die Reinigung der Membrane entstehen, annäherungsweise angegeben werden. Bezogen auf die gereinigte, gesamte Abwassermenge und eine Membranfilterfläche von 84.500 m² wurden bei den unterschiedlichen Membranreinigungen („In-situ“, „On-Air“, externe Intensivreinigung) folgende spezifischen Mengen an Reinigungschemikalien verbraucht.

Tabelle 4: Verbrauch an Reinigungschemikalien im ersten Betriebsjahr

Reinigungschemikalie	HCl	H ₂ O ₂	Zitronensäure	NaOH	NaOCl
Lösung	25 %	50 %	50 %	20 %	12 %
Verbrauch [mg/m ³ /m ²]	0,006	0,028	0,025	0,005	0,013

3.7 Schlammbehandlung

Der simultan aerob stabilisierte Überschussschlamm wird direkt aus dem Membranreaktor abgezogen, in Schlammstapel- und Vorlagebehältern zwischengespeichert und mechanisch voreingedickt und anschließend mit einer Hochleistungszentrifuge auf der ca. 28% TS entwässert. Befürchtungen, dass sich Klärschlamm aus Membranbelebungsanlagen aufgrund seiner kleinflockigen Struktur schwerer entwässern lässt als Klärschlamm aus konventionell betriebenen Kläranlagen, haben sich weder für die Membranbelebungsanlagen Titz-Rödingen noch Nordkanal bestätigt. Der Klärschlamm entspricht hinsichtlich seiner Entwässerungsfähigkeit dem Überschussschlamm aus üblichen Stabilisierungsanlagen. Auch die Überschussschlammproduktion weicht mit etwa 0,9-1,0 kg TS/(kg BSB₅*d) nicht von konventionellen Kläranlagen ab.

3.8 Personalbedarf und Betriebskosten

Auf der Kläranlage sind insgesamt 6 Mitarbeiter im Einsatz, die neben dem Betrieb der Membranbelebungsanlage auch für Betrieb und Unterhaltung der vorgelagerten Pumpstationen und der Transportleitungen verantwortlich sind. Der Personalbedarf hat sich somit gegenüber dem Betrieb der alten Kläranlage nicht verändert. Allerdings stellen sich durch die neue Technik andere Anforderungen und Arbeitsabläufe an das Personal.

Die Betriebskosten für das zurückliegende Jahr liegen - ohne Berücksichtigung von Membranersatzkosten - bei etwa 0,26 €/m³ Abwasser. Im ersten Betriebsjahre entsteht erfahrungsgemäß ein höherer Aufwand, da zunächst zahlreiche Prozesse und Abläufe auf der Kläranlage optimiert werden müssen. Die Angaben zu den Betriebskosten können daher noch nicht repräsentativ.

4 Ausblick

Das Membranbelebungsverfahren zur Reinigung kommunaler Abwässer wird heute bereits in vielen Ländern Europas eingesetzt. Darüber hinaus gibt es zahlreiche Anwendungen in Nordamerika und Fernost. Geografische Schwerpunkte in Europa sind z. Zt. Großbritannien und Deutschland, und hier insbesondere das Bundesland Nordrhein-Westfalen. Die Anwendung dieser Verfahrenstechnik reicht von Hauskläranlagen, kleinen kommunale Kläranlagen, der Behandlung industrieller Abwasserströme, Anlagen zur Brauchwasserrückgewinnung, der Teilstrombehandlung auf Klärwerken bis hin zu großen Membranbelebungsanlagen ähnlich dem Klärwerk Nordkanal.

Insbesondere im außereuropäischen Ausland wird die Membrantechnik zunehmend für große Kläranlagen eingefordert, als bestmögliche Technik zur Beseitigung von gravierenden Gewässergüteproblemen und Umweltmissständen, zur Gewinnung unbedenklichen Brauch-/Grauwassers und zum Schutz von Trinkwasserressourcen. Auf der arabischen Halbinsel, in den USA und in China sind derzeit Membranbelebungsanlagen in Planung, die dem GWK Nordkanal des Erftverbandes bald den Rang als „weltweit größte“ Membranbelebungsanlage für die Reinigung von kommunalem Abwasser ablaufen.

5 Literatur

- BREPOLS, C.; SCHÄFER, H.; ENGELHARDT, N. (2005) Hinweise zur verfahrenstechnischen Integration getauchter Membranfilter in kommunalen Membranbelebungsanlagen; Korrespondenz Abwasser, Jg. 52, Nr.1, S. 45-50
- ENGELHARDT, N., ROTHE, J. (2001) Sind großtechnische Membranbelebungsanlagen wirtschaftlich? – Erkenntnisse aus Anlagenbetrieb und Planung; Begleitbuch zur 4. Aachener Tagung Siedlungswasserwirtschaft und Verfahrenstechnik: Membrantechnik in der Wasseraufbereitung und Abwasserbehandlung, Beitrag Ü3, ISBN 3-921955-25-4
- ENGELHARDT, N. (2003) Membranbelevungsverfahren - eine beherrschbare und erfolgreiche Technik - Erfahrungen nach vierjährigem Betrieb; Begleitbuch zur 5. Aachener Tagung Siedlungswasserwirtschaft und Verfahrenstechnik: Membrantechnik in der Wasseraufbereitung und Abwasserbehandlung, Beitrag A1, ISBN 3-921955-28-9
- ERFTVERBAND (1999) Entwurfsunterlagen für den Neubau des Klärwerkes Nordkanal (80.000 EW); interne Unterlagen
- HUNZE, M., SCHUMACHER, S., BREPOLS, C., ENGELHARDT, N., BROCKMANN, M. (2005) Membranbelevung der Kläranlage Nordkanal – CDF-Modellierung – Ein Tool zur Analyse der Systemverhältnisse; Begleitbuch zur 6. Aachener Tagung Siedlungswasserwirtschaft und Verfahrenstechnik: Membrantechnik in der Wasseraufbereitung und Abwasserbehandlung, Beitrag A21, ISBN 3-86130-775-8

Korrespondenz an:

Norbert Engelhardt
c/o Erftverband
D-50126 Bergheim, Paffendorfer Weg 42

Tel.: +49 2271-881242

eMail: norbert.engelhardt@erftverband.de

Kostenaspekte beim Betrieb moderner Kläranlagen

Stefan Lindtner

Ingenieurbüro kaltesklareswasser

Kurzfassung: Für die detaillierte Analyse der Kosten beim Betrieb moderner Kläranlagen müssen die einzelnen Verfahrensschritte in Prozesse untergliedert werden und die Kosten dieser in einer prozessorientierten Kostenrechnung abgebildet sein. Zusätzlich müssen je Prozess Kostenarten erfasst werden, sodass eine klar definierte Matrix von Kostenstellen und Kostenarten die Kostenanalyse einzelner sowie den Vergleich mehrerer Kläranlagen miteinander ermöglicht.

Die Auswertung der Betriebskosten von 26 modernen Kläranlagen, deren Kosten in einer einheitlich definierten prozessorientierten Kostenrechnung abgebildet sind, werden in diesem Beitrag vorgestellt.

Keywords: Abwasserreinigung, Betriebskosten, Benchmarking, Kennzahlen

1 Einleitung

Da die bauliche Anpassung der österreichischen Kläranlagen an den Stand der Technik weitgehend abgeschlossen ist, stehen nun Kostenaspekte beim Betrieb dieser modernen Anlagen im Mittelpunkt des Interesses.

Sowohl beim Benchmarking-Forschungsprojekt (Kroiss et al 2001), als auch beim darauf aufbauenden ÖWAV-Abwasserbenchmarking, stellen der Kostenaspekt und die daraus ableitbaren Optimierungsmöglichkeiten einen Kernpunkt dar.

Im Rahmen dieses Beitrages werden die dabei gewonnen Erkenntnisse in Hinblick auf die systematische Einteilung der Kläranlage in Prozesse sowie die darauf aufbauende prozessorientierte Kostenrechnung kurz zusammengefasst. Zusätzlich werden Kostenaspekte beim Betrieb moderner Kläranlagen auf Basis der Datenauswertungen von 26 untersuchten Kläranlagen vorgestellt.

2 Was ist eine moderne Kläranlage?

Um die Kostenaspekte beim Betrieb moderner Kläranlagen näher zu beleuchten, wird vorab definiert, was unter einer modernen Kläranlage verstanden werden kann, bzw. vom Autor verstanden wird.

Tabelle 1: Auszug aus der 1. Abwasseremissionsverordnung für kommunales Abwasser 1996

	50-500 EW ₆₀	500-5.000 EW ₆₀	5.000-50.000 EW ₆₀	>50.000 EW ₆₀
Ablaufkonzentrationen [mg/l]				
BSB ₅	25	20	20	15
CSB	90	75	75	75
TOC	30	25	25	25
NH ₄ -N	10 ¹⁾	5 ¹⁾	5 ²⁾	5 ²⁾
Gesamt-P	-	2 ³⁾	1 ⁴⁾	1 ⁴⁾
Wirkungsgrade [%]				
Ges.geb.N	-	-	70 ¹⁾	70 ¹⁾
BSB ₅	-	95 ³⁾	95	95
CSB	-	85 ³⁾	85	85
TOC	-	85 ³⁾	85	85

1) gilt bei einer Abwassertemperatur >12°C im Ablauf

2) gilt bei einer Abwassertemperatur >8°C im Ablauf

3) nur bei Anlagen > 1.000 EW₆₀

4) Anlagen > 10.000 EW₆₀ im Einzugsgebiet von Seen 0,5 mg/l

Geht man von den gesetzlichen Bestimmungen aus, so kann man die 1. Abwasseremissionsverordnung für kommunales Abwasser als Richtlinie für moderne Kläranlagen heranziehen (siehe Tabelle 1).

Unter „modern“ kann auch verstanden werden, welche Verfahrenskonzeptionen bei Abwasserreinigungsanlagen in den vergangenen Jahren vorwiegend angewendet wurden.

In Abbildung 1 wurde daher ausgewertet, welche prozentuellen Anteile die Stabilisierungsart Faulung, getrennte aerobe Stabilisierung sowie simultane bzw. andere Stabilisierung ausmachen, wenn man die Anlagen in Größengruppen von jeweils 5.000 EW-Ausbau unterteilt. Unter simultane bzw. andere Stabilisierungsarten wurden jene Anlagen zusammengefasst, bei denen die Kosten für die Stabilisierung sowohl im Betrieb als auch in der Errichtung meist nur abgeschätzt werden können. Dies trifft beispielsweise neben simultan stabilisierenden Anlagen auch auf Anlagen mit einem Emscherbrunnen zu.

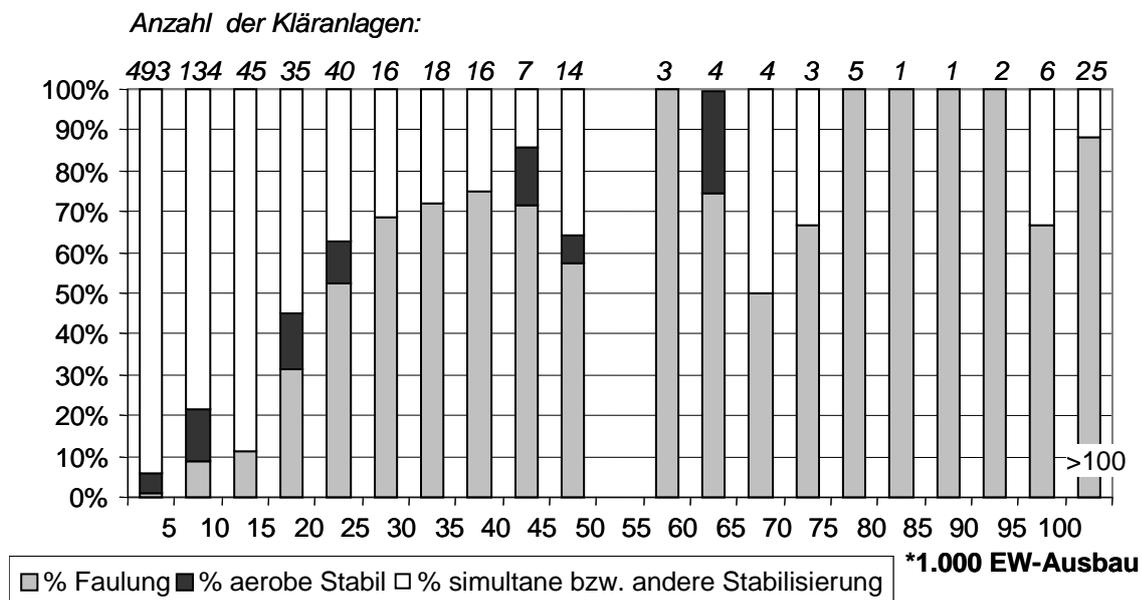


Abbildung 1: Anteil der Anlagen mit Faulung, aerober Stabilisierung sowie simultaner bzw. anderer Stabilisierung in Abhängigkeit der Größe (Lindtner 2003)

Die Auswertung zeigt, dass bei weniger als 20 % der Anlagen kleiner als 15.000 EW-Ausbau die Stabilisierung mit Hilfe einer mesophilen Faulung oder einer getrennten aeroben Stabilisierung erfolgt. Auch bei Anlagen zwischen 15.000 und 20.000 EW-Ausbau liegt der Anteil der getrennten Stabilisierung noch unter

50 Prozent. Ab einer Anlagengröße von 20.000 EW-Ausbau überwiegen die Anlagen mit Faulung.

Für Anlagen > 20.000 EW-Ausbau wird in Österreich vielfach die in Abbildung 2 dargestellte Verfahrenskonzeption angewendet.

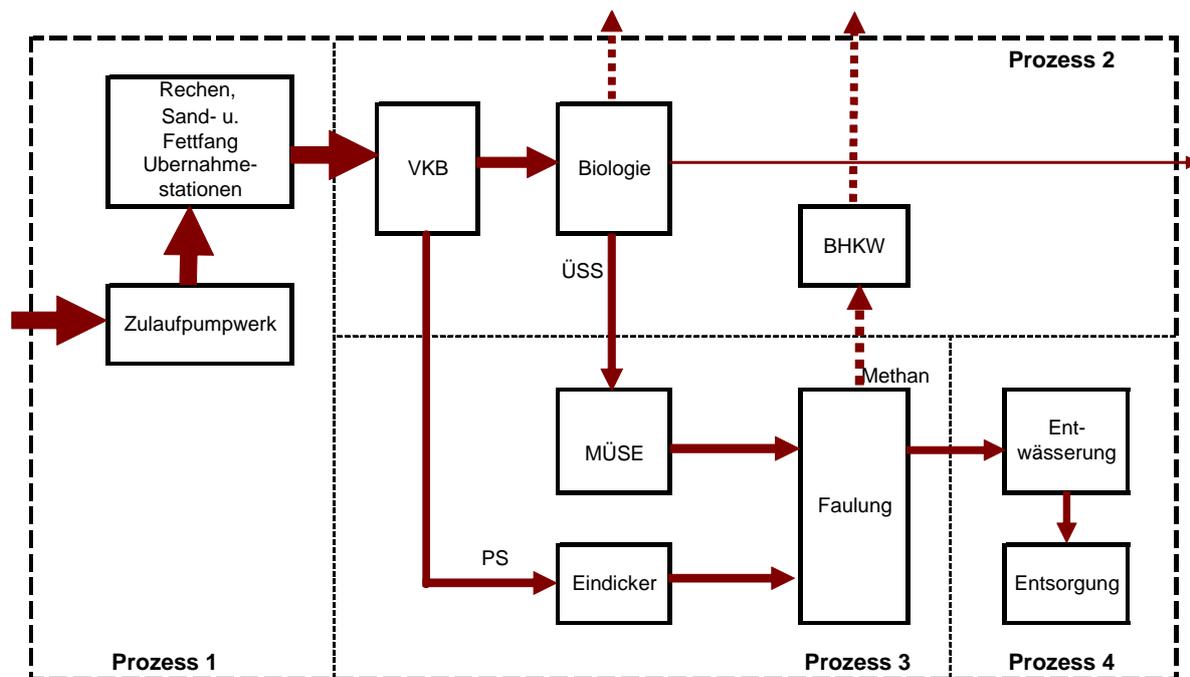


Abbildung 2: Vielfach angewandte Verfahrenskonzeption für Anlagen >20.000 EW-Ausbau

Die Anlagen unterscheiden sich selbstverständlich im Detail, wobei jedoch fast immer die vier Prozesse *mechanische Vorreinigung*, *mechanisch-biologische Reinigung*, *Schlamm- und Eindickung* und *Stabilisierung* und *weitergehende Schlammbehandlung* voneinander unterschieden werden können.

Kläranlagen < 20.000 EW-Ausbau sind in der Mehrzahl als simultan aerob stabilisierende Anlagen ausgeführt, und entsprechen zumeist dem in Abbildung 3 dargestellten Verfahrenskonzept. Die Prozesse 2 und 3 sind dabei in eine Verfahrensstufe zusammengeführt, womit sich bei Anlagen < 20.000 EW-Ausbau im Wesentlichen die drei Prozesse *mechanische Vorreinigung*, *biologische Reinigung und Stabilisierung* und *weitergehende Schlammbehandlung* voneinander unterscheiden lassen.

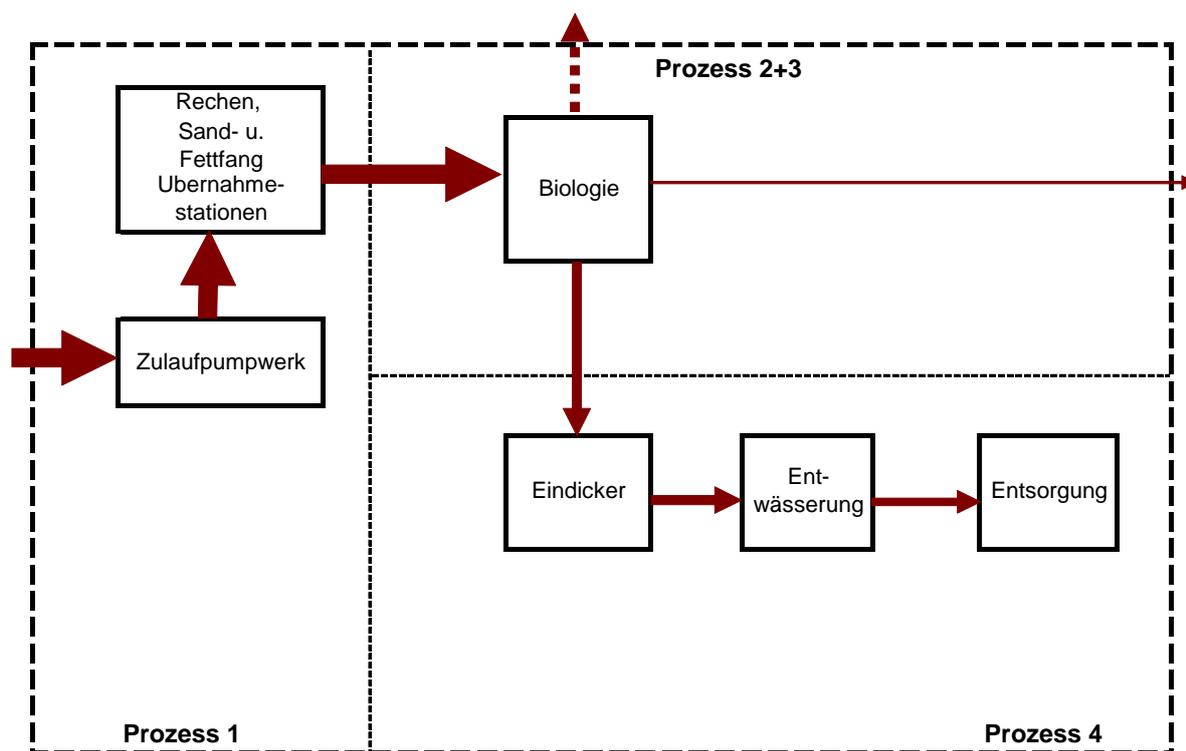


Abbildung 3: Verfahrenskonzeption für Anlagen <20.000 EW-Ausbau

Für die Analyse von Betriebskosten moderner Kläranlagen ist es eine Voraussetzung, dass die voneinander unterschiedenen technischen Prozesse auch in Hinblick auf deren Kosten in einer prozessorientierten Kostenrechnung erfasst werden.

3 Prozessorientierte Kostenrechnung

Die prozessorientierte Kostenrechnung stellt die Basis der Kostenanalyse dar und wird daher im Folgenden näher erläutert.

Da jeder Prozess in einer eigenen Kostenstelle abgebildet wird, ist die prozessorientierte Kostenrechnung sehr eng mit dem gewählten Prozessmodell verknüpft. Neben den im vorangegangenen Kapitel beschriebenen Prozessmodellen mit drei bzw. vier Prozessen wird für Anlagen größer 100.000 EW-Ausbau vorgeschlagen die vier Hauptprozesse noch weiter zu untergliedern. Ausdrücklich darauf hingewiesen wird auf den Umstand, dass sich ein zu detailliertes Prozessmodell ad absurdum führt, wenn die Datenverfügbarkeit für das gewählte Model nicht gegeben ist.

Neben den bereits beschriebenen Prozessen, die auf die Verfahrenskonzeption beruhen, müssen auch die so genannten Hilfsprozesse untersucht werden. Bei den Hilfsprozessen handelt es sich um Prozesse, die nicht direkt dem betrieblichen Ablauf zugeordnet werden können, sondern für diese Leistungen, „quer“ über den gesamten Bereich der Abwasserreinigungsanlage, erbringen. Hilfsprozess I umfasst die obligatorischen Hilfsprozesse der Kläranlage (Labor, Verwaltung sowie Betriebsgelände/-gebäude und sonstige Infrastruktur), Hilfsprozess II setzt sich aus den fakultativen Hilfsprozessen Werkstätte und Fuhrpark zusammen. Wie in Kapitel 4 dargestellt wird, stellen die obligatorischen Hilfsprozesse einen wesentlichen Kostenfaktor beim Betrieb von Abwasserreinigungsanlagen dar, weshalb die Abbildung der Kosten der obligatorischen Hilfsprozesse in jeweils einer eigenen Kostenstelle empfohlen wird.

In den folgenden Ausführungen zur prozessorientierten Kostenrechnung wird von einem Prozessmodell mit vier Hauptprozessen und zwei Hilfsprozessen ausgegangen.

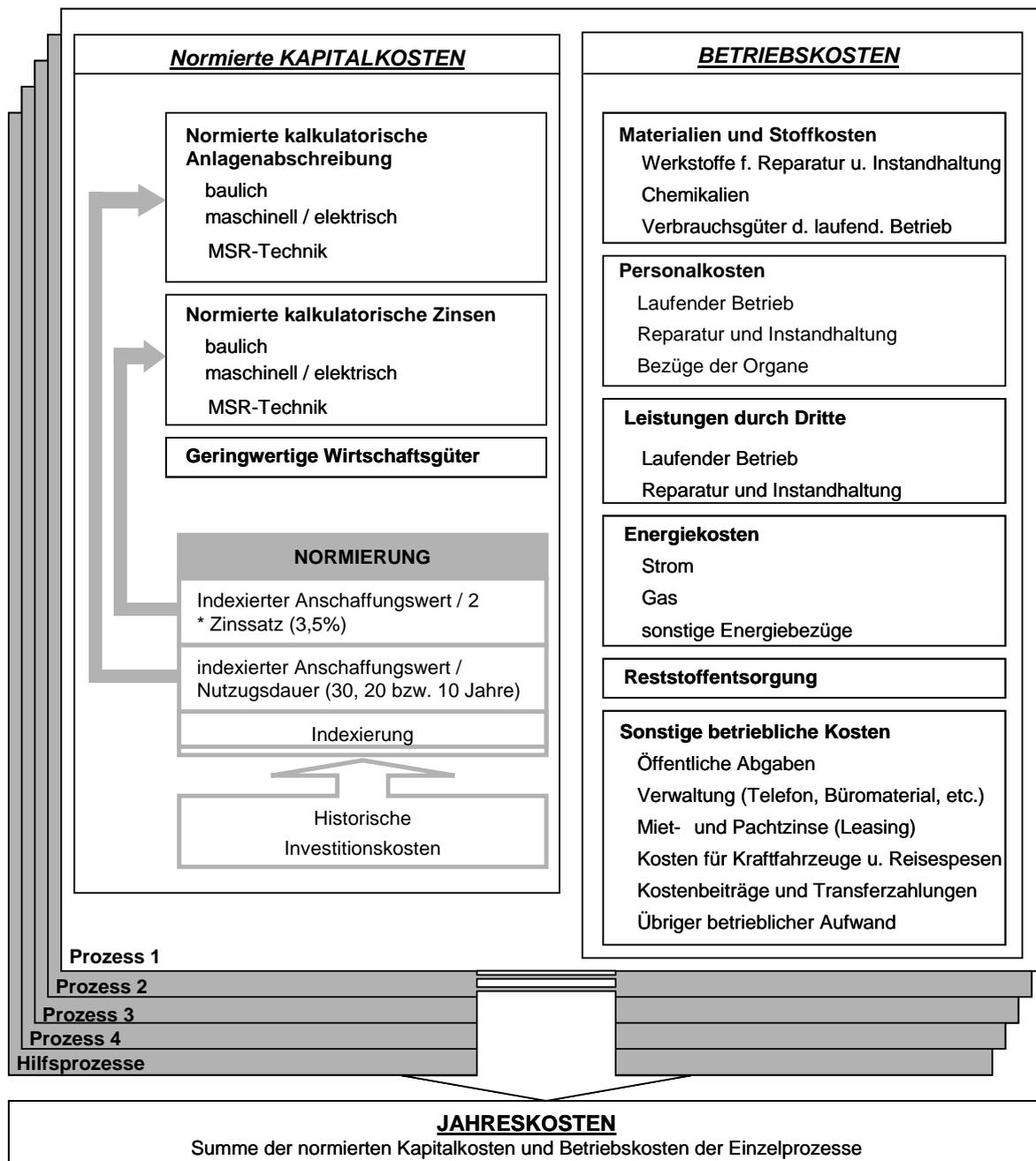


Abbildung 4: Darstellung der Kostenrechnungsstruktur (Lindtner 2003)

Ziel der prozessorientierten Kostenrechnung ist es, sowohl Betriebs- als auch Kapitalkosten verursachungsgerecht den Prozessen zuzuordnen, um letztlich Prozesskosten errechnen zu können. Um die Vergleichbarkeit von wirtschaftlichen Kennzahlen mehrerer Abwasserreinigungsanlagen untereinander zu wahren, ist es notwendig, dass das gleiche Kostenrechnungsschema zur Anwendung kommt (siehe Abbildung 4). Insbesondere ist es für den Vergleich von Anlagen unterschiedlichen Alters erforderlich, die Kapitalkosten durch einen „Normierungsschritt“ in normierte

Kapitalkosten umzuwandeln. Dabei wird ein einheitliches fiktives Anschaffungsjahr unterstellt.

Bei der Kostenanalyse sind vor allem die Prozessbetriebskosten sowie der Vergleich dieser mit denen anderer Betreiber von vorrangiger Bedeutung, da diese Kosten, im Gegensatz zu den Kapitalkosten, noch beeinflusst werden können. Die Ermittlung der Prozesskapitalkosten ist für die Anlagenbetreiber dennoch von Interesse, vor allem für die Beantwortung von Fragen, die sich mit der Wechselwirkung von Kapital- und Betriebskosten befassen:

- 1) Stehen *Instandsetzungskosten* (= Kapitalkosten) und *Reparatur- und Instandhaltungskosten* (= Betriebskosten) in einer Wechselwirkung und wenn ja in welcher?
- 2) Können durch erhöhten Kapitalaufwand, vor allem in maschinellen und elektrischen Anlagen, laufende Betriebskosten eingespart werden?

Aus der Summe der normierten Kapitalprozesskosten und der Betriebsprozesskosten können Jahreskosten auf Basis normierter Kosten berechnet werden (Abbildung 4).

3.1 Normierte Kapitalkosten

Die normierten Kapitalkosten setzen sich primär aus der kalkulatorischen Anlagenabschreibung und den kalkulatorischen Zinsen zusammen. Wie bereits beschrieben, müssen für einen Vergleich der Investitionskosten von Anlagen mit unterschiedlichen Inbetriebnahmezeitpunkten Normierungen vorgenommen werden. Die Berechnung, sowohl der Anlagenabschreibung als auch der kalkulatorischen Zinsen, erfolgt nicht anhand der historischen Investitionskosten, sondern auf Basis des indexierten Anschaffungswertes. Auf den für die Berechnung der Kapitalkosten verwendeten Index wird im folgenden Kapitel näher eingegangen. Neben den kalkulatorischen Abschreibungen und Zinsen werden geringwertige Wirtschaftsgüter, die aufgrund ihres Anfalls im Untersuchungsjahr keinem Normierungsschritt unterzogen werden zu den normierten Kapitalkosten gezählt.

Wichtig zu erwähnen ist außerdem, dass die im Zuge der Normierung berechneten Anlagenabschreibungen und Zinsen ausschließlich dem Vergleich von mehreren Anlagen untereinander dienen. Für die einzelnen

Anlagenbetreiber haben diese Werte und die daraus berechneten normierten Jahreskosten keinerlei kostenrechnerische Relevanz und können daher nicht für die Gebührenkalkulation herangezogen werden (Habich, 2003).

Da bei der Ermittlung der Kapitalkosten einerseits die historischen Investitionskosten, und andererseits der Anschaffungszeitpunkt ausschlaggebend sind, bleiben Förderungen durch Bund und Länder unberücksichtigt, was beim Vergleich der Kapitalkosten sinnvoll und erwünscht ist.

3.1.1 Kalkulatorische Anlagenabschreibung

Die Anlagenabschreibung erfasst die Wertverminderung des Anlagevermögens, die aufgrund der Nutzung während der Nutzungsdauer auftritt (Gabler, 1997). Für die Ermittlung der jährlichen Anlagenabschreibung wird die Methode der linearen Abschreibung gewählt. Dies bedeutet, dass die Anschaffungskosten gleichmäßig auf die erwartete Nutzungsdauer aufgeteilt werden. Bei der Ermittlung der kalkulatorischen Anlagenabschreibung werden bauliche Anlagenteile, maschinell/elektrische Anlagenteile und Anlagenteile für die Steuerungs-, Mess- und Regelungstechnik (= MSR-Technik), soweit dies möglich ist, getrennt berechnet und ausgewiesen. Für die baulichen Anlagenteile der Abwasserreinigungsanlagen werden im Zuge der Normierung 30 Jahre als Nutzungsdauer angenommen, für die maschinell/elektrischen Anlagenteile eine Nutzungsdauer von 20 Jahren und für die MSR-Technik 10 Jahre.

3.1.2 Kalkulatorische Zinsen

Die kalkulatorischen Zinsen werden, soweit dies möglich ist, ebenfalls getrennt für bauliche, maschinell/elektrische Anlagenteile und MSR-Technik ausgewiesen. Der Berechnung der Zinsen wird das durchschnittlich gebundene Kapital zugrunde gelegt und ein einheitlicher Zinssatz von 3,5 Prozent verwendet. Das durchschnittlich gebundene Kapital der einzelnen Anlagenteile kann näherungsweise wie folgt berechnet werden (Lechner et al., 1990):

Durchschnittlich gebundenes Kapital = $(\text{Anschaffungswert} + \text{Restwert}) / 2$

Da bei Kläranlagen davon ausgegangen werden kann, dass für die Mehrzahl der Anlagenteile kein Restwert erzielbar ist, wird dieser gleich Null gesetzt. Demnach entspricht das durchschnittlich gebundene Kapital der Hälfte des

Anschaffungswertes. Für die Gewährleistung der Vergleichbarkeit muss der Anschaffungswert, wie bereits erläutert, indexiert werden.

3.2 Betriebskosten

Für einen Vergleich von Abwasserreinigungsanlagen ist es nicht nur erforderlich, dass jeder Betrieb seine Kosten auf die bereits beschriebenen prozessorientierten Kostenstellen aufteilt, sondern auch, dass ein Kostenartenschema verwendet wird, welches in die in Abbildung 2 dargestellte Kostenstruktur übergeleitet werden kann. Folgende Hauptkostenarten können den Erfordernissen für einen Vergleich von Abwasserreinigungsanlagen Rechnung tragen: Material- und Stoffkosten, Personalkosten, Leistungen durch Dritte, Energie, Reststoffentsorgung sowie sonstige betriebliche Kosten (Bogensberger et al., 2002).

Für die Auswertung und den Vergleich unterschiedlicher Betriebsstrategien ist es erforderlich, sowohl bei der Kostenart *Personalkosten* als auch bei der Kostenart *Leistungen durch Dritte* jeweils in *Laufender Betrieb* und in *Reparatur und Instandhaltung* zu unterscheiden (vergleiche Abbildung 4). Durch diese Untergliederung sollte es letztlich möglich sein, eine Aussage treffen zu können, ob sich die Effizienz von Anlagen unterscheidet, wenn tendenziell mehr Eigenpersonal eingesetzt wird bzw. wenn sowohl der laufende Betrieb als auch Reparatur- und Instandhaltungsarbeiten von Dritten durchgeführt werden.

Neben der grundsätzlich gleichen Struktur des Kostenartenschemas ist es natürlich von wesentlicher Bedeutung, dass bei der Kostenzuordnung (Buchung) einheitlich vorgegangen wird. Vor allem bei den Begriffen *Laufender Betrieb*, *Reparatur und Instandhaltung* sowie *Instandsetzung* kann es sehr leicht zu falschen Zuordnungen kommen, weshalb diese Begriffe im Folgenden definiert werden:

Laufender Betrieb: Hier werden sämtliche Personalkosten erfasst, welche dem laufenden Betrieb der Abwasserreinigung (routinemäßige Kontrollen, Pflege, Wartungsarbeiten, Personalaufwand für die Schlammpresse, Messungen etc.) zuzuordnen sind.

Reparatur und Instandhaltung: Unter dieser Kostenart werden ereignisbezogene Personalkosten erfasst, welche nicht vorhersehbar und zum überwiegenden Teil Reparaturaufwendungen zuzuordnen sind. Instandhaltungsaufwand liegt vor, wenn es sich um laufende Reparaturarbeiten handelt, die nicht zu einem Austausch von wesentlichen Teilen einer Anlage führen und somit die Nutzungsdauer nicht wesentlich verlängern. Kosten zur Erhaltung der Betriebsanlage in einsatzfähigem Zustand sind Instandhaltungskosten (Gabler, 1997). Reparatur und Instandhaltungskosten dienen dem Funktionserhalt.

Im Gegensatz dazu stehen Instandsetzungsarbeiten. Bei Instandsetzungsarbeiten wird der Nutzungswert der Anlage erhöht und/oder die Nutzungsdauer wesentlich verlängert. Kosten für werterhöhende Instandsetzungsmaßnahmen sind zu aktivieren (Gabler, 1997) und zählen damit zu den Kapitalkosten. Instandsetzungskosten dienen dem Werterhalt.

4 Betriebskosten moderner Kläranlagen

Kostenaspekte moderner Kläranlagen werden vielfach auf Basis theoretischer Überlegungen beschrieben. In diesem Beitrag werden Praxisergebnisse eines Benchmarkingprojektes präsentiert, wobei die in den beiden vorangegangenen Kapiteln beschriebenen Kriterien für die untersuchten Kläranlagen zutreffen. Dies bedeutet, dass die Datenbasis von Kläranlagen stammt, die einerseits dem Stand der Technik entsprechen, und andererseits über eine einheitliche prozessorientierte Kostenrechnung verfügen.

Zur Wahrung der Anonymität der Teilnehmer werden ausschließlich aggregierte Darstellungsformen wie der 25- und 75-%-Wert der Vergleichsgruppe verwendet. Der 25-%-Wert gibt an, dass 25 Prozent der untersuchten Anlagen Kosten unterhalb dieses Wertes haben. Synonym gilt dies für den 75-%-Wert, sodass im Bereich dazwischen, in den Abbildungen als Balken dargestellt, die Hälfte der Anlagen liegen.

In Abbildungen, wo dies von Interesse ist, wie beispielsweise in der folgenden Abbildung 5, wurde zusätzlich der Median als weißer Punkt eingezeichnet.

Im erwähnten Benchmarkingprojekt wurden insgesamt 30 Kläranlagen in Abhängigkeit der Ausbaugröße in drei Gruppen getrennt untersucht.

Für die folgenden Darstellungen wurden die Daten von 26 dieser Anlagen ausgewertet, wobei für die Beschreibung der wesentlichen Ergebnisse eine Unterscheidung in Gruppen nicht erforderlich ist.

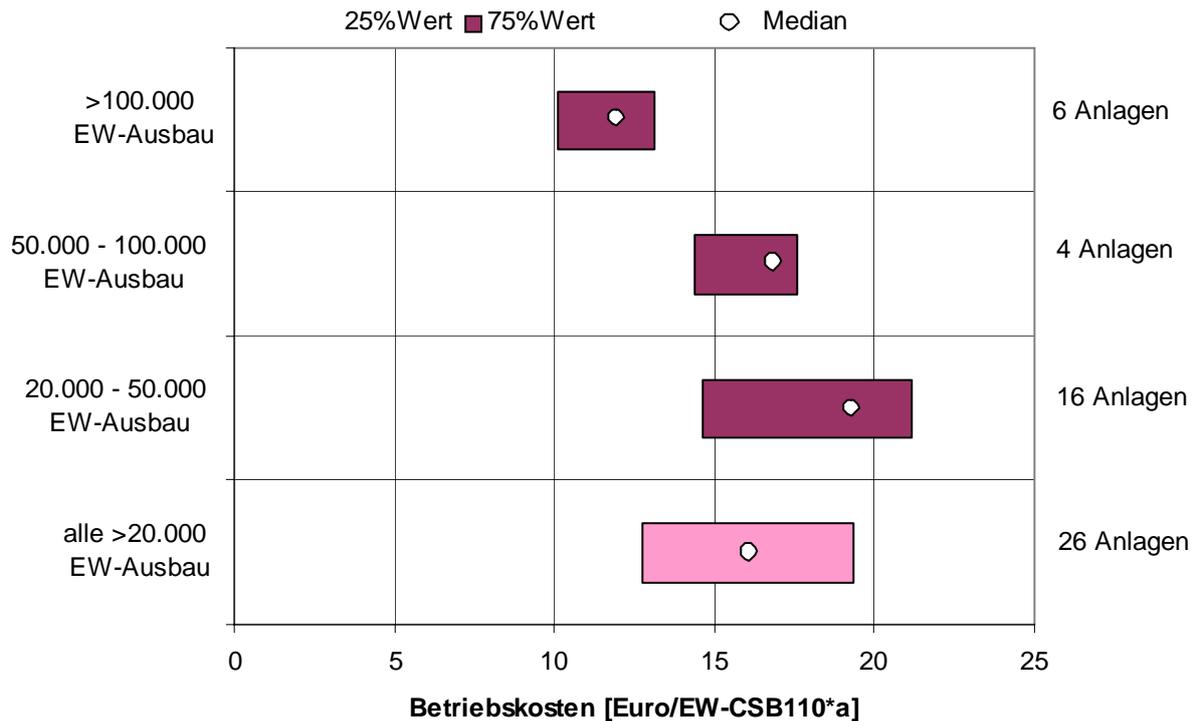


Abbildung 5: 25-, 75%-Wert und Median der Betriebskosten der untersuchten Kläranlagen

In Abbildung 5 werden die Ergebnisse der Gesamtbetriebskosten der drei Gruppen und aller Anlagen dargestellt. Der Median der jeweiligen Gruppe zeigt die erwartete Kostendegression mit steigender Ausbaugröße. Die Schwankungsbreite des 25- bis 75%-Wertes wird unter anderem auch aufgrund der geringeren Stichprobe bei den größeren Anlagen kleiner.

Für alle in diesem Beitrag ausgewiesenen spez. Kosten wurde als Bezugsgröße der Jahresbetriebskosten der Einwohnerwert EW-CSB110 verwendet. Dieser Einwohnerwert errechnet sich aus den mittleren CSB Tageszulauffrachten dividiert durch die tägliche Schmutzfracht von 110 g CSB je.

Für alle Anlagen größer 20.000 EW-Ausbau kann gesagt werden, dass mit Betriebskosten zwischen 13 und 19 Euro/EW-CSB110*a gerechnet werden kann. Der Median beträgt dabei 16 Euro/ EW-CSB110.

4.1 Analyse der Betriebskosten nach Kostenarten

Die Betriebskosten werden sowohl von der Gesamtanlage als auch je Prozess in Kostenarten unterschieden.

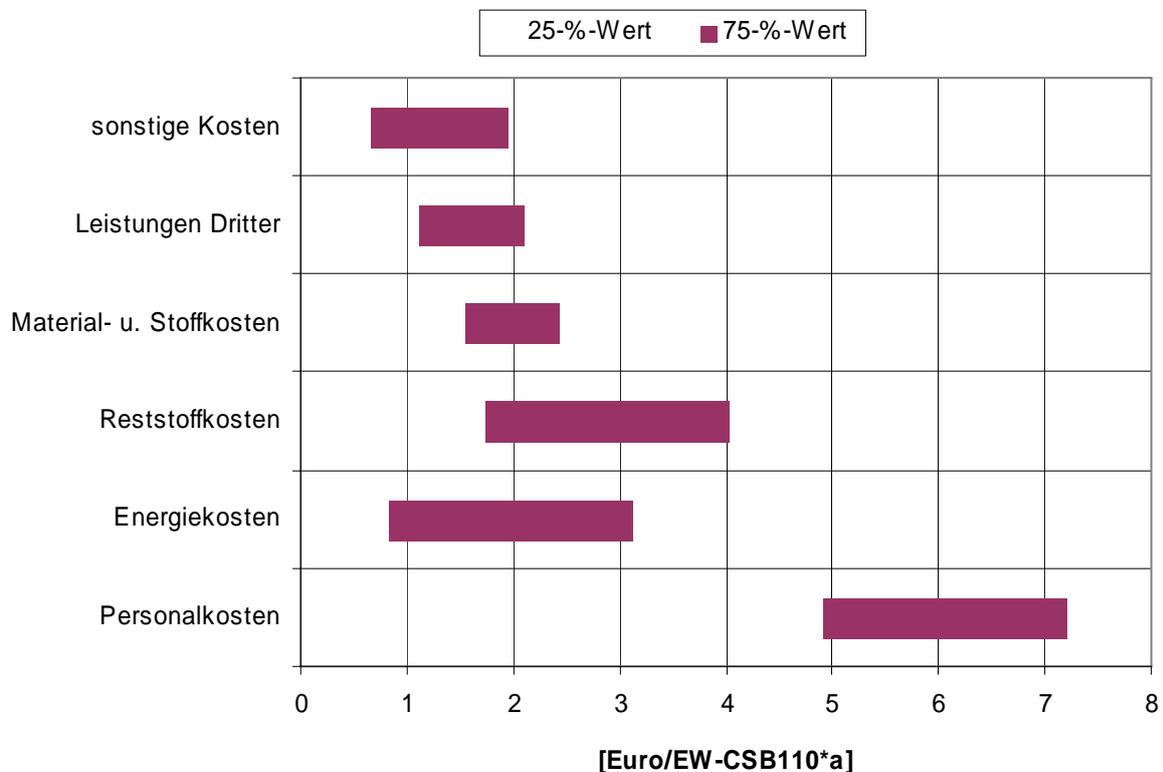


Abbildung 6: 25- bis 75%-Wert der Kostenarten der untersuchten Kläranlagen

Abbildung 6 und Abbildung 7 zeigen die Verteilung der Betriebskosten der Kläranlage auf die Kostenarten. Die wesentlichste Aussage ist, dass die Personalkosten mit ca. 40 Prozent oder 5 bis 7 Euro/EW-CSB110*a den wesentlichsten Kostenfaktor darstellen. Wertet man den Personalkostenanteil für die sechs Anlagen größer 100.000 EW-Ausbau aus, so zeigt sich mit 35 % Personalkosten ein nur geringfügiger Unterschied zur Gesamtgruppe.

Den zweiten wesentlichen Kostenfaktor mit 17 Prozent der Gesamtbetriebskosten stellen die Entsorgungskosten dar. Die Entsorgungskosten werden von den Schlamm Entsorgungskosten dominiert, worauf in Kapitel 4.2.2 noch näher eingegangen wird. Die 25- und 75-%-Werte der Reststoff Entsorgungskosten liegen bei 1,8 und 4 Euro/EW-CSB110*a und weisen somit einen ähnlich weiten Schwankungsbereich auf wie die Personalkosten. Material und Stoffkosten, Energiekosten und Leistungen Dritter haben etwa gleichen Stellenwert, wobei auffällig ist, dass die Energiekosten eine ähnlich breite Streuung vom 25- zum 75-%-Wert aufweisen wie die Schlamm Entsorgungskosten und Personalkosten.

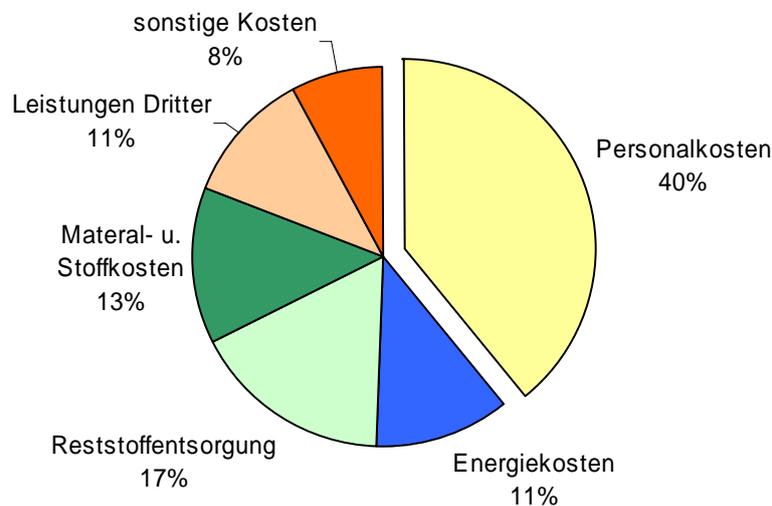


Abbildung 7: Prozentuelle Verteilung der Gesamtbetriebskosten auf die Kostenarten

Die breite Streuung der Reststoff Entsorgungskosten ist aufgrund der sehr unterschiedlichen Entsorgungsmöglichkeiten leicht nachvollziehbar. Die Streuung der Energiekosten hängen damit zusammen, dass die Energiekosten aus dem Energieverbrauch, dem Anteil an Eigenstromerzeugung und dem Bezugspreis je Kilowattstunde resultieren. In Abhängigkeit von diesen drei Komponenten ergeben sich offensichtlich sehr unterschiedliche Energiekosten.

Überraschend ist die breite Streuung der belastungsspezifischen Personalkosten nur auf den ersten Blick. Personalkosten sind von der Belastung weitgehend unabhängig, sondern hängen vielmehr von der Ausbaugröße ab. In Abbildung 8 wurden daher die Personalkosten der Ausbaugröße der Kläranlagen gegenübergestellt. Für die grafische Darstellung wurden vier Extremwerte – zwei aufgrund der Ausbaugröße und zwei aufgrund der stark abweichenden

Kosten –ausgeschieden, womit der grau gekennzeichnete Bereich Werte von 22 Kläranlagen umschließt. Wie die Abbildung 8 grafisch zeigt und das berechnete Bestimmtheitsmaß von 0,92 ausdrückt, besteht eine hohe Korrelation zwischen Ausbaugröße und Personalkosten.

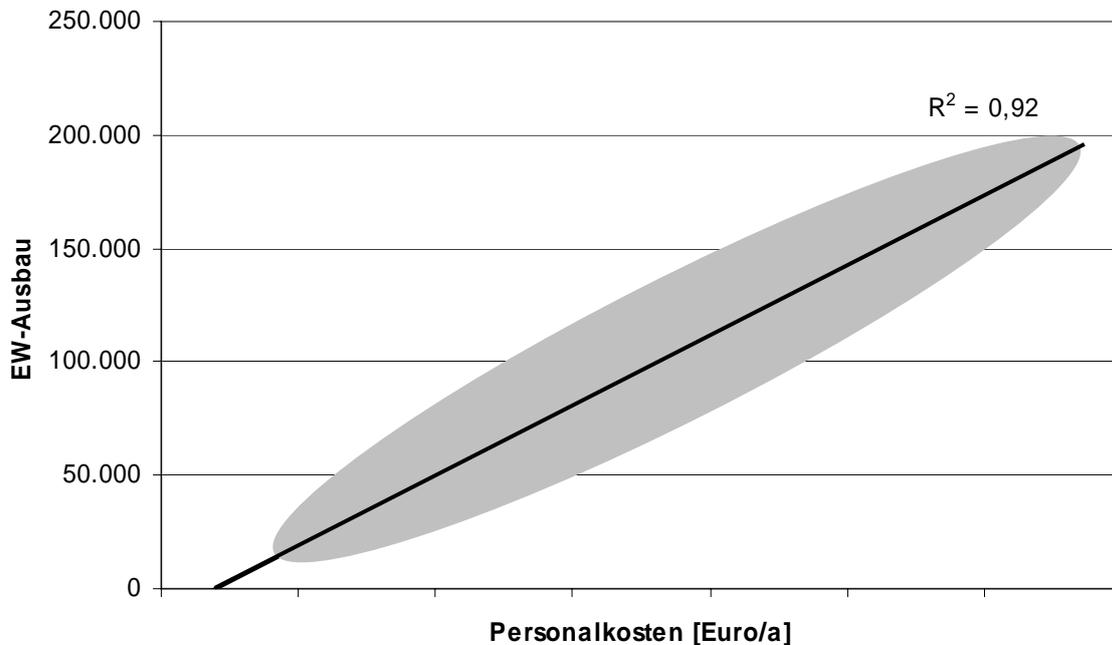


Abbildung 8: Korrelation der Ausbaugröße mit den Personalkosten

Ungeachtet dieser Problematik ist es aus Sicht des Autors richtig, die Betriebskosten und auch die Jahreskosten auf eine durchschnittliche Schmutzfracht zu beziehen. Dies nicht zuletzt deshalb, da die anfallenden Kosten auf die angeschlossenen Einwohnerwerte und damit auf die anfallende Schmutzfracht aufgeteilt werden müssen.

Dies bedeutet automatisch, dass gering ausgelastete Kläranlagen mit höheren belastungsspezifischen Kosten rechnen müssen. Dies wird durch den in Abbildung 9 dargestellten Zusammenhang von Auslastung und spez. Betriebskosten deutlich veranschaulicht. Der graue Bereich umschließt 25 der insgesamt 26 untersuchten Anlagen. Sehr niedrige spezifische Betriebskosten von unter 10 Euro/EW-CSB110*a wurden nur von Anlagen erreicht, die zu mindestens 80 Prozent ausgelastet sind.

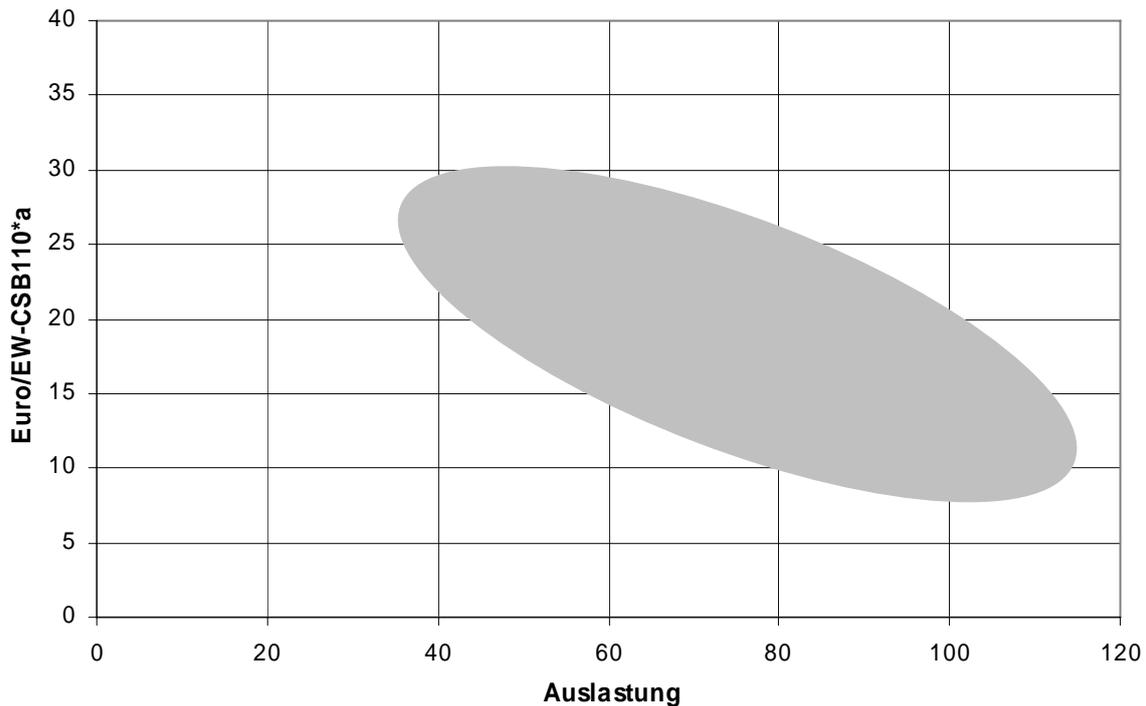


Abbildung 9: Zusammenhang von Auslastung und Gesamtbetriebskosten

Die Auslastung wurde dabei derart berechnet, dass das 85-%-Perzentil der CSB-Jahresfracht des Untersuchungsjahres zur CSB-Bemessungsfracht ins Verhältnis gesetzt und in Prozent ausgedrückt wurde (Lindtner et al 2003).

4.2 Analyse der Betriebskosten nach Kostenstellen

Die Gesamtbetriebskosten der Kläranlage werden einerseits in die beschriebenen Kostenarten und andererseits in Kostenstellen untergliedert. Die Kosten jedes technischen Prozesses sowie die beschriebenen Hilfsprozesse werden auf eine Kostenstelle zusammengefasst. Für Kläranlagen > 20.000 EW-Ausbau wird beim Benchmarking ein Prozessmodell mit vier Hauptprozessen und zwei Hilfsprozessen verwendet. Der folgenden Abbildung 10 können die 25- bis 75-%-Werte der sechs Hauptprozesse entnommen werden. Die Abbildung zeigt, dass neben der *mechanisch biologische Abwasserreinigung* und der *weitergehenden Schlammbehandlung* auch die *obligatorischen Hilfsprozesse* (=Labor, Verwaltung, Infrastruktur) einen wesentlichen Kostenfaktor darstellen.

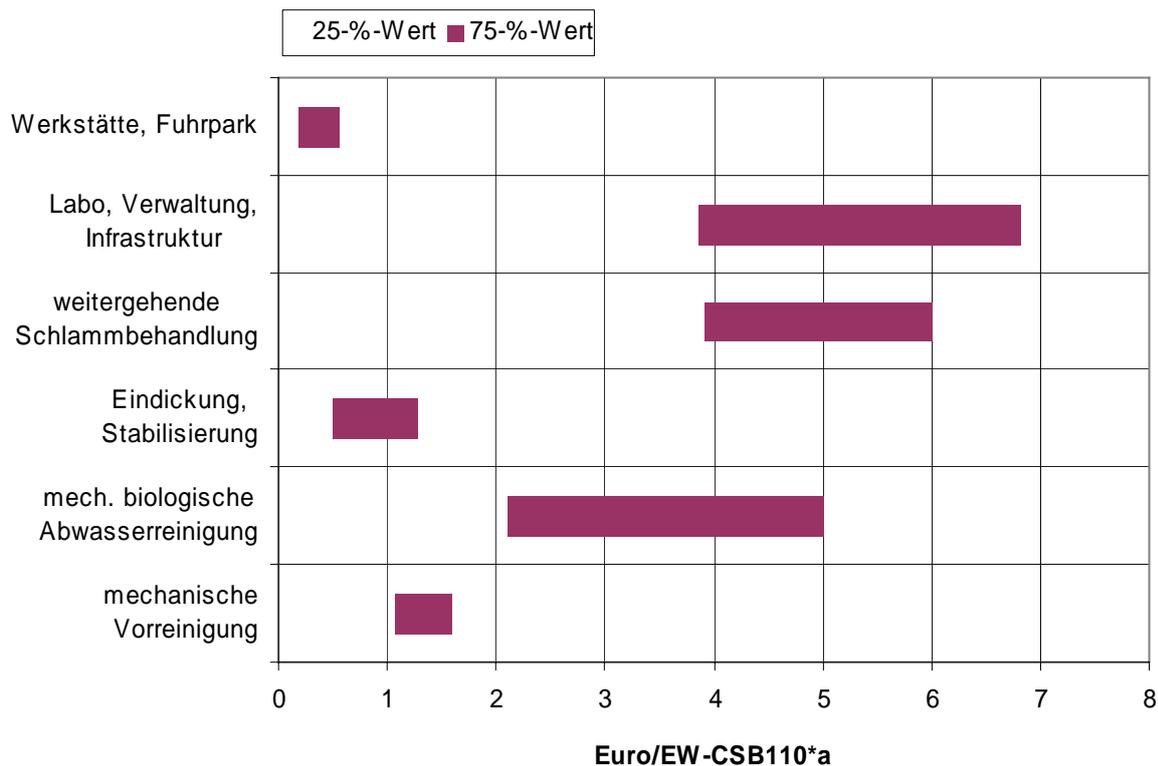


Abbildung 10: 25- bis 75%-Wert der sechs Prozesse der untersuchten Kläranlagen

Interessant dabei ist auch, dass sowohl bei der *mechanisch biologischen Abwasserreinigung*, als auch bei den *obligatorischen Hilfsprozessen* der 25- und 75%-Wert um ca. 3 Euro/EW-CSB110*a auseinander liegen. Die Streuung der spez. Kosten im Prozess *weitergehende Schlammbehandlung* kann mit deutlich unterschiedlichen Entsorgungsmöglichkeiten für den Klärschlamm begründet werden. Die 25- und 75%-Werte der anderen drei Prozesse spielen, sowohl von der Höhe der spez. Kosten als auch in Hinblick auf deren Relevanz für die Gesamtbetriebskosten, eine untergeordnete Rolle. In den folgenden drei Unterkapiteln werden daher die Kostenarten der Prozesse *mechanisch biologischen Abwasserreinigung* und *weitergehende Schlammbehandlung* sowie die Kosten von *Labor, Verwaltung* und *Infrastruktur* im Detail dargestellt.

4.2.1 Betriebskosten der mechanisch biologischen Abwasserreinigung

Abbildung 11 zeigt, dass sich die Kosten der mechanisch biologischen Abwasserreinigung mit jeweils ca. 30 Prozent auf Personal-, Energie- sowie

Material und Stoffkosten verteilen. Den Rest machen Leistungen Dritter und sonstige Kosten aus.

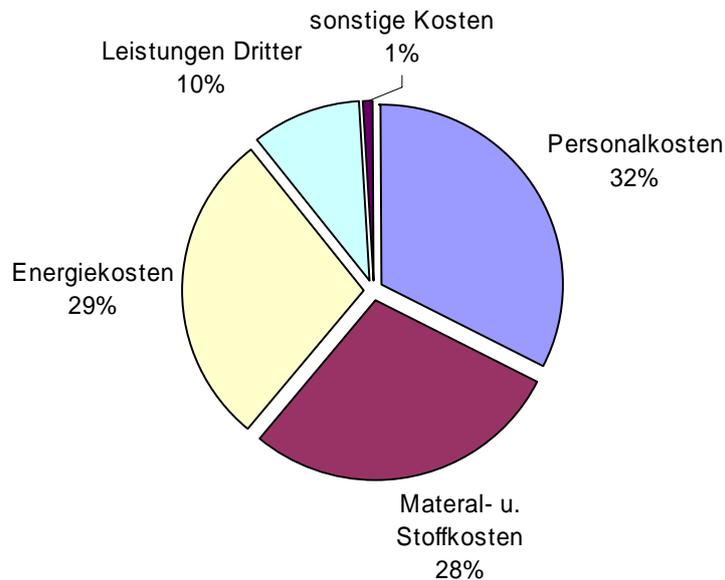


Abbildung 11: Prozentuelle Verteilung der Betriebskosten der mechanisch biologischen Reinigung auf die Kostenarten.

Die **Personalkosten** der Gesamtanlage wurden im Kapitel 4.1 bereits ausführlich behandelt. Die Aufteilung der Gesamtpersonalkosten erfolgt über einen Schlüssel, der anhand der Stundenaufzeichnung ermittelt wird.

Die **Material- und Stoffkosten** der mechanisch biologischen Abwasserreinigung sind zu einem überwiegenden Anteil durch Chemikalienkosten zur Phosphorfällung bestimmt. Moderne Kläranlagen der untersuchten Größenklassen haben in Österreich einen Phosphorgrenzwert von 1 mg/l bzw. 0,5 mg/l - beispielsweise in Seeneinzugsgebieten. Aus theoretischen Überlegungen würde man eine deutliche Korrelation zwischen Chemikalienkosten des Prozesses 2 mit der Phosphorablaufkonzentration erwarten. In Abbildung 12 wurden daher die Chemikalienkosten der untersuchten Anlagen den Phosphorablaufkonzentrationen gegenüber gestellt und zwei grau hinterlegte Bereiche gebildet, die die Werte von einerseits 18 Anlagen und andererseits 3 Anlagen umfassen. Vier Anlagen wurden für diese

Darstellung aufgrund des sehr weiten P/CSB-Verhältnisses ausgeschieden, da diese Anlagen keine oder nur sehr geringe Phosphorfällung erfordern. Der Bereich, der die Werte von 18 Anlagen umfasst, reicht von Ablaufkonzentrationen von 0,35 bis 0,92 mgP/l und weist dabei Kosten zwischen 0,1 und 1,25 Euro/EW-CSB110*a auf.

Die Abbildung zeigt, der zweite graue Bereich, der die Werte von weiteren drei Anlagen umfasst, verstärkt dieses Bild, dass es keinen Zusammenhang von Chemikalienkosten und Phosphor-Ablaufkonzentration gibt. Eine mögliche Erklärung dafür ist, dass der Unterschied in den Fällmittelkosten deutlich stärker auf die spezifischen Kosten durchschlägt als die geforderte und erreichte Phosphor Ablaufkonzentration.

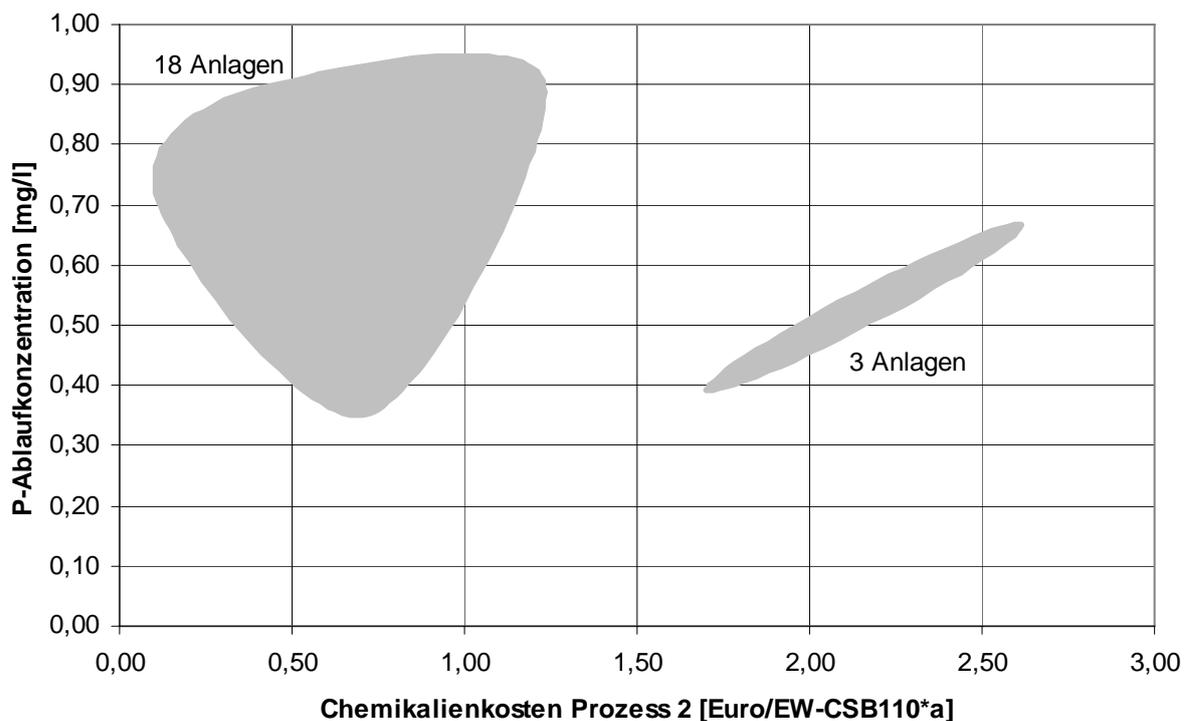


Abbildung 12: Gegenüberstellung von Chemikalienkosten und P-Ablaufkonzentration

Die **Energiekosten** des Prozesses 2 (= mechanisch biologischen Abwasserreinigung) werden von folgenden Faktoren beeinflusst:

- Energieverbrauch des Prozesses 2

- Belüftungsenergie
- Umwälzenergie
- Pumpenergie
- Eigenstromerzeugung
- Bezugspreis je Kilowattstunde

Aufgrund theoretischer Überlegungen würde man bei Anlagen mit höherer Stickstoffentfernung, aufgrund der Energieersparnis durch vermehrte Denitrifikation, mit tendenziell niedrigerem Energieverbrauch rechnen. In Abbildung 13 wurde der spez. Energieverbrauch der Anlagen mit Druckbelüftung in kWh/kg CSBzu der Stickstoffentfernung gegenüber gestellt. Als Datengrundlage wurden ausschließlich Kläranlagen mit Faulung und Druckbelüftung herangezogen, wodurch sich eine Datenbasis von 17 Kläranlagen ergibt, wovon 16 Anlagen innerhalb des grau gekennzeichneten Bereiches liegen.

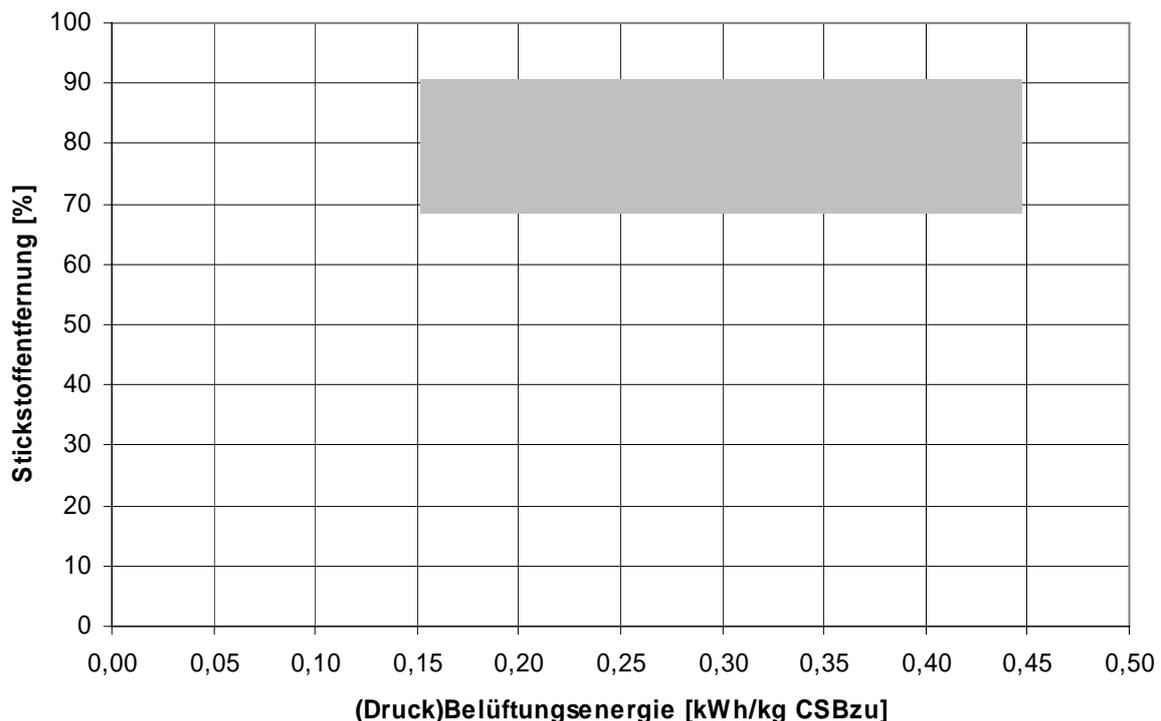


Abbildung 13: Gegenüberstellung von Belüftungsenergie und Stickstoffentfernung

Abbildung 13 zeigt, dass sich bei den untersuchten Kläranlagen kein Zusammenhang von Stickstoffentfernung und Energieverbrauch für das Belüftungssystem feststellen lässt. Dies ist umso erstaunlicher, da die Anlage

mit höchstem Belüftungsenergieverbrauch dreimal mehr Energie benötigt als jene mit niedrigstem Energieverbrauch. Interessant ist auch, dass der Anteil der Belüftungsenergie am Energieverbrauch des Prozesses 2 (= Belüftung + Rührenergie + Pumpenergie) zwischen 50 und 70 % ausmacht.

Der 25- und 75%-Wert der Eigenstromerzeugung in Prozent der verbrauchten Energie liegt bei Kläranlagen mit BHKW bei 30 bzw. 60 Prozent.

Die geringste Streuung weisen die durchschnittlichen Bezugskosten von 0,08 bis 0,1 Euro/kWh auf, wobei hier ebenfalls wieder die 25- zum 75%-Werte der Untersuchten Anlagen angegeben wurden.

4.2.2 Betriebskosten der weitergehenden Schlammbehandlung

Die prozentuelle Verteilung der Kostenarten der weitergehenden Schlammbehandlung zeigt einmal mehr, dass dieser Prozess mit 63 Prozent von den Klärschlamm Entsorgungskosten dominiert wird.

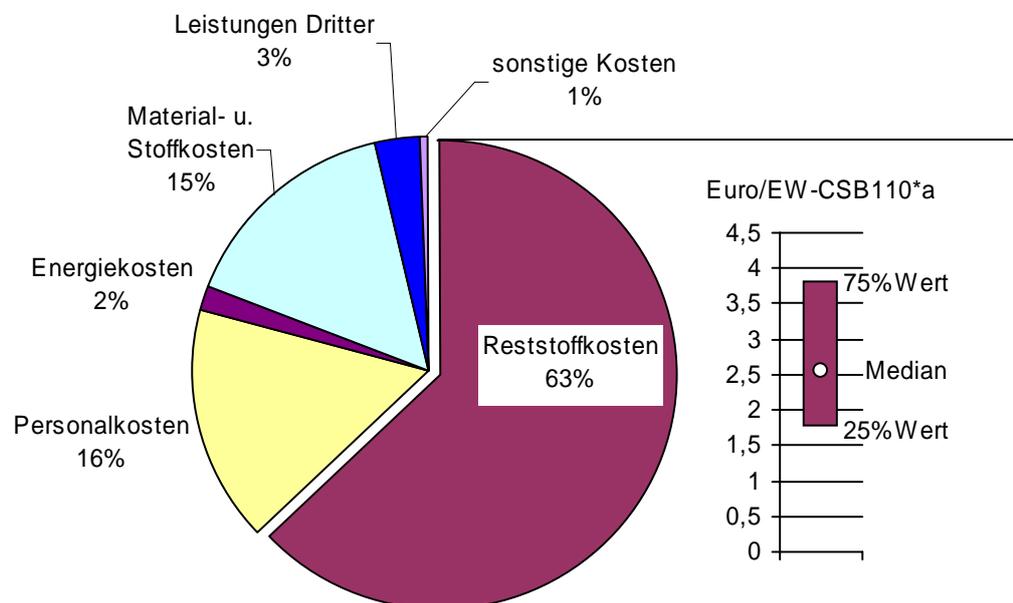


Abbildung 14: Verteilung der weitergehenden Schlammbehandlungskosten

Die spezifischen Kosten der Klärschlamm Entsorgung mit einem Median von 2,5 Euro/EW-CSB 110 stellen in Bezug auf die Betriebskosten die relevanteste

Einzelposition der Kostenarten der Prozesse dar. Die Differenz von 2 Euro/EW-CSB110*a zwischen 25- und 75%-Werte sind mit den Unterschieden aufgrund standörtlicher Klärschlammmentsorgungsmöglichkeiten erklärbar.

4.2.3 Betriebskosten der obligatorischen Hilfsprozesse

Da die spezifischen Kosten der obligatorischen Hilfsprozesse sowohl in der Höhe als auch aufgrund der Differenz von 3 Euro/EW-CSB110*a zwischen 25- und 75%-Wert von Interesse sind, wurden die Kosten von Labor, Verwaltung und Infrastruktur bei den gen 10 Kläranlagen > 50.000 EW-Ausbau im Detail erfasst und in Abbildung 15 grafisch dargestellt.

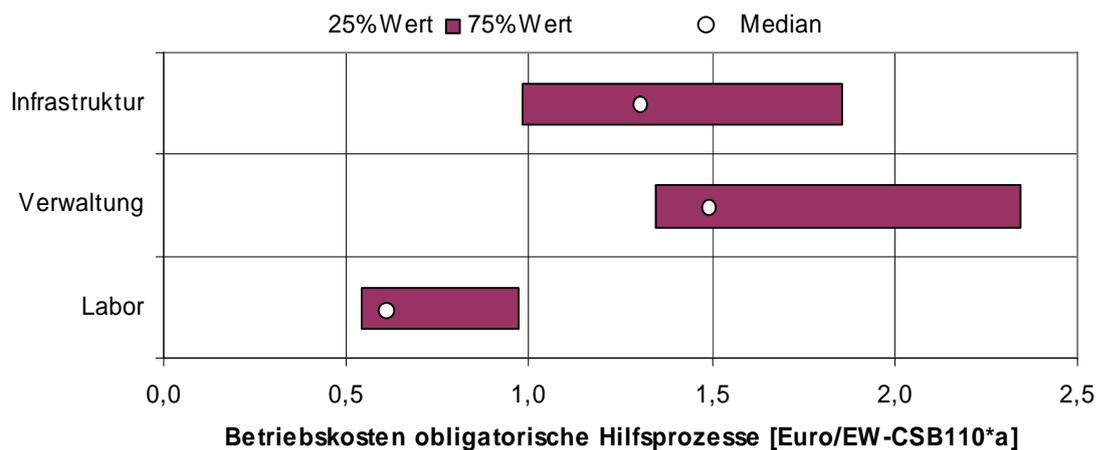


Abbildung 15: Verteilung der weitergehenden Schlammbehandlungskosten

Da die obligatorischen Hilfsprozesse vorwiegend durch Personalkosten verursacht werden, ergibt sich vor allem bei den Verwaltungskosten ein weiter Bereich zwischen 25- und 75%-Wert aufgrund der unterschiedlichen Auslastung. Sinngemäß gelten für die obligatorischen Hilfsprozesse die gleichen Diskussionspunkte wie sie in Kapitel 4.1 für die Personalkosten angestellt wurden. Aufgrund der Ergebnisse und der Bedeutung für die Gesamtbetriebskosten wird auch für Anlagen > 20.000 EW-Ausbau eine Aufgliederung der Kosten in Labor, Verwaltung und Infrastruktur empfohlen.

5 Zusammenfassung

Moderne Kläranlagen werden als Anlagen definiert, die Abwasser nach dem Stand der Technik reinigen können, wobei die Anforderungen der 1. Abwasseremissionsverordnung für kommunales Abwasser als Richtlinie unterstellt werden. Moderne Kläranlagen können grundsätzlich aufgrund der Verfahrensführung in die vier Prozesse *mechanische Vorreinigung, mechanisch-biologische Reinigung, Schlammeindickung und Stabilisierung* und *weitergehende Schlammbehandlung* untergliedert werden. Für Anlagen größer 100.000 EW-Ausbau empfiehlt sich eine weitere Untergliederung, bei kleineren Anlagen können beispielsweise die biologische Abwasserreinigung und die Schlammstabilisierung zu einem Verfahrensschritt und somit Prozesse verschmelzen.

Die prozessorientierte Kostenrechnung stellt die Basis einer detaillierten Kostenanalyse dar. Dabei werden die Kosten einerseits den Kostenstellen, die den Prozessen entsprechen, zugeordnet, und andererseits je Kostenstelle in so genannten Kostenarten untergliedert. Neben den Kostenstellen, die die einzelnen Verfahrensschritte abbilden, müssen noch Hilfskostenstellen eingerichtet werden. Bei den Hilfsprozessen handelt es sich um Prozesse, die nicht direkt dem betrieblichen Ablauf zugeordnet werden können, sondern für diesen Leistungen, „quer“ über den gesamten Bereich der Abwasserreinigungs-anlage, erbringen. Auf Basis einer klar definierten Matrix von Kostenstellen und Kostenarten können die Kosten einer Kläranlage analysiert und von mehreren Anlagen miteinander verglichen werden.

Die Auswertung der Betriebskosten von 26 Kläranlagen, die einerseits als moderne Kläranlagen bezeichnet werden können, und deren Kosten andererseits in einer einheitlich definierten prozessorientierte Kostenrechnung abgebildet sind, ermöglicht Aussagen über die Kostenrelevanz einzelner Prozesse und Kostenarten.

Bei den Kostenarten sind die Personalkosten für durchschnittlich 40 % der Betriebskosten verantwortlich. Es kann gezeigt werden, dass ein klarer Zusammenhang zwischen Personalkosten und Ausbaugröße der Anlage besteht. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass gering ausgelastete Kläranlagen zwingend mit höheren spez. Personalkosten rechnen müssen. Neben den Personalkosten

stellen die Reststoffentsorgungskosten mit 19 % der Betriebskosten die zweite wesentliche Kostenart dar.

Eine Auswertung auf Basis der Kostenstellen bzw. Prozesse zeigt, dass die Prozesse *mechanisch biologische Abwasserreinigung*, die *weitergehende Schlammbehandlung* und der Hilfsprozess *Labor/Verwaltung/Infrastruktur* besonders kostenrelevant sind.

Für die Kosten der *mechanisch biologischen Abwassereinigung*, die als 25- und 75%-Wert der Vergleichsgruppe ausgedrückt zwischen 2 und 5 Euro/EW-CSB110*a liegen sind jeweils zu ca. 30 Prozent die Personal-, Energie- sowie Material und Stoffkosten verantwortlich. Wie auch schon beim Benchmarking-Forschungsprojekt (Kroiß et al. 2001) kann kein Zusammenhang zwischen Kosten und Reinigungsleistung nachgewiesen werden. Konkret wurde weder eine Korrelation zwischen der Phosphor-Ablaufkonzentration und den Fällmittelkosten noch zwischen dem Energieverbrauch für Belüftung und Stickstoffentfernung gefunden.

Prozess 4 (*weitergehende Schlammbehandlung*) ist mit 63 % der Prozesskosten durch die Reststoffentsorgung dominiert. Die Kosten dafür liegen zwischen 1,8 und 3,8 Euro/EW-CSB110*a, ebenfalls als 25- und 75%-Wert ausgedrückt.

Die als *obligatorischer Hilfsprozess* zusammengefassten Kosten für Verwaltung, Labor und Infrastruktur erreichen mit 6,8 Euro/EW-CSB110*a den höchsten 75%-Wert aller Prozesse. Der 25%-Wert dieses Hilfsprozesses liegt bei 3,8 Euro/EW-CSB110*a, was eine breite Streuung von 3 Euro/EW-CSB110*a zwischen 25%-Wert und 75%-Wert deutlich macht. Da die Kosten dieses Prozesses unabhängig von der mittleren Belastung anfallen, spielt bei den spez. Kosten dieses Prozesses die Auslastung eine zentrale Rolle. Diese Streuung der Prozesskosten ist daher unter anderem auch auf eine unterschiedliche Kläranlagenauslastung zurückzuführen.

6 Literatur

- BOGENSBERGER, M., HABICH, J. und MURNIG, F. (2002): *Kosten und Leistungsrechnung als Benchmarking Grundlage* in Benchmarking in der Abwasserentsorgung, Wiener Mitteilungen Wasser - Abwasser-Gewässer, Band 176. Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft der Technischen Universität Wien.
- BUNDESGESETZBLATT (1996): *1. Abwasseremissionsverordnung für kommunales Abwasser*. 210. Verordnung, Wien.
- GABLER (1997): *Wirtschaftslexikon*. 14. Auflage, Gabler, Wiesbaden.
- HABICH, J. (2003): *mündliche Mitteilung*.
- KROISS, H., HABERL, R., BOGENSBERGER, M., NOWAK, O., ERTL, T., HABICH, J., LINDTNER, S., STARKL, M., MURNIG, F. und SLEYTR, K. (2001): *Benchmarking in der Siedlungswasserwirtschaft - Erfassung und Vergleich von technischen und wirtschaftlichen Kennzahlen in der Siedlungswasserwirtschaft*, Ministerium für Land- und Fortswirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft, www.lebensministerium.at/publikationen, Wien.
- LINDTNER, S. (2003): *Entwicklung einer Methode für den technisch wirtschaftlichen Vergleich von Abwasserreinigungsanlagen als Grundlage einer Kostenoptimierung*, Dissertation, Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft der TU-Wien
- LINDTNER, S., SVARDAL, K. und NOWAK, O. (2003): *Definition der Begriffe "Belastung" und "Auslastung"* in Fortbildungsseminar Abwasserentsorgung, Wiener Mitteilungen Wasser - Abwasser-Gewässer, Band 183, Seiten 389-402. Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft der TU-Wien.

Korrespondenz an:

Stefan Lindtner
Ingenieurbüro kaltesklareswasser
1020 Wien, Obere Augartenstrasse 18/10/32

01/3339081
lindtner@k2w.at

Betriebserfahrungen moderner Kläranlagen

Kläranlage Saalfelden

2-stufige Belebungsanlage – HYBRID-Verfahren

Teil 1: Projekt – planerische Aspekte

Dipl.Ing. Wolfgang GEYER

Büro Dr. Lengyel ZT GmbH

Kurzfassung: Die Kläranlage Saalfelden, ausgelegt auf 50.000 EW ist seit 1986 in Betrieb. Durch Anschluss neuer Bereiche und damit verbundener Belastungssteigerungen auf 80.000 EW und wegen der erhöhten Anforderungen aufgrund der WRG-Novelle war eine Erweiterung und Anpassung der Kläranlage an den Stand der Technik erforderlich. Diese Anpassung wurde in zwei Stufen durchgeführt. Die erste Stufe umfaßte vorab technische Adaptierungen im Bereich der Wasser- und Schlammlinie ohne Erweiterung und wurde 1997 abgeschlossen. Die zweite Ausbaustufe wurde von 1999 bis 2001 realisiert. Die Anpassung und der Ausbau der biologischen Stufe für 80.000 EW wurde nach dem zweistufigen Hybrid-Verfahren durchgeführt, wobei der ursprüngliche Bestand die Stufe 1 bildet und eine zusätzliche Belebungsstufe als Stufe 2 errichtet wurde. Die Abwasserverhältnisse sind charakterisiert durch saisonale Winterfremdenverkehrsspitzen, durch Einleitungen einer Molkerei und durch Abkühlung bei Schmelzwasserzutritt.

Keywords: Kläranlagenerweiterung – Kläranlagenanpassung - zweistufige Biologie – HYBRID-Verfahren – Wintersaisonspitze.

1 Einleitung - Randbedingungen

1.1 Bauherr - RHV Pinzgauer Saalachtal

Bauherr ist der Reinhaltverband Pinzgauer Saalachtal mit Sitz in Saalfelden, Salzburg. Diesem gehören die Gemeinden Saalfelden, Maishofen, Maria Alm, Leogang, Weißbach, St. Martin, Lofer und Unken an. Über zwei Kläranlagen in Saalfelden und in Unken wird das Abwasser der Mitgliedsgemeinden gereinigt.

Obmann ist Bgm. Günter Schied aus Saalfelden. Die Geschäftsführung erfolgte während der Bauphase durch GF Matthias Dum.

1.2 Erfordernis zum Kläranlagenausbau

Die bestehende Kläranlage Saalfelden diente seit Mitte der Achtzigerjahre zur Abwasserreinigung aus dem oberen Verbandsgebiet, der Region um Saalfelden mit Einleitungen aus den Gemeinden Saalfelden, Maishofen, Maria Alm und Leogang. Aufgrund der Belastungsentwicklung und vor allem wegen der stark gestiegenen Anforderungen an die Reinigungsleistung einer Kläranlage – mit weitgehender Entfernung von Stickstoff und Phosphor aus dem Abwasser – reichte die Kläranlage nicht mehr aus, um die nunmehrigen Anforderungen abzudecken. Es war daher eine kapazitätsmäßige Erweiterung und eine qualitative Verbesserung der Abwasserreinigungsanlage erforderlich.

Die Kapazität wurde dabei von 50.000 EW (Einwohnerwerte) auf 80.000 EW erhöht. Entsprechend der Wasserrechtsgesetznovelle 1991 und der dazugehörigen Verordnungen ist nunmehr eine weitgehende Entfernung der Nährstoffe Stickstoff und Phosphor aus dem Abwasser erforderlich. Um dies zu bewerkstelligen waren wesentliche verfahrenstechnische Erweiterungen und Vergrößerungen der Kläranlage erforderlich.

1.3 Projektsentwicklung

Im Jahr 1994 wurde das generelle Projekt der Erweiterung der bestehenden Verbandskläranlage grundsätzlich wasserrechtlich genehmigt; einschließlich einer Aufstockung auf 80.000 EW. Mit Bescheid von 1997 erfolgte die wasserrechtliche Detailgenehmigung für das „Projekt 1996“.

Die 1. Ausbaustufe des Projektes, mit Anpassungen im Bereich der mechanischen Stufe, der bestehenden biologischen Stufe (Rührwerke im Belebungsbecken, Adaptierung des Belüftungssystems, E-Gebläse anstelle der Gasmotor-Gebläse-Kombinationen), der Schlammbehandlung (Adaptierungen bei der Faulanlage; Faulraumischer), der Errichtung zweier Blockheizkraftwerke und einer Fällmittelstation wurde im wesentlichen in den Jahren 1995 bis 1997 realisiert und in Betrieb genommen.

Für die zweite Ausbaustufe mit Anpassung an den Stand der Technik, wobei eine zweistufige Biologie nach dem HYBRID-Verfahren zu errichten ist, war ein Baubeginn 1998 vorgesehen; Dieser konnte aufgrund diverser Verzögerungen nicht eingehalten werden.

Als Fertigstellungstermin für die funktionsfähige Anlage war laut Bescheid der 31.12.2001 vorgegeben.

1.4 Ausführung 2. Ausbaustufe - Detailplanung – Projekt 1999

Im November 1998 wurde die „**Planungsgemeinschaft ARA Saalfelden**“, bestehend aus der Büro Dr. Lengyel ZT GmbH, Wien und dem Büro Dipl.Ing. Kaiser, Saalfelden in Zusammenarbeit mit ETS – C. Salzmann mit den weiteren Planungsarbeiten zur Realisierung des Kläranlagenprojektes beauftragt.

Von der Planungsgemeinschaft wurde daraufhin die Detailplanung – das Projekt 1999 – der eigentlichen Kläranlagenerweiterung ausgeführt. Gegenüber dem ursprünglichen Projekt erfolgten deutliche Änderungen und Adaptierung, wobei grundsätzlich bei der Ausführung das eingereichte und wasserrechtlich genehmigte Verfahren bei der biologischen Reinigung angewendet wurde. Parallel dazu erfolgten die Ausschreibungsarbeiten.

Die Kläranlage wurde nach dem patentierten "HYBRID-Verfahren" /1/, Verfahrensgeber VATech-WABAG AG und Univ.-Prof. DI Dr. Matsché, im geplant. Über das genehmigte Projekt hinaus waren Adaptierungen bzw. Änderungen im Bereich der Belebungsanlage erforderlich. Die Änderungen beziehen sich auf die lagemäßige Anordnung, die Ausgestaltung der Becken (Wassertiefen, rechteckige Nachklärbecken), die Führung der Wasser- und Schlammkreisläufe und auf zusätzliche Betriebsmöglichkeiten. Weiters waren noch Adaptierungen im Bereich der mechanischen Stufe und der Schlammbehandlung, sowie die Planung für das Betriebsgebäude und des Kanalerhaltungsstützpunktes zu berücksichtigen.

1.5 Abwassercharakteristik

Die Kläranlage Saalfelden unterliegt von der Belastung her aufgrund des Fremdenverkehrs deutlichen Schwankungen. Die mittleren Schmutzfrachten entsprechen etwa 45.000 bis 60.000 EW. Insbesondere im Winter kommt es kurzfristig

und stoßartig zu Belastungsspitzen mit einer maßgeblichen Belastung von rund 80.000 EW. Einzelne Tageswerte liegen merklich höher. Die Fremdenverkehrsspitzen sind auch im Sommer deutlich ausgeprägt, was sich jedoch aufgrund der höheren Temperatur nicht als maßgebender Lastfall auswirkt.

Neben dem Fremdenverkehr ist das Abwasser seit Herbst 2000 durch die Einleitung der Abwässer aus der Molkerei Maishofen geprägt. Insgesamt bedeutet das eine wesentlich höhere Grundbelastung mit Spitzen und auch ein weiteres C:N Verhältnis.

Als zusätzlicher wesentlicher Faktor ist die Abwassertemperatur zu betrachten. Wie in vielen vergleichbaren Einzugsgebieten liegen die Zulauftemperaturen auch in der kalten Jahreszeit, bedingt durch die höheren Belastungen relativ hoch in einem Bereich von 9 bis 12°C. Bei Tauwetter sinken jedoch durch eintretendes Schmelzwasser die Zulauftemperaturen erheblich ab, was zu Ablauftemperaturen bis unter 6°C führt. Gleichzeitig kommt es zu einer Verdünnung der Konzentrationen.

2 ARA Saalfelden – Übersicht Bestand und Erweiterung

In der Abbildung 1 ist ein Lageplan der erweiterten Kläranlage dargestellt.

2.1 Bestehende Kläranlage

Die Verbandskläranlage Saalfelden wurde 1986 in Betrieb genommen. Die Anlage war als mechanisch-biologische Kläranlage mit Schlammfäulung und Biogasgewinnung und -nutzung konzipiert. Entsprechend der damaligen Belastungssituation wurde die Anlage für die Reinigung von 50.000 EW ausgelegt.

Im Rahmen der gesamten Kläranlagenerweiterung wurden bereits in einer ersten Stufe in den Jahren 1995 bis 1997 Adaptierungen an der bestehenden Anlage vorgenommen.

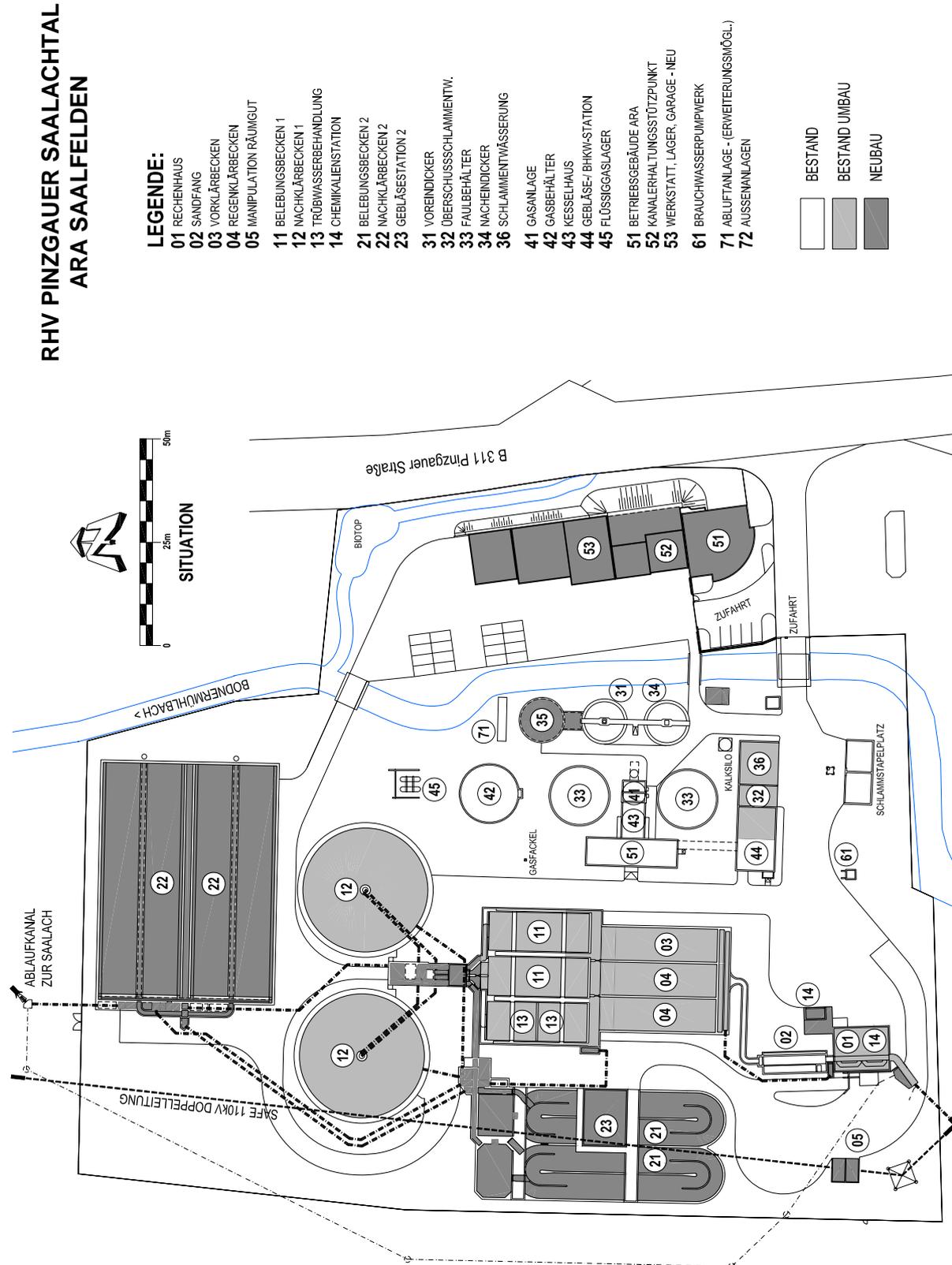


Abbildung 1: Lageplan ARA Saalfelden – Erweiterung Projekt 1999 - Bestand 2000

Mit Ende 1998 bestand die Anlage im Wesentlichen aus:

- mechanischer Stufe mit Rechenhaus, Sandfang und 3 Vorklärbecken,
- biologischer Stufe mit 3 Belebungsbecken und 2 runden Nachklärbecken,
- Schlammbehandlung mit Eindickern, 2 beheizten Faulbehältern zur anaeroben Schlammstabilisierung, einer Schlammmentwässerung und einer Schlammzwischenlagerung,
- Biogasgewinnung aus den Faulbehältern, Gasspeicherung im Gasbehälter und Gasverwertung in 2 Blockheizkraftwerken mit Strom- und Wärmenutzung,
- erforderlichen infrastrukturellen Einrichtungen und einem Betriebsgebäude

2.2 Kläranlagenerweiterung - Projekt 1999

Als wesentlicher Teil der Erweiterung wurde die biologische Reinigung in eine zweistufige Anlage nach dem patentierten "HYBRID-Verfahren" umgebaut, wobei die zweite Stufe komplett neu errichtet wurde.

An neuen zusätzlichen Objekten wurden errichtet:

- neue Belebungsbecken der 2. Stufe mit Gebläsehaus
- neue Nachklärbecken der 2. Stufe
- zusätzlicher Eindicker/Schlammstapel
- Betriebsgebäude für Kläranlage und Kanalerhaltungsdienst

Zusätzlich wurden bestehende Anlagenteile erweitert und umgebaut:

- Erweiterung Rechenanlage mit zweitem Rechen
- Übernahmestation für Kanalräumgut
- Fällmittellösestation
- Ein Vorklärbecken künftig als Regenbecken verwendet
- Umbau der bestehenden Biologie; künftig 1. Stufe
- Neue Überschussschlammmentwässerungsanlage
- Neue Schlammmentwässerungsanlage
- Drittes Blockheizkraftwerk zur Strom- und Wärmeerzeugung aus Biogas

3 Detailprojekt 1999 – Verfahrenstechnik

3.1 zweistufige Belebungsanlage nach dem HYBRID-Verfahren

Nach dem bereits 1997 wasserrechtlich genehmigten Projekt erfolgt die Erweiterung der biologischen Reinigung nach dem patentierten "HYBRID-Verfahren" /1/, das von den Verfahrensgeber Univ.-Prof. DI Dr. Norbert Matsché und die VATech-WABAG AG (Nachfolger von Austrian Energy and Environment SGP/Waagner Biro GmbH) entwickelt wurde. Es handelt sich dabei um ein 2 - stufiges Belebtschlammverfahren mit speziellen Betriebsweisen und gezieltem Austausch von Belebtschlamm zwischen den beiden Verfahrensstufen.

Als 1. Stufe wurde die ursprünglich bestehende Anlage umgebaut, wobei nur zwei der drei Belebungsbecken benötigt „wurden“. Das dritte Becken konnte in eine Trübwasserbehandlung umgebaut werden.

Die 2. Stufe, in welcher die Endreinigung erfolgt, wurde komplett neu errichtet. Neben dem "HYBRID-Verfahren" sind mit der nunmehr realisierten Anlage auch weitere Betriebsweisen möglich, um sich speziell an die Belastungsverhältnisse anpassen zu können. Auch während der Bauphase und bei Revisionsbetrieb konnte die Optimierung der Abwasserreinigung erreicht werden.

Das HYBRID-Verfahren ist in der Praxis bereits mehrfach realisiert und auf universitärer Basis anhand der realisierten Anlagen und im Rahmen von Versuchsanlagen untersucht und ausgewertet. Unter anderem wurde das Verfahren auch beim Ausbau der Kläranlage Wien herangezogen.

In der folgenden Abbildung 2 ist eine Verfahrensübersicht dargestellt. Beide Stufen bestehen jeweils aus einem Belebungsbecken und einem Absetzbecken zur Abtrennung des Belebtschlammes. Mit dem Hybridschlammkreislauf 1 wird Belebtschlamm von der ersten in die zweite Stufe verbracht. Der Hybridschlammkreislauf 2 dient zum Überschussschlammabzug der zweiten Stufe und gleichzeitig zum Schlammtransfer von der zweiten in die erste Stufe. Die interne Rezirkulation dient zur Rückführung von Nitrat aus den belüfteten Zonen in die vorgeschaltete Denitrifikationszone der zweiten Stufe.

Mit der externe Ablaufrezirkulation der zweiten Stufe wird einerseits Nitrat zur Denitrifikation in die erste Stufe eingebracht, andererseits kann eine konstante hydraulische Beschickung der ersten Stufe hergestellt werden.

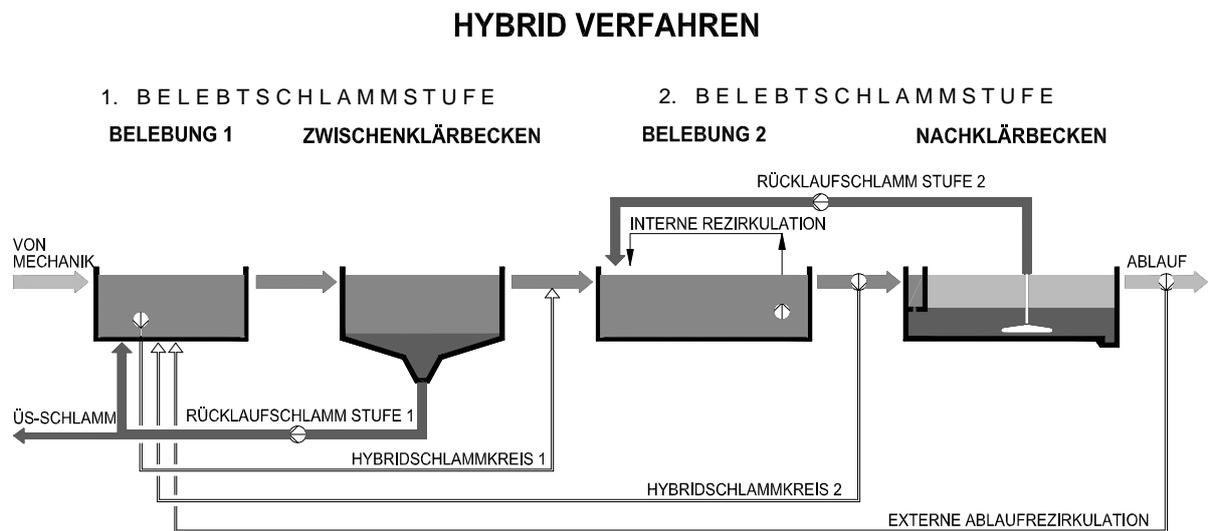


Abbildung 2: HYBRID-Verfahren - Verfahrensübersicht

Verfahrensgrundlagen, Anlagenstufen und Verfahrensschritte:

Belebtschlammstufe 1 – hoch belastet

- die **hochbelastete erste Stufe** dient primär zur Kohlenstoffentfernung, aber auch zur Nitrifikation und Denitrifikation. Durch die hohe Belastung und das daraus resultierende kurze Schlammalter erfolgt eine vermehrte Aufnahme von organischen Abwasserinhaltsstoffen im Belebtschlamm. Nur ein verhältnismäßig geringer Anteil der der ersten Stufe zugeführten BSB5-Fracht wird direkt veratmet. In die 1. Stufe wird üblicherweise das Rohabwasser (Ablauf VKB) und der Hybridschlammkreislauf 2 (Überschussschlamm der Stufe 2) eingeleitet, weiters die Ablaufrezirkulation von der 2. Stufe. In Saalfelden wird (kann, muss nicht) als Besonderheit der Schlammkreislauf 2 vor Einleitung in die Stufe 1 über die Trübwasserbehandlung geführt.
- In Saalfelden wird die erste Kaskade der Stufe 1 anaerob (ohne Belüftung, ohne Nitrateinbringung) betrieben wodurch die biologische P-Entfernung

verbessert wird. Dies ist nicht spezifisch durch das HYBRID-Verfahren bedingt. Die typischen Schlamm und Rezirkulationskreisläufe des HYBRID-Verfahrens erfolgen daher erst nach der Anaerobzone.

- durch eine externe Ablaufrezirkulation (Rückführung) von der zweiten Stufe zur ersten Stufe wird Nitrat in die 1. Stufe eingebracht und denitrifiziert, wodurch insgesamt eine ausreichende Stickstoffentfernung sichergestellt ist. Dazu wird ein Teil der Stufe 1, in den die Ablaufrezirkulation eingeleitet wird, je nach Belastung und Rezirkulation anoxisch betrieben. Durch die Einbringung von Nitrat kann in der Stufe 1 Belüftungsenergie eingespart werden, was den Mehraufwand zur Abwasserförderung kompensiert. Die Rückführung ist daher nur über einem bestimmten Nitratgehalt im Ablauf sinnvoll. Hydraulisch erfolgt eine zwar höhere, aber gleichmäßige Belastung der Anlage. Die Rückführmenge richtet sich nach der hydraulischen Belastbarkeit der Zwischen- und Nachklärung und wird bei erhöhten Zuläufen zurückgenommen.
- In der Zwischenklärung wird der Belebtschlamm der ersten Stufe vom biologisch vorgereinigten Abwasser abgetrennt. Bei der Zwischenklärung liegen im Vergleich zur Nachklärung, bedingt durch die vorhandenen eher flachen Becken, höhere Belastung vor, was bei erhöhten Zuläufen zum Teil einen Schlammabtrieb in die zweite Stufe bewirkt. Der Schlammabtrieb aus der ersten Stufe wirkt sich nicht negativ auf das Gesamtverfahren aus und kann durch Reduzierung des Hybridschlammkreislaufs 1 kompensiert werden.

Belebtschlammstufe 2 – schwach belastet

- in der **zweiten schwach belasteten Stufe** erfolgt in überwiegendem Ausmaß die Nitrifikation und Denitrifikation. Aufgrund des schon weitgehenden Kohlenstoffabbaus in der ersten Stufe ist die organische Belastung der 2. Stufe gering und sie kann daher im Verhältnis zu einer einstufigen Anlage klein gebaut werden. Zuläufe sind der Ablauf der Zwischenklärung und Belebtschlamm der 1. Stufe als Hybridschlammkreislauf 1
- ein Teil des belebten Schlamms der 1. Stufe wird in die 2. Stufe übergeführt, wodurch dort Kohlenstoff (Substrat) eingebracht wird, der die Substratversorgung für die Denitrifikation sicherstellt. Die Überführung erfolgt im Ablauf der Stufe 1 einerseits durch Schwebstoffe im Ablauf der Zwischenklärung und durch die gezielte Förderung des Schlammkreislaufes 1.

Durch den Schlammkreislauf 1 kann die Denitrifikation in der zweiten Stufe optimiert werden. Dabei ist jedoch zu beachten, dass ein Teil des überführten organischen Substrats in den aeroben Zonen der Stufe 2 veratmet wird und damit zu einem Anstieg des Sauerstoffbedarfs der zweiten Stufe führt.

- ein Teil des belebten Schlammes (entspricht dem Überschussschlamm) der 2. Stufe wird als Hybridschlammkreis 2 in die 1. Stufe übergeführt wodurch dort nitrifizierende Biomasse eingebracht wird und damit auch eine teilweise Nitrifikation und Denitrifikation erfolgt. Durch die Schlammmenge kann das Schlammalter der Stufe 2 den Erfordernissen (primär temperaturabhängig) entsprechend eingestellt werden.
- Als Besonderheit wird in Saalfelden der Schlammkreislauf 2 (ÜS der Stufe 2 mit Nitrifikanten) im Normalbetrieb in die Trübwasserbehandlung eingeleitet. Dort wird Stickstoff (hohe Konzentrationen durch Abläufe der Schlammfäulung) nitrifiziert und erst der „Überschussschlamm“ der Trübwasserbehandlung wird wieder in die Stufe 1 der Biologie eingeleitet.
- In der Nachklärung wird der Belebtschlamm der zweiten Stufe vom biologisch gereinigten Abwasser abgetrennt. Aufgrund der konstruktiven Ausführung der quer durchströmten rechteckigen Nachklärbecken wirkt das Schlammbett als Flockenfilter und es werden sehr geringe Schwebstoffkonzentrationen im Ablauf erreicht.

Anmerkungen zum bzw. Merkmale des Gesamtsystems

- Durch die Ausbildung von Schlammkreisläufen von der ersten zur zweiten Stufe und von der zweiten zur ersten Stufe gelingt es, Nitrifikation und Denitrifikation in beiden Stufen durchzuführen und damit eine ausreichende Stickstoffentfernung zu erreichen.
- Durch die gezielte Führung der Schlammkreisläufe kann das Schlammalter gezielt eingestellt werden.
- in den beiden Stufen kommt es zur Ausbildung von Mischbiozöosen
- In beiden Stufen erfolgt neben dem Abbau von Kohlenstoffverbindungen die Stickstoffentfernung durch Nitrifikation und Denitrifikation.
- Die gesamte Anlagenerweiterung konnte derart konzipiert werden, dass die bestehenden Anlagenteile nach geringfügigen Adaptionen voll weiterverwendet werden.

Die Bemessung der beiden Stufen erfolgte nach den Grundlagen des ATV-Arbeitsblattes A 131 /2/ (dem Projektzeitpunkt entsprechend Ausgabe 1991) unter Ansatz des für die Nitrifikation erforderlichen Schlammalters. Der Nachweis der Nitrifikation in der zweiten Stufe, die die Basis für die gesamte Stickstoffentfernung bildet, wird nach ATV A 131 durchgeführt. Die Denitrifikation wird durch gezielte Kreislaufführungen von Schlamm und Kläranlagenablauf realisiert.

Die Bemessung der Nachklärbecken erfolgt streng nach den Vorgaben der ATV A 131; mit den darin enthaltenen Sicherheiten. Bei der Zwischenklärung sind höhere Belastungen zulässig, da sich ein begrenzter Schlammabtrieb aus der ersten Stufe nicht negativ auf das Gesamtverfahren auswirkt.

Zusammenfassend kann für die vorliegende 2-stufige Belebungsanlage nach dem HYBRID-Verfahren daher festgestellt werden:

- Durch den 2-stufigen Ausbau konnte gegenüber einer einstufigen Anlage eine wesentliche Reduktion der erforderlichen Belebungsbeckenvolumina – wären nur kurzfristig zur Spitzenbelastung in der Wintersaison erforderlich – erreicht werden.
- Das zweistufige Verfahren bildet grundsätzlich höhere Sicherheiten in der Reinigung, da allfällige Belastungsstöße oder auch Hemmstoffe in der ersten Stufe abgepuffert werden und sich auf den Gesamtprozeß daher nur geringer als bei einer einstufigen Anlage auswirken.
- Verfahrensbedingt wird durch die zweistufige Anlage auch eine hohe Sicherheit der Nitrifikation in der kalten Jahreszeit erreicht. Durch die externe Rezirkulation des Ablaufs kann auch bei niedrigen Temperaturen noch ein erheblicher Gesamtstickstoffabbau erreicht werden, was sich auch im Hinblick auf Belüftungsaufwand und Säurekapazität positiv auswirkt.
- Die wesentlichen Bereiche, nämlich die Nitrifikation und die Funktion der Nachklärbecken sind nach den Vorgaben des ATV-Arbeitsblattes A 131 bemessen. Es liegen somit die bekannt hohen Sicherheiten des Arbeitsblattes A 131 vor.
- Gegenüber einer Bypass – Lösung mit Einbringung von mechanisch gereinigtem Abwasser in die 2. Stufe – auch diese Lösung wäre grundsätzlich möglich gewesen – ergeben sich durch die HYBRID-Lösung mit den

Schlammkreisläufen betriebliche und die Abwasserqualität betreffende Vorteile. Die 1. Stufe ist höher belastet, was hier einen höheren Überschussschlammanfall mit höherem spezifischem Sauerstoffbedarf bedeutet. Dieser Schlamm wird einerseits gezielt zur Denitrifikation in der 2. Stufe eingesetzt und ist andererseits gut faulfähig mit hoher Gasausbeute. Die Denitrifikationskapazität in der 2. Stufe ist ausgeglichener als bei Zugabe von Abwasser.

- Im praktischen Betrieb sind nach Einstellung der Betriebsparameter keine komplizierten Regelungen und Anpassungen erforderlich. Die Anlage ist in ihrer Funktion einfach, sicher und stabil zu betreiben.

Auswirkungen des HYBRID-Verfahrens auf Schlammanfall, Schlammbehandlung und den damit verbundenen Gasanfall:

- Der anfallende Überschussschlamm entsteht im Wesentlichen in der ersten Stufe. Der Abzug aus dem Gesamtsystem erfolgt aufgrund der Hybridkreisläufe zur Gänze aus der ersten Stufe. Durch die höhere Belastung ist dieser Schlamm deutlich aktiver als bei einer einstufigen Belebungsanlage, da die Verunreinigungen zum Teil an den Schlamm absorbiert und nicht abgebaut werden.
- Durch den geringeren Abbau der Schmutzstoffe ist ein geringerer Belüftungsbedarf und ein höherer spezifischer Sauerstoffbedarf des Belebtschlammes gegenüber einstufigen Anlagen gegeben.
- Bedingt durch die Zweitstufigkeit und eine zumindest teilweise biologische Phosphorentfernung kann in der ersten Stufe ein wesentlicher Teil des Phosphors mit sehr geringem Fällmitteleinsatz entfernt werden, wodurch weniger Fällschlamm und damit insgesamt weniger Schlamm anfällt.
- Durch den aktiveren Schlamm liegt eine höhere Fäulnisfähigkeit des Schlammes vor, was eine höhere Gasausbeute in der nachgeschalteten Faulung bringt.

Bei der Gesamtbilanz ergeben sich daher gegenüber einer einstufigen Biologie ein etwas geringerer Schlammanfall, ein höherer Gasanfall (dieser wird verstromt) und ein geringerer Belüftungsbedarf wodurch insgesamt auch die Energiebilanz der Anlage günstiger ausfällt.

3.2 Projektsänderungen im Zuge der Detailplanung

Grundsätzlich wurde das Projekt 1999 unter Berücksichtigung der wasserrechtlich genehmigten Verfahrenstechnik des Projektes 1996 realisiert. Im Zuge der Detailbearbeitungen erfolgten deutliche Adaptierungen und Abänderungen, die insgesamt zu einer Optimierung des Projektes beitragen und Erweiterungen in den Betriebsführungsmöglichkeiten zuließen. Im Wesentlichen handelt es sich dabei um:

- Nachklärbecken der 2. Stufe als querdurchströmte Rechteckbecken.
- Zusätzlich Möglichkeit zur Ablaufrezirkulation vom NKB 2 in die 1. Stufe; zur Verbesserung des Stickstoffabbaues bei Betrieb mit HYBRID-Verfahren.
- Zusätzlich Möglichkeit zum Betrieb als einstufige Belebungsanlage mit vorgeschalteter Denitrifikation; durch Hintereinanderschaltung der ersten und zweiten Biologie.
- Integration einer leistungsfähigen biologischen Trübwasserbehandlung in das Gesamtsystem zur wesentlichen Verbesserung der Stickstoffentfernung.

4 Anlagenausbau – realisierte Maßnahmen

Im Folgenden sind die vorgesehenen Maßnahmen des Detailprojektes 1999 in Bezug auf die einzelnen Bauteile dargestellt. Die Erläuterungen der Änderungen beziehen sich im Wesentlichen auf Erweiterungen bzw. Abänderungen gegenüber dem ursprünglichen Projekt.

4.1 Anlagenhauptdaten

Tabelle 1: ARA Saalfelden – technische Daten

	Bestand	Ausbau 1999-2001
Einwohnergleichwerte (EW 60):	50.000	80.000
Hydraulische Belastung und Schmutzfrachten im Rohabwasser		
Trockenwetterzufluss:	12.500 m ³ /d	16.000 m ³ /d
	230 l/s	240 l/s
Regenwetterzufluss gesamt:	1.650 m ³ /h	1.800 m ³ /h
	460 l/s	500 l/s
davon in die Biologische Stufe	300 l/s	500 l/s

BSB5:	3.000 kg/d	4.800 kg/d
davon in die Biologische Stufe	1.846 kg/d	4.320 kg/d
Nges. (Stickstoff gesamt)	--	880 kg/d
Pges. (Phosphor gesamt)	--	160 kg/d

Geforderte Mindestreinigungsleistung

BSB5:	Abbaugrad	93 %	95 %
	Konzentration im Ablauf	20 mg/l	15 mg/l
CSB:	Abbaugrad	--	85 %
	Konzentration im Ablauf	75 mg/l	75 mg/l
Gesamtstickstoffentfernung bei Abwassertemperatur größer 12 °C:	Abbaugrad	--	70 %
Ammonium Konz. im Ablauf bei Abw.Temp. größer 8°C:	Konzentration im Ablauf	--	5 mg/l
P	Konzentration im Ablauf	--	1 mg/l

Nutzräume der Verbandskläranlage

Mechanische Stufe

Sandfang:	104 m ³	104 m ³
Vorklärbecken:	1.080 m ³	780 m ³
Regenrückhaltebecken:	--	390 m ³

Biologische Stufe 1

Belebungsbecken:	3.000 m ³	2.040 m ³
Zwischenklärbecken:	3.534 m ³	4.000 m ³
Sonderabwasserbehandlung:	--	1.000 m ³

Biologische Stufe 2

Deni-Becken (Selektoren):	--	906 m ³
Belebungsbecken:	--	5.150 m ³
Nachklärbecken:	--	9.000 m ³

Schlammbehandlung

Voreindicker:	250 m ³	250 m ³
Schlammfaulraum:	2.900 m ³	2.900 m ³
Nacheindicker:	250 m ³	250 m ³
Schlammstapelbehälter:	--	300 m ³
Schlammstapelbunker:	250 m ³	250 m ³

Gesamt-Becken-Volumen: 11.368 m³ 27.320 m³

Gasspeicher

Biogasbehälter:	750 m ³	750 m ³
-----------------	--------------------	--------------------

Eigenenergieerzeugung

Blockheizkraftwerk mit Kraft-Wärme-Kupplung:	120 kW el.	240 kW el.
--	------------	------------

4.2 Mechanische Stufe

Rechenhaus - Zulaufbereich

Im Rechenhaus wurde auf die Errichtung einer kompletten zweiten Straße mit erheblicher Vergrößerung des Objektes verzichtet, da diese nicht erforderlich war. Als zusätzliche Einrichtung wurde ein zweiter automatischer Rechen im Umgehungsgerinne installiert. Dieser wird bei Spitzenbelastung und bei Spülstößen betrieben.

Zur Verminderung der auftretenden Sandablagerungen vor dem Rechen ist eine zusätzliche Einrichtung (Querschlitzz mit Absaugung) zur Sandgrobabscheidung im Gerinne vor dem Hauptrechen eingebaut.

Sandfang

Auch beim Sandfang wurde auf die Errichtung einer kompletten zweiten Straße verzichtet. Die Zulaufmenge zum Sandfang wird auf die maximale hydraulische Durchsatzmenge der 1. Belebungsstufe begrenzt. Die Begrenzung der Mengen erfolgt vor dem Sandfang durch ein Klappwehr, über welches die erhöhten Wassermengen in das Regenbecken (Pufferbecken und mechanische Vorreinigung) Umbau eines Vorklärbeckens) abgeleitet werden. Nach einem Regenereignis wird das Regenbecken wieder vor den Sandfang in den Kläranlagenzulauf entleert. Eventuell verfrachteter Sand kann auf diese Art und Weise wieder aus dem Abwasser abgeschieden werden.

Vorklärbecken

Von den drei bestehenden Vorklärbecken werden zwei weiterhin als Vorklärbecken benutzt. Vom Konzept des ursprünglichen Projektes mit nur einem Vorklärbecken als „Grobentschlammung“ ist man aus wirtschaftlichen Gründen wieder abgekommen. Es ergibt sich eine Reduktion der Schmutzfracht in der Biologie und eine Optimierung des Primärschlammabzugs und damit eine Erhöhung der Gasausbeute. Merkbare Nachteile wegen „fehlender“ Kohlenstoffbelastung in der Biologie und damit reduzierter Stickstoffentfernung ergaben sich keine.

Regenklärbecken

Ein Vorklärbecken werden nun als „Regenbecken“ zur Pufferung und mechanischen Vorreinigung genutzt. Nach Befüllung des Beckens unter Umgehung des Sandfangs fließt das mechanisch vorgereinigte Abwasser unter Umgehung der 1. Stufe (Durchsatz hydraulisch begrenzt) in die 2. Stufe der Belebungsanlage ab. Der abgezogene Schlamm wird vor dem Sandfang wieder der Wasserlinie zugegeben. Nach einem Ereignis wird das Becken wieder entleert.

4.3 Biologische Stufe

4.3.1 Betriebsweisen der Belebungsanlage

Die ursprünglich festgelegten Betriebsweisen – „zweistufig“ nach HYBRID-Verfahren und „einstufig parallel“ wurden berücksichtigt. Zusätzlich wurden Erweiterungen der Betriebsmöglichkeiten vorgesehen, die einerseits eine verfahrenstechnische Betriebsoptimierung (Ablaufrezirkulation zur Verbesserung des Stickstoffabbaus) und andererseits zusätzliche Betriebsmöglichkeiten bzw. eine Verbesserung bei der Umstellung der einzelnen Betriebsweisen erlauben.

Insgesamt wurden gegenüber dem Projekt 1996 folgende allgemeine Änderungen vorgenommen, die sich zumindest indirekt auf alle Betriebsweisen auswirken:

- Entflechtung der Wasser- und Schlammkreisläufe
- Die Nachklärbecken der Stufe 2 wurden als rechteckige, querdurchströmte Nachklärbecken ausgeführt, was von seiten der Verfahrenstechnik (günstigere Absetzwerte) und von der Bauherstellung (Fundierung, Auftriebssicherheit) deutliche Vorteile brachte.
- Trübwasserbehandlung. Ein Becken der bestehenden Biologischen Stufe wird zur Vorbehandlung der stickstoffreichen internen Rückläufe (Trübwasser und Filtrat der SEW) verwendet.

Im Einzelnen sind die Möglichkeiten für folgende Betriebsweisen realisiert:

Zweistufiger Betrieb – HYBRID-Verfahren

Das HYBRID-Verfahren ist als die Hauptbetriebsweise bei hohen Belastungen vorgesehen und wird aufgrund der guten Betriebserfahrungen nun praktisch ganzjährig eingesetzt. Die Verfahrenstechnik und die Schlammkreisläufe sind

wie unter Punkt „Verfahrenstechnik“ beschrieben ausgeführt. Eine Variante zur verbesserten Stickstoffentfernung mit Ablaufrezirkulation siehe unten.

In der folgenden Abbildung 3 sind die wesentlichen Wasser- und Schlammkreisläufe graphisch dargestellt

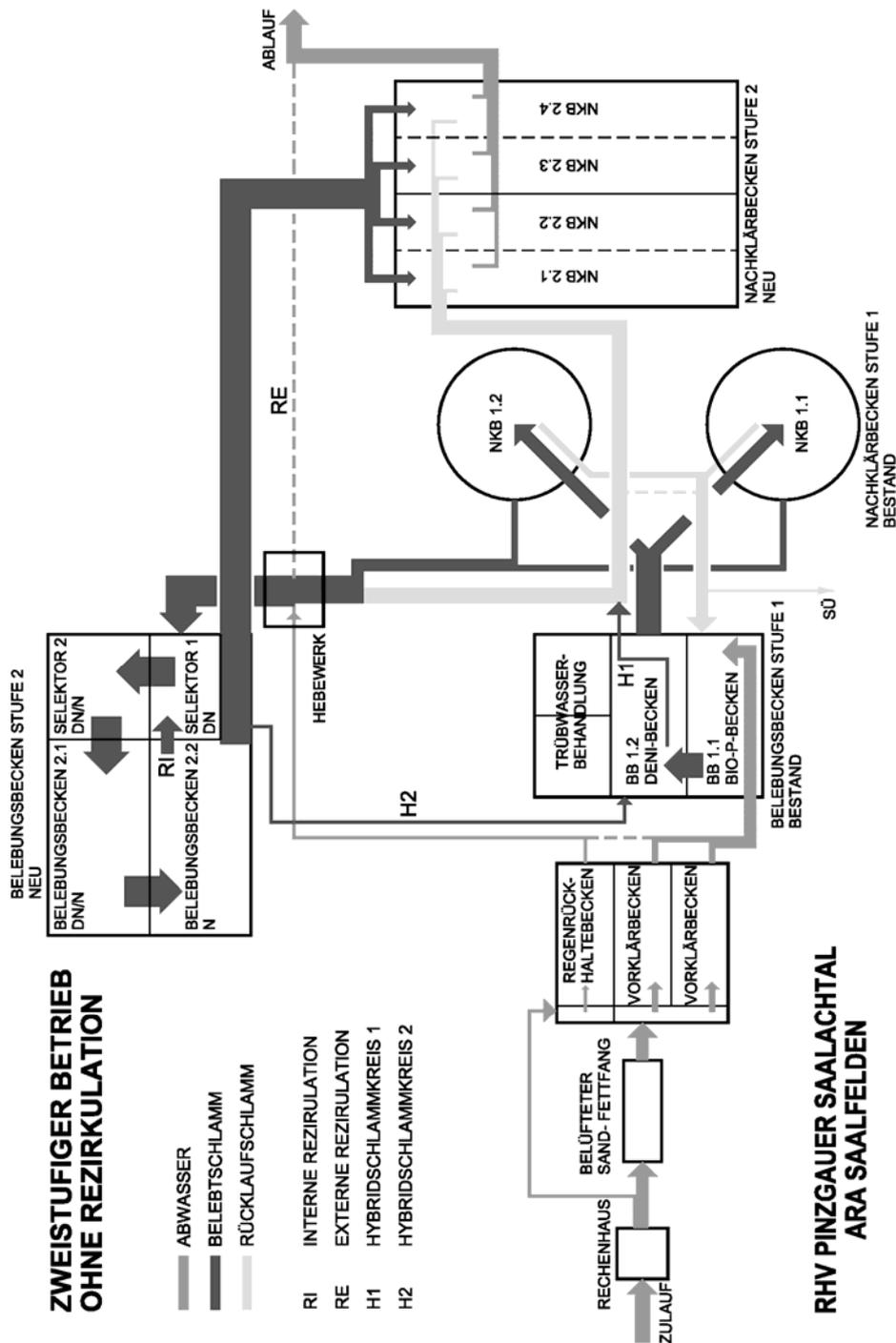


Abbildung 3: Wasser und Schlammkreisläufe HYBRID-Verfahren

Zur Verbesserung der Trübwasserbehandlung, welche als getrennte Belebungsanlage nach dem Prinzip einer Einbecken-Anlage betrieben wird, können über die Hybridschlammleitungen Schlammengen aus beiden Stufen der Anlage (vorwiegend Schlamm aus der 2. Stufe) in die Trübwasserbehandlungsanlage abgezweigt werden (im vereinfachten Schema nicht dargestellt). Praktisch wird derzeit ständig mit Zugabe von Hybrid-Schlamm der Stufe 2 gefahren, wodurch in die Trübwasserbehandlung Nitrifikanten eingebracht werden.

Da die erste Stufe hydraulisch nur begrenzt belastet werden kann, werden erhöhte Wassermengen über 1.440m³/h bereits vor dem Sandfang abgezweigt und in das Regenbecken abgeleitet. Bei länger andauernden starken Zuflüssen wird nach Füllung des Beckens, der über die Regenbecken gereinigte Teilstrom direkt in die zweite Stufe der Belebung eingeleitet. Das mechanisch vorgereinigte Abwasser wird dazu im Bypass an der 1. Stufe vorbeigeleitet und im Zwischenhebewerk gemeinsam mit dem Ablauf der 1. Stufe in die 2. Stufe gefördert.

Bei erhöhten Zuläufen ist keine Ablaufrezirkulation aus dem Nachklärbecken 2 möglich, da die hydraulische Leistungsfähigkeit der 1. Stufe durch den Zulauf ausgeschöpft ist. Die Rohrverbindung zwischen mechanischen Stufe / Zulauf Stufe 1 und dem Zwischenhebewerk wird daher wechselweise als Bypass-Leitung zur Stufe 1 und als Ablaufrezirkulationsleitung verwendet.

Zweistufiger Betrieb mit Ablaufrezirkulation

Als Variante des zweistufigen Betriebes mit HYBRID-Verfahren besteht auch noch die Möglichkeit, den nitrathaltigen Kläranlagenablauf vom NKB der zweiten Stufe zum Zulauf der ersten Stufe zu rezirkulieren. Dies bringt eine Verbesserung der Stickstoffentfernung, da der noch im Kläranlagenablauf enthaltene Nitratstickstoff in der ersten Stufe, in der entsprechend hohe Belastung vorliegt, rasch denitrifiziert werden kann. Die Rezirkulation ist bis max. rund 1.000 m³/h derart ausgelegt, daß bei Zuläufen bis max. rund 1.400 m³/h (oder eingestellter Wert darunter) die Hydraulik der ersten Stufe mit insgesamt rd. 1.400 m³/h (inklusive Rezirkulation) ausgenutzt werden kann. Die Differenz zwischen Zulauf und Belastbarkeit kann durch die Rezirkulationsmenge ergänzt werden. Daneben können auch die Stickstoffwerte (Nitratgehalt im Ablauf) auf die Menge einwirken, da eine Rezirkulation nur über minimalen Nitratgehalten sinnvoll ist. Diese liegen etwa bei 5 mg NO₃-N/l. Ist der Ablauf besser erfolgt durch die Rezirkulation keine nennenswerte weitere Verbesserung und es steht vor allem zu wenig Nitrat zur Verfügung um effizient Belüftungsenergie in der 1. Stufe einsparen zu

können. Durch eine drehzahlregelbare Pumpe kann die Rezirkulationsmenge optimiert werden und an den aktuellen Zufluß bzw. an den zu denitrifizierenden Nitratstickstoffgehalt angepaßt werden. In der folgenden Abbildung 4 ist der Betrieb mit externer Rezirkulation aus dem NKB 2 graphisch dargestellt

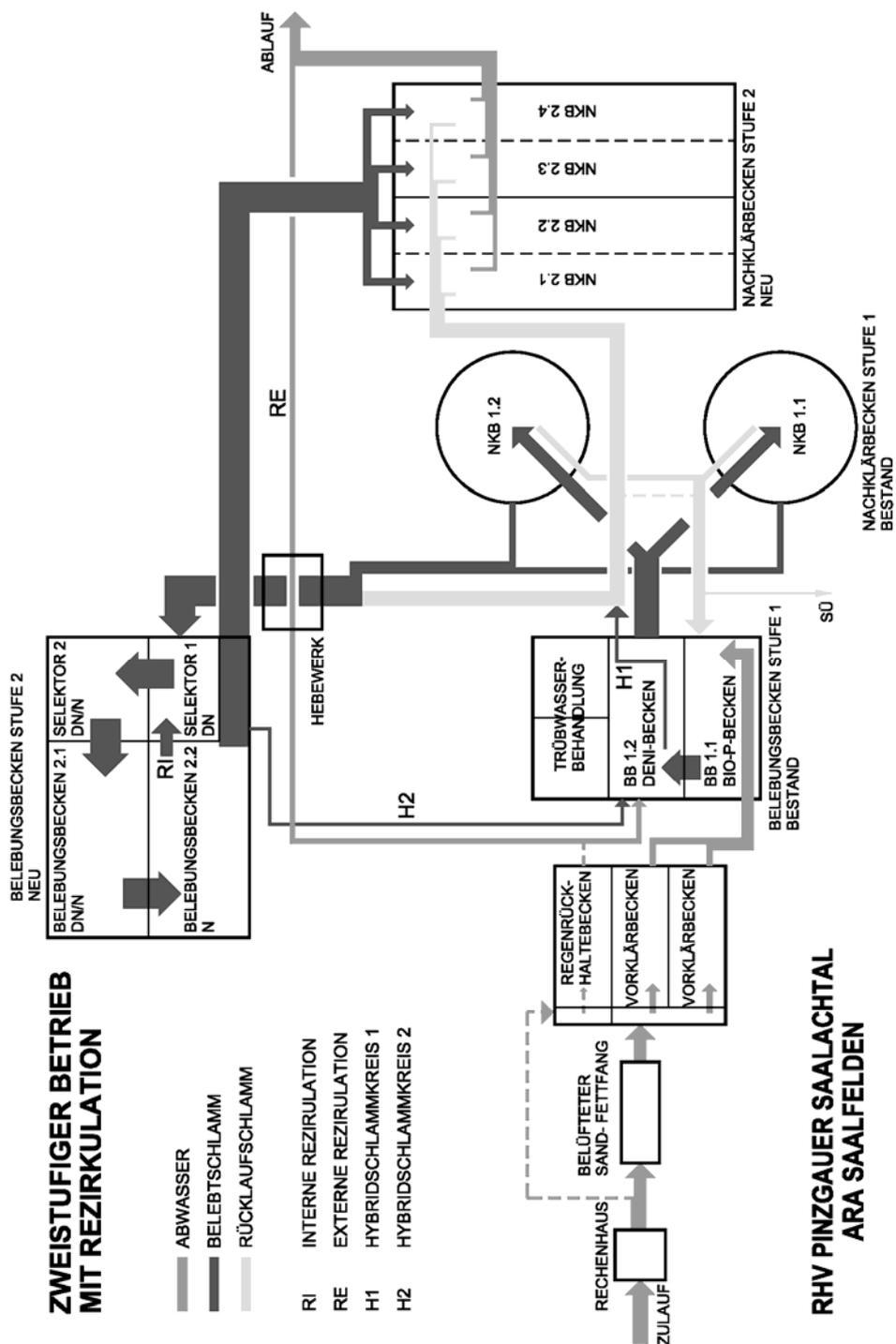


Abbildung 4: Wasser und Schlammkreisläufe zweistufig mit Ablaufrezirkulation

Einstufiger Parallelbetrieb

Dabei wird das mechanisch vorgereinigte Abwasser nach dem Vorklärbecken in folgender Weise aufgetrennt:

- Ein Teilstrom läuft in die erste Kaskade des Belebungsbeckens 1.
- Ein Teilstrom von etwa $3/4$ des gesamten Zulaufes wird über die Umgehungs- bzw. Rezirkulationsleitung und das Zwischenhebewerk direkt dem Zulauf der Belebung 2 zugeleitet.

Bei der einstufigen parallelen Betriebsweise erfolgt die Aufteilung der Wassermengen entsprechend den zur Verfügung stehenden Nutzräumen. Dabei stehen in der ersten Stufe 2.000 m^3 und in der zweiten Stufe rund 6.000 m^3 Belebungsbecken zur Verfügung. Zur Vergrößerung des Volumens könnte die Trübwasserbehandlung mit rd. 1.000 m^3 Inhalt noch indirekt in das Gesamtsystem aufgenommen werden; etwa bei Revision von Beckenteilen. Beim Parallelbetrieb beider biologischen Stufen wird mit der Trübwasserbehandlung in Normalbetrieb jedoch die Stickstoffrückbelastung reduziert.

Das gereinigte Abwasser der Stufe 1 wird durch Umschiebern im Bereich Zwischenpumpwerk (Zulauf zu Belebung 2) über die Reinwasserleitung (dient auch zur Reinwasserrezirkulation beim zweistufigen Betrieb) direkt zum Ablauf NKB 2 abgeleitet und dort als Gesamtmenge gemessen.

Da sich der HYBRID-Betrieb in der Praxis über das gesamte Jahr sehr gut bewährt hat, dient obige Betriebsweise primär für den Fall einer Anlagenrevision mit teilweisen Außerbetriebnahmen von Anlagenteilen.

Einstufig mit vorgeschalteter Denitrifikation

Als weitere Betriebsmöglichkeit der Kläranlage bietet sich ein einstufiger Betrieb mit vorgeschalteter Denitrifikation unter Einbeziehung sämtlicher zur Verfügung stehenden Belebungsbecken und der neuen Nachklärbecken an. Die Betriebsweise läßt vor allem bei der Umstellung vom einstufigen auf den zweistufigen Betrieb Vorteile erwarten, da die Schlämme des HYBRID-Verfahrens kurzfristig miteinander vermischt werden können und dadurch eine Vergleichmäßigung der Qualität bei Verkürzung der Umstellungsphasen zu erwarten ist.

Zur Realisierung werden die Becken der Biologie Stufe 1 als Anaerobbecken zur biologischen Phosphorentfernung und als vorgeschaltete Denitrifikation (mit Rezirkulationsschlamm aus der Belebung 2) herangezogen. Vom Ablauf der ersten Belebungsbeckenstufe (vorgeschalteter Denitrifikationsbereich) wird das Abwasser-Schlammgemisch unter Umgehung der Nachklärbeckenstufe 1 in die Belebung 2 eingeleitet und durchfließt hier in Serie die einzelnen Kaskaden, die teilweise als Denitrifikations- und teilweise als Nitrifikationsbecken betrieben werden.

Mit dieser Anlagenkonfiguration und insgesamt rund 8.000 m³ Belebungsbecken volumen ist je nach Temperatur eine qualitativ ausreichende Reinigung bis etwa 70.000 EW (und darüber) im einstufigen Belebungsverfahren zu erwarten. In der warmen Jahreszeit kann bei geringerer Belastung eine weit über die Anforderungen hinausgehende Stickstoffentfernung erreicht werden.

Um für die Nitrifikationszone in der Belebung 2 ausreichend Luft zur Verfügung zu stellen, wurden Querverbindungen zur Stufe 1 geschaffen, die für den Revisionsbetrieb ohnedies erforderlich sind. Die Umleitungen der Rücklaufschlammengen vom NKB 2 zum Zulauf Belebung 1 ist durch das zentrale Pumpwerk leicht zu realisieren. Die NKB der Stufe 1 müßten während der Sommermonate außer Betrieb genommen werden.

Aufgrund der bisherigen Betriebserfahrungen wird auch diese Betriebsweise primär für Sonderbetriebsfälle und Revisionen zur Anwendung kommen.

4.3.2 Anlagenteile biologische Stufe

Belebung Stufe 1

Die bestehenden 3 Belebungsbecken wurden weiterverwendet. Zwei Becken werden kaskadenförmig durchflossen und dienen als erste Stufe beim zweistufigen Belebungsverfahren nach dem HYBRID-Verfahren und das dritte wird als Trübwasserbehandlung zur Reduktion der Ammoniumfrachten der internen Rückläufe verwendet.

Die erste Kaskade des BB (halbes altes BB) kann als Anaerobbecken zur biologischen Phosphorentfernung betrieben werden und in der zweiten (teilweise) und dritten erfolgt beim zweistufigen Betrieb nach dem HYBRID-Verfahren die Belüftung und damit der Abbau in der Stufe 1. Hier erfolgt auch die Zugabe von

Hybridschlamm aus der Stufe 2 bzw. vom „Überschussschlamm“ aus der Trübwasserbehandlung. Weiters wird je nach Betriebsweise das nitrathaltige Rezirkulationswasser aus dem Ablauf der Stufe 2 eingebracht. Die Rücklaufschlammförderung erfolgt für beide Stufen von einem Zentralpumpwerk aus.

Die bestehenden runden Nachklärbecken werden grundsätzlich gleich weiterverwendet. Durch Umbau der Ablaufrinne konnte der Wasserspiegel um etwa 40 cm angehoben werden, wodurch die Leistungsfähigkeit merkbar verbessert wurde.

Trübwasserbehandlung

Das dritte bestehende Belebungsbecken wurde geteilt und als Trübwasserbehandlung zur Vorreinigung der internen Rückläufe aus der Schlammlinie adaptiert. Beide Teile können jeweils als Einbeckenanlagen betrieben werden, wobei die einzelnen Zyklen (Befüllung, Belüftung, Absetzphase, Abzugsphase) wechselweise erfolgen. Durch entsprechende Bewirtschaftung ist in den Becken auch ein teilweiser Ausgleich möglich. Über die vorhandenen Schlammkreisläufe des HYBRID-Verfahrens kann zusätzlich sowohl Belebtschlamm der ersten als auch der zweiten Stufe in die Trübwasserbehandlung eingeleitet werden. Dadurch können einerseits Nitrifikanten aus der zweiten Stufe und andererseits Schlamm der ersten Stufe als aktive Schmutzfracht zur Denitrifikation eingebracht werden. Zum Ausgleich der Wasserqualität (Kohlenstoffträger, Erhöhung der Säurekapazität) ist auch die Zugabe von Rohabwasser aus dem Ablauf der VKB berücksichtigt. Die Betriebsweise mit Zugabe aus dem Schlammkreislauf 2 hat sich gut bewährt. Durch die eingebrachten Nitrifikanten der Stufe 2 kann eine weitgehende Nitrifikation der Trübwässer erfolgen. Um eine Versäuerung bedingt durch die Nitrifikation der hohen Ammoniumkonzentrationen zu vermeiden wird auch der pH-Wert überwacht und bei Bedarf die Nitrifikation unterbrochen. Der Ablauf der Trübwasserbehandlung, also der „Reinwasserabzug“, wird in die Stufe 1 der Belebung eingeleitet. Wird bei einzelnen Phasen auch während der Abzugsphase belüftet, kann über den Abzug auch der überschüssige Schlamm ausgetragen werden. So kann der TS-Gehalt reguliert werden.

Chemikalienstation - Phosphorfällung

Die Chemikalienstation zur Lagerung und Dosierung von Fällmitteln ist im Rechenhaus untergebracht. Beim Ausbau wurden noch die einzelnen Dosierstellen ergänzt. Als Ergänzung der Fällmittelanlage wurde aufgrund wirtschaftlicher

Überlegungen eine Lösestation für kristallines Eisensulfat errichtet. Die Eisensulfatlösung steht auch für andere Kläranlagen der mittleren Umgebung zur Verfügung, wodurch insgesamt für alle Beteiligten ein wirtschaftlich günstiger Fällmittelbezug möglich ist.

Bedingt durch die teilweise biologische Phosphorentfernung in der ersten Stufe ist eine Minimierung der Fällmittelzugaben - Teilfällung in 1. Stufe bei niedriger Dosierung (hohe Wirkung trotz niedrigerer beta-Werte) und Restfällung in 2. Stufe (nur noch geringer P-Gehalt) – möglich. Zur Überwachung und Regelung werden On-line-Messgeräte für Phosphor eingesetzt.

Belebungsbecken Stufe 2

Die Belebungsbecken der Stufe 2, welche neu errichtet werden, weisen ein Gesamtvolumen von rund 6.000 m³ auf. Dieses ist in zwei vorgeschaltete Selektoren/Denitrifikationsbecken mit jeweils rund 500 m³ und zwei weiteren Belebungsbecken, ausgebildet als Umlaufbecken mit jeweils rund 2.500 m³ aufgeteilt. Die Anlage wird mit vorgeschalteter Denitrifikation betrieben, wobei als Schmutzfracht neben dem bereits vorgereinigten Ablauf der ersten Stufe Hybridschlamm aus der ersten Stufe eingebracht wird. Nitratreicher Schlamm wird einerseits als Rücklaufschlamm und andererseits als Rezirkulationsschlamm aus dem zweiten Belebungsbecken Nitrifikationszone eingebracht.

Die Gebläsestation 2 mit insgesamt 4 Verdichtern ist direkt über den Belebungsbecken 2 untergebracht. Die Steuerung der Belüftung und Rezirkulation – unter Einbindung der Ammonium- und Nitratkonzentrationen - ist mit konstantem Sauerstoffgehalt (bei vorgeschalteter Denitrifikation) bzw. auch mit intermittierender Belüftung möglich. Im Gebläsehaus sind zusätzlich in einem abgetrennten Raum die On-line-Messgeräte zur Erfassung von Phosphor und Ammonium untergebracht; Nitrat wird mit einer Sonde direkt im Becken gemessen.

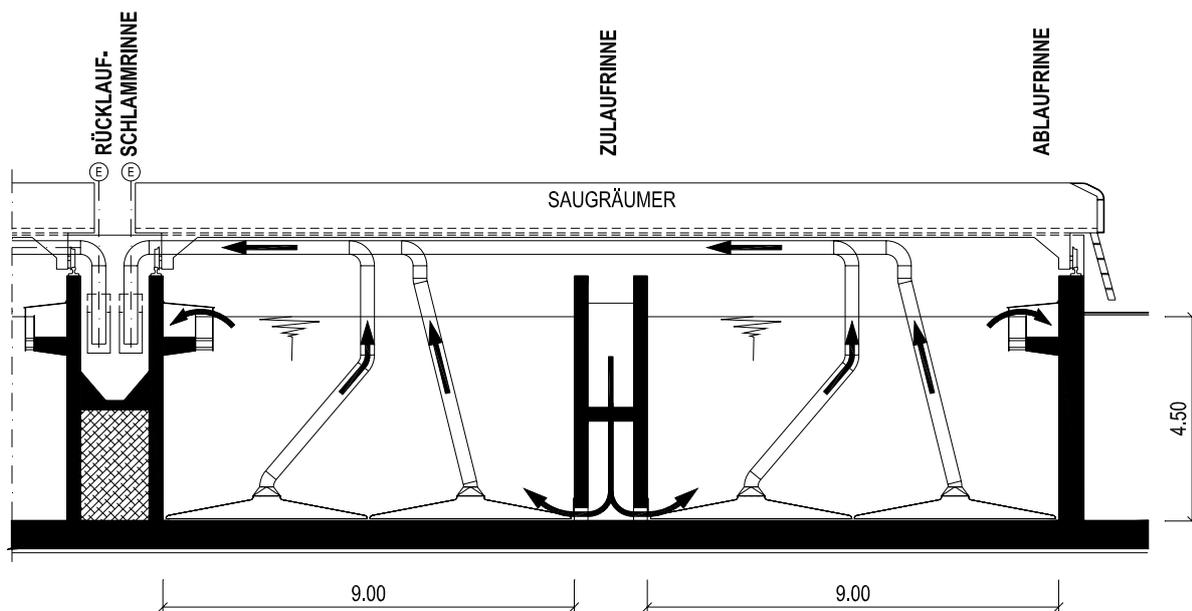
Die Förderung des Rücklaufschlammes sowohl aus der ersten Belebungsbeckenstufe als auch aus der zweiten Stufe erfolgt über ein zentrales Rücklaufschlammumpwerk. Durch Anordnung dieses zentralen Bauwerkes ist es möglich, die verschiedenen Betriebsweisen ohne wesentliche zusätzliche Aufwendungen zu fahren.

Nachklärbecken 2

Im Ausführungsprojekt 1999 wurde eine Änderung in der Form der Nachklärbecken vorgenommen. Im ursprünglichen Projekt waren zwei runde Nachklärbecken vorgesehen. Aufgrund reiflicher – im Folgenden dargestellter - Überlegungen wurden nun querdurchströmte rechteckige Nachklärbecken mit Saugräumung errichtet.

Die querdurchströmten Rechteckbecken sind mit einer Tiefe von 4,5 m und einer Breite, entsprechend dem Fließweg, von 9 m noch den weitgehend „vertikal“ durchströmten NKB zuzuordnen. Bedingt durch die Ausbildung eines Flockenfilters ist eine verfahrenstechnische Verbesserung der Absetzleistung gegeben. Die Beckenlänge beträgt 56 m.

Die Abbildung 5 zeigt einen Systemschnitt durch die Nachklärbecken.



SYSTEMSCHNITT DURCH HALBES NACHKLÄRBECKEN NEU

Abbildung 5 : Systemschnitt NKB

Die Räumung des abgesetzten Schlamms erfolgt mit Saugräumern. Das System ist grundsätzlich für derartige Becken gut geeignet. In der praktischen Ausführung traten jedoch erhebliche Probleme, insbesondere mit dem Fahrwerk und den „Saugern“ selbst auf, die erst im Zuge der Betriebsführung behoben werden konnten.

Die Rechteckbecken ermöglichten eine kompakte Bauweise mit insgesamt 4 Beckenstraßen, wobei jeweils zwei funktionell gekoppelt sind. Durch die kompakte

Bauweise war insgesamt eine Reduktion der Baufläche möglich. Das Objekt konnte derart verschoben werden, dass ein Bau unter der Hochspannungsleitung nicht mehr erforderlich war. Da im Bereich der NKB die 110-KV-Hochspannungsleitung sehr tief hängt, wären hier Erschwernisse und damit Mehrkosten zu erwarten gewesen.

Wasserhaltung – Grundwassersituation - Bautechnik - Auftriebssicherung

Die rechteckigen Becken sind mit horizontaler flacher Sohle ausgeführt, die tiefenmäßig etwa im mittleren Bereich der Rundbecken liegt. Bei den Rundbecken wäre verfahrenstechnisch im Mittelbereich ein Schlammtrichter zu errichten gewesen, der um rd. 6 m tiefer gelegen wäre. In Hinblick auf die Grundwasserhaltung wären daraus massive Probleme mit der Wasserhaltung und insbesondere mit einem hydraulischen Grundbruch zu befürchten gewesen. Unter der relativ dichten Schicht, in der die Fundierung der Rechteckbecken erfolgte, liegt eine gut wasserführende Schicht, die gespanntes Grundwasser führt. Von seiten der Wasserhaltung und des Grundbruchs war die Beckenform mit Rechteckbecken wesentlich problemloser zu handhaben.

Entsprechend den Erfordernissen waren die Becken auftriebssicher zu gestalten. Die Sicherung gegenüber Auftrieb erfolgte einerseits durch das Eigengewicht der Konstruktion und andererseits durch Verlängerung der Bodenplatte und den Bodenkörper, der auf der Platte auflastet. Als Ergänzung waren auch noch Bodenanker im Bereich der Mittellängswand erforderlich. Mit der gewählten Ausführungsart konnte die Auftriebssicherung erreicht werden. Bei den ursprünglich vorgesehenen Rundbecken wären wesentlich weitgreifendere Maßnahmen (aufwendige Verankerungen in den Untergrund) zur Sicherung notwendig gewesen.

4.4 Schlammbehandlung

Im Bereich der Schlammbehandlung erfolgten Erweiterungen und Adaptierungen vor allem im Bereich der Überschussschlamm Eindickung und der Schlamm-entwässerung. Die erforderlichen Maßnahmen im Bereich der Faulbehälter selbst waren bereits ausgeführt. Weiters wurde die Wärme- und Energiewirtschaft grundsätzlich bereits auf Betrieb mit BHKW umgestellt. Im Einzelnen wurden folgende Maßnahmen realisiert.

Der Voreindicker wird im Normalbetrieb nur mehr zur Eindickung des Primärschlammes aus dem Vorklärbecken verwendet, da der Überschussschlamm ma-

schinell vorentwässert und direkt der Faulanlage zugegeben wird. Auch der Nacheindicker wird weiterverwendet. Beide Behälter wurden mit Trübwasserabzug ausgerüstet und abgedeckt.

Zur Eindickung des in der Biologie anfallenden Überschussschlammes wurde eine maschinelle Überschussschlammwässerung mit Seihband eingebaut. Verfahrensbedingt erfolgt der gesamte Überschussschlammabzug aus der 1. Stufe der Biologie. Durch die gleich bleibende Qualität ist eine Optimierung des Eindickbetriebes möglich.

Die Faulbehälter selbst werden unverändert weiter verwendet.

Früher wurde der Schlamm direkt vom statischen Nacheindicker auf die Schlammwässerung aufgegeben. Dadurch ergab sich schwankende Schlammqualität (Trockensubstanzgehalt) die sich ungünstig auf die Entwässerungsleistung und auch auf die Wirtschaftlichkeit der nachfolgenden Schlammwässerungsanlage auswirkte. Weiters war die Kapazität des bestehenden Nacheindickers zu gering, um Pausen in der Schlammwässerung (Wochenende, Feiertage, Revisionen) ohne Betriebsschwierigkeiten überbrücken zu können. Es wurde daher ein zusätzlicher Schlammwässerbehälter in runder Bauform mit 300 m³ Inhalt errichtet. Zur Durchmischung dient ein Tauchmotorrührwerk, durch welches im gesamten Behälter eine gleichmäßige Schlammwässerung erreicht werden kann

Anfallendes Trübwasser aus der Schlammbehandlung inklusive Filtrat der Schlammwässerung (nicht von der Überschussschlammwässerung) wird zur gesonderten Trübwasserbehandlung abgeleitet und vor Zugabe in die Wasserlinie vorbehandelt. Insbesondere erfolgt eine Nitrifikation der Stickstoffverbindungen. Die Rückbelastungen aus der Schlammlinie konnten damit weitgehend reduziert werden.

Die alte Schlammwässerungsanlage reichte von der Kapazität und von der Qualität des Endproduktes her (möglichst geringe Trockensubstanz) nicht mehr aus. Nach Wirtschaftlichkeitsvergleich, Probepressungen auf der Anlage und Durchführung eines Ausschreibungsverfahrens mit Möglichkeit frei zu wählende Systeme anzubieten, kam nun eine Schneckenpresse zur Anwendung (sh. auch Punkt „Ausschreibungsverfahren Schlammwässerung“). Die Aufstellung der Maschine erfolgte im Bereich der alten Siebbandpresse.

4.5 Gasanlage - Energiewirtschaft

An der Gasanlage selbst wurden keine Veränderungen durchgeführt.

Im Rahmen der Heizungsanlage waren Erweiterungen und Adaptierungen erforderlich, um das zusätzliche Blockheizkraftwerk einzubinden, das neue Betriebsgebäude mit Fernwärme zu versorgen und insgesamt Verbesserungen der Wärmewirtschaft in Abstimmung mit dem BHKW durchzuführen.

Im Rahmen des Projektes 1999 wurde ein drittes Blockheizkraftwerk mit elektrischer Leistung von rd. 120 kW errichtet. Durch das dritte größere BHKW kann einerseits eine bessere Anpassung an den Verbrauch und insgesamt eine bessere Nutzung des vermehrt anfallenden Faulgases erfolgen. Bedingt durch die Verfahrenstechnik der Biologie und die Optimierung der Verwertung kann ein sehr hoher Grad an Eigenstromversorgung von weit über 80% erreicht werden.

4.6 Betriebsgebäude - Kanalerhaltungstützpunkt

Zur Abdeckung der künftig erforderlichen Aufgaben war es notwendig, ein neues Betriebsgebäude für die Kläranlage, kombiniert mit einem Kanalerhaltungstützpunkt zu errichten. Dieses wurde östlich der bestehenden Schlammfäulung, zwischen der Kläranlage und der Bundesstraße errichtet. Das Gebäude besteht aus mehreren Teilbereichen und umfaßt die Sanitäreinrichtungen (Garderoben, Waschräume, etc.), die Aufenthaltsräume und die Büros für Betriebsleitung und Kanalkatasterführung. Weiters sind die erforderlichen Werkstätten, Lagerräume und Garagen für die erforderlichen Geräte und Fahrzeuge der Kläranlage und auch des Kanalerhaltungsdienstes untergebracht.

4.7 Außenanlagen

Zur verfahrenstechnischen Verbindung der einzelnen Objekte wurden diverse Rohrleitungen und Verkabelungen erforderlich. Zur Erreichbarkeit der einzelnen Objekte wurde eine Betriebsstraße errichtet, die ringförmig durch die gesamte Anlage führt.

Im Zuge der Errichtung des Betriebsgebäudes war es erforderlich, das ständig wasserführende Gerinne östlich der Kläranlage geringfügig zu verlegen. Weiters mußte ein Entwässerungsgraben in nordöstlicher Richtung ausgeschwenkt werden, um den Bauplatz für das Betriebsgebäude zu schaffen.

5 Ausschreibung – Baudetails - Bauabwicklung

5.1 Ausschreibungsverfahren Gesamtleistung - Vergaben

Aufgrund des Bauvolumens waren EU-weite Ausschreibungen der Leistungen erforderlich. Bereits im Vorfeld der Ausschreibung zeigten viele Firmen Interesse an der Durchführung der Leistungen. Insbesondere wurde von einigen potentiellen Bieterfirmen auch Interesse an Generalunternehmerleistungen für die gesamte Kläranlage bekundet. Neben dem Wunsch, einem Generalunternehmer die Möglichkeit zu geben, ein insgesamt kostengünstiges Angebot für den Gesamtleistungsumfang zu legen, sollten auch die örtlichen Professionisten die Möglichkeit zur Angebotslegung erhalten.

Über Vorgabe des Bauherrn wurden somit die gesamten wesentlichen Leistungen zeitgleich ausgeschrieben. Die Leistungen wurden in die Ausschreibungen „Baumeister- und Professionistenarbeiten“, „maschinelle Ausrüstung“ und „EMSR-Ausrüstung“ zusammengefaßt. Innerhalb der einzelnen Ausschreibungen wurden Unterteilungen in Obergruppen vorgenommen. Den Bietern stand es frei, einzelne oder auch alle Obergruppen aus allen Ausschreibungen anzubieten. Alle Angebote waren zeitgleich im Juni 1999 einzureichen. Insgesamt wurden für alle Leistungen zusammen 55 Angebote abgegeben. Trotz des regen Interesses im Vorfeld wurde von keinem der Bieter ein umfassendes Gesamtangebot abgegeben. Von den Baufirmen wurden nicht einmal die Leistungen der Bauprofessionisten mitangeboten.

Nach Durchführung der Angebotsprüfungen und Beschlußfassung durch die Gremien erfolgten die Leistungsvergaben von Juli 1999 bis März 2000. Aufgrund mangelhafter Angebote der Bieter (zumeist Formalfehler) mußten für insgesamt 3 Gewerke die Ausschreibungen wiederholt werden, was zu Verzögerungen führte.

Insgesamt wurden bei den Hauptgewerken 17 Firmen mit 22 Leistungsbereichen beauftragt.

5.2 Ausschreibungsverfahren Schlammwässerung

Für die Schlammwässerungsanlage wurden in der Hauptausschreibung zwei Varianten berücksichtigt. Einerseits eine Anlage mit automatischer Hochdruckmembranfilterpresse und andererseits eine Anlage mit Hochleistungsdekanter.

Neben der maschinellen Ausrüstung selbst, war als Randbedingung das zur Unterbringung der Anlage erforderliche Objekt mitzuberücksichtigen. Die Anlage mit Hochleistungsdekanter war nach Umbau in einem bestehenden Objekt unterzubringen; für die Anlage mit Membranfilterpresse war ein neues Objekt erforderlich. Damit war von Anfang klar, daß die Investitionskosten für eine Membranfilterpresse samt Peripherie deutlich höher liegen würden. Zum Vergleich der Angebote mußte ein Wirtschaftlichkeitsvergleich unter Berücksichtigung der Investitionskosten und der Betriebskosten herangezogen werden. Dieser wurde nach LAWA /4/ durchgeführt.

Aufgrund der Randbedingungen (neues Objekt – größere Investitionskosten) und der angebotenen Garantiewerte (Betriebsmittel und Betriebsergebnisse) ergab sich aufgrund der angebotenen Kosten und Daten im vorliegenden Fall eine Anlage mit Hochleistungsdekanter, als die wirtschaftlich insgesamt günstigere Lösung. Wegen eines kurz vor der beabsichtigten Vergabe eingeleiteten Insolvenzverfahrens konnte die Beauftragung an den ermittelten Bestbieter nicht erfolgen. Die Leistungen der Schlammwässerung mussten daher in einem zweiten Verfahren noch einmal gesondert ausgeschrieben werden, wobei auch die Angebotsgrundlagen angepasst wurden.

Im Rahmen der Ausschreibung war eine Schlammwässerung mittels Hochleistungsdekanter anzubieten. Parallel dazu konnte eine Schlammwässerung nach freier Wahl angeboten werden. Da bei einer derartigen Anlage als wesentliches Kriterium die Betriebskosten (Betriebsmittel, Entwässerungsgrad und damit Entsorgungskosten) ausschlaggebend sind, wurde für die Bewertungskriterien eine LAWA-Berechnung herangezogen. Die Ermittlung des Bestbieters erfolgte nebst den grundsätzlich zu erfüllenden Bedingungen nach wirtschaftlichen Kriterien, bezogen auf den Investitionspreis und die zu garantierenden Betriebskosten. Um eine Vergleichbarkeit zu schaffen, wurden die Randbedingungen genau vorgegeben. Für den Betrachtungszeitraum der Betriebskosten wurde eine Dauer von 8 Jahren gewählt. Auf Basis der Investitionskosten (Angebotspreis und allfällige sonstige Maßnahmen je nach System) und Betriebskosten wurde ein Projektkostenbarwert ermittelt. Das Angebot mit dem geringsten Projektkostenbarwert wurde als das Bestangebot definiert. Nach Ermittlung des rechnerischen Bestangebotes mußte vom Bieter in Form einer Probestellung die Plausibilität der angegebenen Garantiewerte nachgewiesen werden. Dazu wurde eine vergleichbare Maschine vor Ort mit dem derzeit vorhandenen Schlamm betrieben. Als Angebotsergebnis zeigte sich eine „nach Wahl des Bieters“ angebo-

tene Schneckenpresse als das insgesamt günstigste Angebot. Dieses Gerät besteht im wesentlichen aus einer Siebtrommel und einer darin eingebauten langsam laufenden (rd. 1,5 Upm) Schnecke mit konischem Kern, durch die das Filtrat durch die Siebtrommel gepreßt wird. Referenzen für eine derartige Maschine lagen in Europa nicht vor. Im Probelauf vor Ort konnten die garantierten Betriebsdaten vom Bieter nachgewiesen werden.

Insgesamt wurde für den Bereich der Schlammwässerung eine von den üblichen Verfahren etwas abweichende Bestbieterermittlung durchgeführt. Das Verfahren war jedoch durch die entsprechenden Vergabennormen voll gedeckt und für den speziellen Fall eines Gerätes, bei dem die Betriebskosten wesentlich höhere wirtschaftliche Bedeutung als die Investitionskosten haben, durchaus gerechtfertigt.

5.3 Baugrubensicherung – Wasserhaltungen – Hochspannungsleitung

Im Zuge des Baues der Objekte waren umfangreiche Maßnahmen zur Wasserhaltung und zur Baugrubensicherung erforderlich. Das Problem bestand vor allem darin, dass das Grundwasser nahezu bis zur Geländeoberfläche anstehen kann, im direkten Baubereich relativ dichter Boden, jedoch mit schlechter Qualität (bindige Anteile, organische Einschlüsse, etc.) ansteht und darunter noch durchlässiger, stark Grundwasser führender (je nach Situation teilweise gespannt) Boden liegt.

Zur Sicherung der Baugrube und zur Wasserhaltung war es erforderlich, die einzelnen Baubereiche zu umspunden und in der Baugrube das Grundwasser abzusinken. Aus Gründen der Verankerung der Spundwände wurden diese großteils als Dichtwände in einem größeren Abstand von der Baugrube eingebaut, so dass vor der Spundwand noch ein Erddamm stehen blieb und keine gesonderte Verankerung der Spundwand erforderlich war.

Der Anlagen- und damit der Baubereich liegt teilweise unter einer 110-kV-Leitung der SAFE. Dies betraf insbesondere den Bau des neuen Belebungsbeckens. Bei der Herstellung der Umspundung im Gefährdungsbereich der Leitung und bei der Bauabwicklung (Drehturmkrane nur sehr beschränkt einsetzbar, etc.) ergaben sich entsprechende Erschwernisse und Einschränkungen. Das Nachklärbecken selbst konnte aufgrund der geänderten Bauweise mit querdurchströmten Rechteckbecken bis außerhalb des Bauverbotsbereiches verschoben werden.

5.4 Betriebsführung in der Bauphase

Als Grundbedingung mußte der Betrieb der Kläranlage auch während der Erweiterungs- und Umbauphasen aufrecht gehalten werden.

Die Kläranlagenerweiterung ist derart geplant, daß die beiden Stufen der zwei-stufigen Anlage parallel als einstufige Anlagen betrieben werden können. Dadurch konnte beim Ausbau unabhängig die zweite Stufe errichtet und in Betrieb genommen werden. Danach erfolgte der Betrieb mit der zweiten Stufe und die erste Stufe konnte adaptiert werden. Überschneidungen ergaben sich nur durch verbindende Leitungen für Schlamm- und Abwasser, wobei während der Bauphase Provisorien ausgeführt werden mußten. Auch im nunmehrigen Betrieb können im Revisionsfall einzelne Anlagenteile außer Betrieb genommen werden, ohne den Gesamtbetrieb zu behindern.

6 Zusammenfassung - Betriebsergebnisse

Nach intensiven Planungsarbeiten und Optimierungen von Vorplanungen konnte im Zuge der Projektabwicklung unter Mitwirkung aller Beteiligten von Bauherrn, Behördenvertretern bis zu den ausführenden Firmen eine Anlage geschaffen werden, die die gestellten Anforderungen an die Abwasserreinigung voll erfüllt.

Die erweiterte der Kläranlage Saalfelden ist seit 2001 nach dem HYBRID-Verfahren als 2-stufige Belebungsanlage in Betrieb. In den Anfangsphasen und während des Probebetriebes wurden durch den Betreiber die unterschiedlichen Betriebsweisen ausgetestet und Optimierungen an der Betriebsführung durchgeführt.

Im Hinblick auf die Abwasserreinigung, insbesondere die Stickstoffentfernung, und die Wirtschaftlichkeit zeigte sich der 2-stufige HYBRID-Betrieb mit Ablaufzirkulation als die günstigste Betriebsweise. Bei geringen Betriebs- und Energiekosten kann über das ganze Jahr ein sehr hoher Stickstoffabbau von deutlich über 80% eingehalten werden. Insbesondere im Bereich der Nachklärung zeigten sich sehr gute Ergebnisse. Die Funktion des querdurchströmten Rechteckbeckens ergab ausgezeichnete Absetzleistungen.

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen Projektbeteiligten für die konstruktive Zusammenarbeit bedanken.

Bezüglich der Betriebsergebnisse und Betriebserfahrungen wird auf den gesonderten Beitrag, erstellt von Hr. GF Matthias Dum vom RHV Pinzgauer Saalachtal verwiesen.

7 Literatur

- /1/ Österreichische Patenschrift (AT 396 684 B)
Belebtschlammverfahren zur Reinigung von Abwasser (1993)
- /2/ Abwassertechnische Vereinigung e.V. : Arbeitsblatt A 131
Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen ab 5.000 EW (1991)
- /3/ Matsché N., Gamperer T. : Ausbau vorhandener Abwasserbehandlungsanlagen zu
zweistufigen Anlagen mit Nährstoffelimination,
Schriftenreihe WAR, TH Darmstadt (1996)
- /4/ Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)
Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen
(KVR Leitlinien) (1998)

Korrespondenz an:

Dipl.Ing. Wolfgang Geyer
Ziv.Ing. f. Kulturtechnik und Wasserwirtschaft
Geschäftsführer

BÜRO DR. LENGYEL ZT GMBH

Fasangasse 25
1030 Wien

Tel: 01/7982400 DW 24
Fax: 01/7982400 DW 55

Email: w.geyer@bdl.at
Homepage: www.bdl.at

KA Saalfelden

2-stufige Belebungsanlage – HYBRID-Verfahren

Teil 2: Erfahrungen - Anlagenbetrieb

Matthias Dum

GF Reinhaltverband Pinzgauer Saalachtal Saalfelden

Kurzfassung: Die Kläranlage Saalfelden (Inbetriebnahme 1986) wurde in den Jahren 1999 – 2001 von 50.000 EW auf 80.000 EW erweitert und an den Stand der Technik angepasst. Die Anlage wurde um den Anforderungen der WRG – Novelle, trotz niedriger Beckenvolumina, betreffend Nährstoffentfernung entsprechen zu können, nach dem patentierten „Hybridverfahren“ ausgebaut. Die bisherigen Betriebsergebnisse zeigen, dass trotz starker Stossbelastungen (Winterfremdenverkehr und Molkerei) und tiefen Beckentemperaturen ($< 7^{\circ} \text{C}$), die N-Entfernungsraten ganzjährig zwischen 80,1 – 93,9 % (Jahresmittelwert 88,3%) liegen. Diese Reinigungsleistung wird mit sehr niedrigen Betriebskosten erreicht, besonders die Energieverbrauchswerte liegen in einem günstigen Bereich. Die Prozessstabilität und die Anpassung an die stark wechselnden Belastungen werden durch entsprechende Online - Messtechnik und Steuerungsprogramme unterstützt. Der Betrieb der getrennten biologischen Trüb – und Filtratwasserbehandlung sowie einer Reinwasserrückführung erleichtert die N-Entfernung wesentlich. In der Schlammlinie werden spezifisch hohe Gaserträge und gute Entwässerungswerte erreicht.

Während der Inbetriebnahme und der ersten zwei Betriebsjahre traten eine Reihe technischer und baulicher Probleme zu Tage, z.B. Belüfter mit hohem Druckanstieg, NKB- Saugräumer mit Konstruktions – und Ausführungsmängeln, Betonschäden usw. Bis dato konnten, bis auf die Betonprobleme, alle Mängel behoben werden und die optimale Betriebsweise eingestellt werden.

Keywords: Hybridverfahren, sehr gute N-Entfernung , niedrige Betriebskosten, getrennte biologische Trüb – und Filtratwasserbehandlung, Betriebsoptimierung.

1 Einleitung

Der Reinhaltverband Pinzgauer Saalachtal betreibt die Kläranlage Saalfelden und die Kläranlage Unken. Die ARA Unken (24.500 EW, Inbetriebnahme - 1993) wurde bereits nach den Anforderungen der WRG - Novelle als einstufige Belebungsanlage mit Faulung errichtet. Die Erfahrungen im Bereich Planung und Errichtung, im Besonderen in Bezug Nährstoffentfernung, bewogen den Verband für den Ausbau der ARA Saalfelden (50.000 EW) einen Ideenwettbewerb durchzuführen. Es sollte ein modernes Ausbaukonzept erarbeitet werden, wobei besonders auf die gute Einbindung des erst seit 1986 in Betrieb befindlichen Bestandes Wert gelegt wurde.

Das Projekt des Wettbewerbssiegers sah eine Anpassung der einstufigen Belebungsanlage vor (Bemessung nach A 131), für die Anpassung wären 15.806 m³ zusätzliches Beckenvolumen erforderlich gewesen.

Während der Erstellung der Planung und auf Grund einer neuen EW – Erhebung (Betriebseinstellung der ARA Maishofen) wurde der Ausbau auf 80.000 EW festgelegt. Diese Erweiterung hätte bei gleichen Bemessungsansätzen 6.660 m³ zusätzliches BB – Volumen erfordert. Wegen der starken saisonalen Schwankungen wurden seitens des Betreibers und der Bewilligungsbehörden Bedenken in Bezug auf Betriebserschwernisse in Schwachlastzeiten und wegen der hohen Errichtungskosten angemeldet.

Die Detailplanung wurde daher gemäß des patentierten „Hybridverfahrens,, von Austrian Energy und Prof. Dr. Norbert Matsche (AT 396 684 B) erstellt und zur wasserrechtlichen Bewilligung eingereicht.

Für die Verfahrensänderung seitens des Betreibers ausschlaggebend waren die vollständige Verwendung der bestehenden Biologie als Starklaststufe und das reduzierte Neubauvolumen (Kostenreduktion ca. 1.5 Mio. €). Das Beckenvolumen der Wasserlinie konnte trotz Erweiterung auf 80.000 EW, speziell bei den kostenintensiven BB – Becken gesenkt, und im Gesamten gegenüber dem Projekt 50.000 EW gleich gehalten werden.



Legende:

- | | |
|---|------------------------------|
| 1 Zulauf - Rechengebäude | 12 Gebläsehaus Biologie 2 |
| 2 Sandfang - Fettabscheider | 13 Nachklärbecken neu |
| 3 Vorklärbecken | 14 Faultürme |
| 4 Regenbecken | 15 Eindicker - Schlammstapel |
| 5 Belebungsbecken 1. Stufe | 16 Trockengasbehälter |
| 6 Trübwasserbehandlung | 17 Labor - Warte |
| 7 Zwischenklärbecken | 18 Gasmotorenraum |
| 8 Rücklaufschlammumpwerk | 19 Schlammentwässerung |
| 9 Zwischenpumpwerk | 20 Klärschlammager |
| 10 Selektoren Belebungsbecken, 2. Stufe | 21 Fällmittellösestation |
| 11 Belebungsbecken 2. Stufe | |

2 Besondere Betriebsverhältnisse – Stossbelastungen – niedrige Abwassertemperaturen

Die Belastungsverhältnisse der ARA Saalfelden sind durch saisonale Schwankungen mit Schwergewicht Winterfremdenverkehr und zusätzlichen Stossbelastungen aus einer Großmolkerei gekennzeichnet. Die Tagesminima und Maxima in der CSB-Fracht schwanken zwischen 3.900 und 9.200 kg/d innerhalb weniger Tage (KW 5 - 6 / 2005).

Wie aus den Auswertungen der stärksten Woche des Jahres 2005 ersichtlich ist, treten diese Spitzenbelastungen gleichzeitig mit den niedrigsten Beckentemperaturen des Jahres auf.

Q zu m ³ /d	T °C ab	CSB kg/d	Wirkungsgrad % CSB	Wirkungsgrad % N-Entf
6.015	6,2	6.262	97,5	
6.052	6,1	5.084	97,7	
6.290	5,9	3.906	95,8	71,6
6.310	6,6	5.414	97,8	
6.461	6,8	4.897	96,6	78,9
6.436	6,6	6.506	97,1	
6.809	6,4	7.266	96,9	83,4
6.744	6,3	6.704	96,7	
7.174	6,5	7.533	97,2	77,2
6.982	7,1	7.680	97,2	
12.359	7,7	8.626	94,8	73,0
17.230	7,7	9.167	94,4	
10.527	6,9	6.295	94,1	70,4
7.444	6,5	6.804	97,0	
7.161	6,8	6.459	97,0	84,8

min	min	min	min	min
6.015	5,9	3.906	94,1	70,4

max	max	max	max	max
17.230	7,7	9.167	97,8	84,8

Durch das vorhandene Kanalnetz bedingt (Verbandssammler großteils im Grünland verlegt, Ortsnetze teilweise Mischkanalisation), werden speziell bei Regenfällen im Winter und je nach Verlauf der Schneeschmelze über mehrere Wochen des Jahres Zulauftemperaturen $< 6\text{ °C}$ erreicht. Gleichzeitig werden dabei auch auf Grund der großen hydraulischen Zulaufschwankungen Belastungsspitzen durch Spülstöße produziert. Die Schmutzfracht der Molkerei schwankt ebenfalls zwischen 330 und 2.200 kg/CSB/d, wobei produktionsbedingt und bei Störfällen trotz des Betriebes eines Misch- und- Ausgleichstanks, sehr starke Tagesspitzen eingeleitet werden (Stichproben Gesamtzulauf ARA CSB $> 3.000\text{ mg/l}$).

3 Gewählte Betriebsweise

Das Ausbaukonzept der Kläranlage Saalfelden sieht eine Reihe von verschiedenen Betriebsweisen für den Regel - und – Redundanzbetrieb vor. Die für den Regelbetrieb vorgesehenen Verfahrensweisen sind:

1. Zweistufiger Hybridbetrieb- getrennte Starklaststufe und Schwachlaststufe mit Hybrid-Schlammkreisläufen zur Sicherstellung der N-Entfernung
2. Zweistufiger Hybridbetrieb mit zusätzlicher Ablaufrezirkulation (Rückpass) zur Verbesserung der Denitrifikationsleistung
3. Einstufiger Parallelbetrieb – Aufteilung Zulauf nach VKB – Q 1/3 BB 1 und Q 2/3 BB 2.
4. Einstufige Betriebsweise mit vorgeschalteter Denitrifikation – serielle Betriebsweise aller Belebungsbecken unter Ausschaltung der Zwischenklärung.

Während der Umbauphase wurden die beiden Stufen der Anlage je nach Baumaßnahmen getrennt betrieben, es konnten dabei die Werte in Bezug auf C-Entfernung und Nitrifikation eingehalten werden.

3.1 Zweistufiger Hybridbetrieb:

Auf Grund der gestiegenen Belastungsverhältnisse durch die Übernahme der Abwässer der ARA Maishofen (ca. 5.000 EW kommunal – bis 20.000 EW Molkereiabwasser) wurde nach Fertigstellung beider Stufen (September 2001), die Inbetriebnahme mit dem Hybridverfahren vorgenommen. Es sollte die vom Lizenzgeber garantierte Reinigungsleistung, besonders die N-Entfernung, in den belastungsstarken Wintermonaten überprüft werden.

Wegen diverser Mängel im technischen Bereich (NKB -Räumer Stufe 2 mehrmals defekt, PLS – und Steuerungsprogramme schleppende Fertigstellung, Optimierung Messtechnik) konnte anfangs kein störungsfreier Betrieb über längere Zeiträume gefahren werden. Trotzdem zeigt sich, dass mit dem Verfahren nach entsprechenden Optimierungsschritten, auch bei

Ablauftemperaturen $< 8 \text{ °C}$ die volle Nitrifikation ($\text{NH}_4\text{-N} < 1 \text{ mg/l}$) und die geforderte N-Entfernung gesichert erreicht werden konnten.

Die Belastungssteigerungen zu Beginn der Wintersaison und die gleichzeitig eintretende Temperaturabsenkung erbrachten nur Anfangs und an einzelnen Tagen N-Entfernungsraten unter 70%.

Die sonst alljährlich zu Beginn der Wintersaison (ca. 15.Jänner – 15.Feber) auftretende Verschlechterung des SVI durch Fadenbakterien ($\text{ISV} > 250 \text{ ml/g}$), vermutlich bedingt durch die plötzliche Belastungssteigerung und/oder durch die starke Abkühlung, trat trotz der zusätzlichen Einleitung von 10.000 – 20.000 EW aus Molkereiabwässern nicht ein (Schlammvolumenindex 80 – 100 ml/g in beiden Belebungsstufen).

Zur Vermeidung von N-Spitzenbelastungen aus dem Bereich Schlammbehandlung wird eine getrennte biologische Trüb- und Filtratwasserbehandlung betrieben (siehe Punkt 3.4)

Die bisherigen Betriebsergebnisse zeigen, dass die Bemessung der Anlage gemäß lizenziertem Verfahren ausreichend mit Sicherheiten ausgestattet ist, und auf Grund der Abbauleistung und der guten Pufferwirkung der Starklaststufe mehrtägige Belastungsspitzen wesentlich über 80.000 EW verkraftet werden.

Zur Überprüfung der maximalen Denitrifikationsleistung (bei zukünftigen Belastungssteigerungen) wurde auch die Reinwasserrezirkulation in Betrieb genommen.

3.2. Zweistufiger Hybridbetrieb mit zusätzlicher Ablaufrezirkulation

Die im Projekt vorgesehene Betriebsweise einer Rückführung von Ablauf Nachklärung BB 2, bei $\text{NO}_3\text{-N} > 5 \text{ mg/l}$, in die in der Regel unbelüftete erste Kaskade der Starklaststufe unterstützt wegen der dort vorhandenen C-Konzentration, die vorgeschaltene Denitrifikation und wegen der niedrigen O_2 -Gehalte (0.3- 0.8 mg/l) die simultane Denitrifikation in den belüfteten Beckenteilen. Der Betrieb der Rückpassleitung sichert die Einhaltung der N-Entfernungsraten auch unter extremen Bedingungen.

Die Regelung der Rückpassmenge kann nach folgenden Kriterien erfolgen:

- Nitratstickstoffgehalt des Ablaufes BB 2 (Onlinemesswert). Bei steigendem Nitratgehalt wird Pumpwerk eingeschaltet oder Q proportional zum Nitratgehalt erhöht, bei sinkendem Nitratgehalt Q reduziert oder Pumpwerk ausgeschaltet.
- Q- Zulauf: Zulauf zu BB 1 ist mit maximal 360 l/s oder eingestelltem Wert begrenzt, Differenzmenge- Zulauf zu diesem Wert wird über Rückpassleitung in BB1 gepumpt.
- Fixe Menge über PLS eingestellt, bei Überschreitung Q max. Abschaltung des Pumpwerkes (derzeitige Hauptbetriebsweise – nur in den Monaten Dez. – Apr. mit Ablauftemperaturen < 9 °C., starker saisonaler Belastung)
Q - Rückpass ca. 80 l/s = 100 – 140 % Q- Zulauf TW.

Die erhöhten Betriebskosten durch Pumpenstunden (Wartung und Instandhaltung) sowie die Energiekosten der RLS-, Zwischenhebe- und Rückpasspumpwerke, werden nach ersten Untersuchungen über einem Nitratgehalt > 5-6 mg/l durch die Einsparung an Belüftungsenergie durch den zurückgeführten O₂- Gehalt des Nitrats kompensiert.

Wegen der möglichen Steigerung der Rückführung bis 360 l/s sind für künftige Belastungsfälle ausreichende Sicherheiten vorhanden.

Bei Betrieb der Reinwasserzirkulation auch in den Perioden mit Ablauftemperaturen > 12°C und Einhaltung der Emissionsverordnung (keine N-Entfernung unter 12 °C – keine Nitrifikation unter 8 °C) könnte durch die dadurch ermöglichte Vergrößerung der aeroben Beckenzonen – bzw. Phasen, die Belastung der Anlage um wesentliches über den Konsens von 80.000 EW gesteigert werden. Betriebserfahrungen aus Starklastperioden lassen bei gleichen Abwasserverhältnissen auf eine mögliche laufende Belastung von ca. **110.000 – 130.000 EW** schließen.

	Einheit	GW<>	Aug. 2005	Sept. 2005	Okt. 2005	Nov. 2005	Dez. 2005	Jän. 2006
Zulauf Q	m ³ /d		11237.0	9224.0	6823.0	5256.0	6267.0	6569.0
BSB ₅ -Zulauf	mg/l		329.0	381.0	447.0	564.0	552.0	565.0
BSB ₅ -Ablauf	mg/l	< 15	4.0	3.0	3.0	4.0	4.0	6.0
BSB ₅ -Entf.	%	> 95	98.8	99.0	99.2	99.3	99.3	99.0
CSB-Zulauf	mg/l		599.0	645.0	776.0	1052.0	967.0	998.0
CSB-Ablauf	mg/l	< 75	20.0	22.0	22.0	26.0	34.0	34.0
CSB-Entf.	%	> 85	96.4	96.1	97.1	97.4	96.4	96.5
NH ₄ -N-Ablauf	mg/l	< 5	0.6	0.8	0.6	0.5	0.8	1.1
NO ₃ -N-Ablauf	mg/l		3.3	2.6	4.8	6.4	7.0	12.5
N-Zulauf	mg/l		40.8	48.5	56.5	69.5	67.4	74.2
N-Ablauf	mg/l		5.7	4.7	7.1	9.5	10.4	17.6
N-Entf.	%	> 70	90.0	92.8	90.4	92.8	89.2	81.6
P-Zulauf	mg/l		8.8	10.2	14.1	17.1	16.1	18.0
P-Ablauf	mg/l	< 1	0.9	0.8	0.8	0.9	1.0	0.9
P-Entf.	%	> 85	89.4	90.8	94.2	94.9	93.6	94.8
Ablauftemp.	°C		15.5	15.6	13.1	10.6	8.3	6.9
EW ₆₀		80000	57932.0	53059.0	47125.0	49652.0	58943.0	61809.0

Monatsmittelwerte 08-2005 /01-2006

Die derzeitige Betriebsweise, Einhaltung der Emissionsverordnung ohne Temperaturgrenzen; ganzjährige Nitrifikation und N-Entfernung (mittel/a 88.3% und bei Temperaturen > 12°C mittel 91.4%), stellt sicherlich eine **Fleißaufgabe** dar, ist jedoch mit geringstem Mehraufwand durchführbar. Damit werden aber auch die vorhandenen Reserven dokumentiert. Informationen über Monatsmittelwerte unter www.rhv-saalfelden.org Index Informationen – Werte und Grafiken.

3.3 Einstufige Betriebsweisen

Die beiden einstufigen Betriebsweisen

- Einstufiger Parallelbetrieb – 1/3 Abwasser Stufe 1 -2/3 Abwasser Stufe 2
- Einstufig mit vorgeschalteter Denitrifikation

wurden projektsgemäß ausgeführt, bis dato jedoch nicht als Hauptbetriebsweisen getestet. Da laut Bemessung die N-Entfernung mit den vorhandenen 8.000 bzw. 9.000 m³ Belebungsbecken nur bis ca. 50.000 EW und bei Temperaturen > 12 °C gesichert erscheint, wurde auf Grund der geringen Einsparungsmöglichkeit (Pumpkosten – Laboraufwand) auf einen Test verzichtet. Bei allfällige Reparaturen und Störungen oder Belastungsänderungen (Entfall der Molkereiabwässer) kann auf diese Betriebsweisen zurückgegriffen werden.

Betriebserfahrungen aus Bauphasen erlauben die Aussage, dass bei Betrieb der getrennten biologischen Trüb- und Filtratwasserbehandlung (keine N-Belastung aus Schlammlinie) die Anlage auch bis ca. 70.000 EW einstufig betrieben werden könnte.

3.4 Getrennte Trübwasserbehandlung – SBR Anlage

Im wasserrechtlich bewilligten grundsätzlichen Einreichprojekt war eine Trübwassernitrifikation in einem Belebungsbecken der bestehenden Anlage vorgesehen, jedoch verfahrenstechnisch noch nicht im Detail geplant. Die Denitrifikation sollte simultan in der Starklaststufe erfolgen. Zur Vermeidung von pH-Werten unter 6 - 6.5 (Nitrifikationshemmung) sollte eine Kalkmilchdosieranlage mit Lösestation errichtet werden. Um mögliche Geruchsprobleme zu vermeiden waren Abdeckungen der BB vorgesehen.

Auf Grund von Bedenken seitens des Betreibers, im speziellen wegen der hohen Kosten und der technischen Probleme der Kalkdosierung (Ablagerungen an Belüftern etc.) wurde vom Betriebspersonal eine Versuchskläranlage im Maßstab 1:1.000 errichtet.

In der ersten Betriebswoche der Versuchsanlage musste der Belebtschlamm 2x gewechselt werden, trotz laufender pH- Einstellung stellten die Nitrifikanten die Tätigkeit ein, der installierte Tellerbelüfter war durch Kalkablagerungen nur mehr teilwirksam.

Der Versuchsbetrieb konnte erst stabil gehalten werden, als man anstatt reiner Nitrifikation auf intermittierenden Betrieb mit Denitrifikation umgestellt hat. Als C- Quelle für die Denitrifikation wurde Trübwasser aus dem VED. verwendet, die Kalkmilchdosierung konnte eingestellt werden.

Diese Erfahrungen wurden in ein Verhandlungsverfahren zur Planungs- und Bauleitungsvergabe eingebracht und von den Bewerbern Lösungsvorschläge zur Trüb- und Filtratwasserbehandlung in Absprache mit dem Verfahrensgeber verlangt.

Vom Auftragnehmer, der Planungsgruppe Büro Dr. Lengyel, DI Kaiser, ETS Salzmann wurden gemeinsam mit dem Verfahrensgeber Prof. Dr. Matsche` und in Zusammenarbeit mit dem Betreiber, die Detailplanung für die getrennt biologische Trüb- und Filtratwasserbehandlung erarbeitet und umgesetzt.



SBR-Becken mit Pontons

Verfahrensbeschreibung: Das bestehende BB 3 / 1.Stufe (1.000 m³) wurde mittels einer Trennwand in 2 SBR- Becken mit getrennten Beschickungsleitungen für:

- max. 180 m³ Filtrat - Schneckenpresse/d – ca. 900 - 1000 mg/l NH₄-N an Entwässerungstagen (12 h Entwässerungsbetrieb), fallweise Trübwasser Faulung und NED.
- ca. 100–150 m³/d Überlauf- VED als C-Träger für DENI - NH₄-N ca. 60 mg/l

- max. 450–500 m³ nitrifizierender Überschussschlamm aus der Biologie 2
- die hydraulische Beschickung beträgt im Mittel in Summe 5 -600 m³/d

Beide Becken werden abwechselnd je 1 Stunde belüftet bzw. gerührt, in der DENI – Phase werden die Trüb -und Filtratwässer zudosiert. Ab einem unteren pH- Grenzwert wird die Nitrifikation unterbrochen.

Der derzeitige Betrieb wird als Durchlaufreaktor gefahren, das heißt dass bei Beschickung gleichzeitig der Belebtschlamm und Abwasser in die Starklaststufe 1 verdrängt wird. Zur Einstellung des erforderlichen Schlammgehaltes können bei n-Zyklen/d die Rührwerke während der Beschickung abgeschaltet werden und nur Klarwasser verdrängt werden.

Die Anlage kann auch im klassischen Aufstau – und Absenkbetrieb mit 4-6-8- h-Zyklen gefahren werden. Der Abzug erfolgt über schwimmende Abzugspumpen.

Die im Mittel erbrachte **N-Entfernung** liegt bei **90 %**, selbst bei einzelnen Presstagen mit mehr als 18 h Dauer sind keinerlei erhöhte Ammoniumwerte messbar. Die NH₄-N Konzentrationen des Ablaufes sind bei Stichproben ständig unter der Konzentration der Gesamtzulaufwerte (20–40 mg/l). Die Rückbelastungen aus der Schlammlinie werden fast vollständig eliminiert.

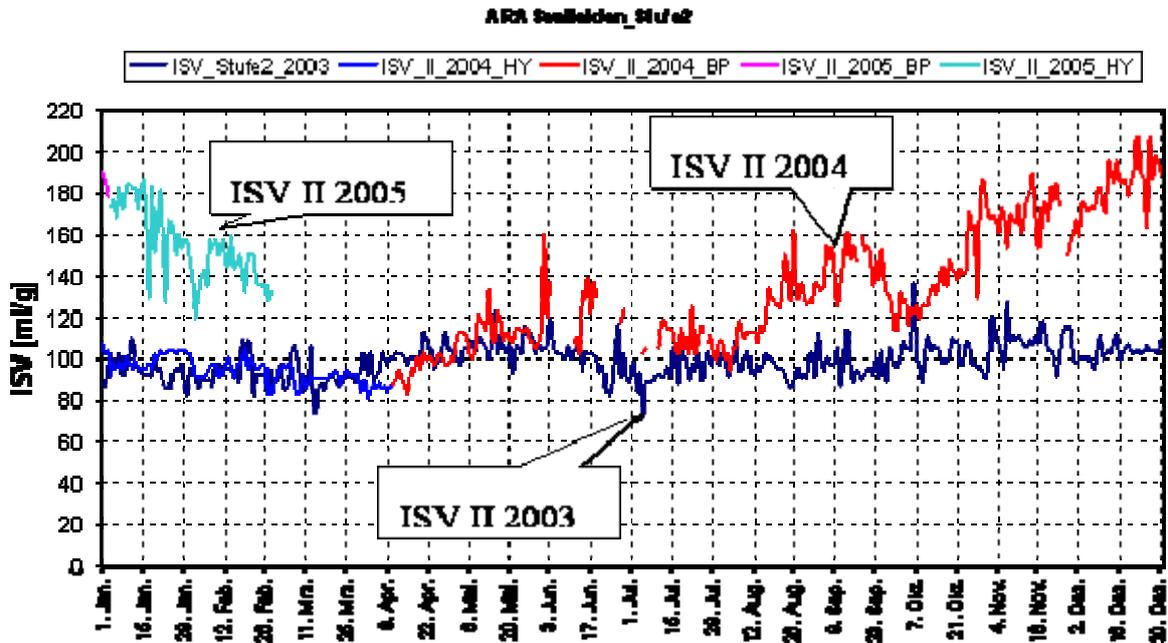
Auf Grund fehlender Probenehmer und ständigem Belebtschlammanteil im Ablauf sind genauere Bilanzierungen kaum möglich. Das bisherige Ergebnis zeigt, dass durch das ständige zuführen von Nitrifikanten sehr stabile Betriebsverhältnisse bestehen, die Betriebsführung beschränkt sich auf fallweise Stichproben. Es werden keinerlei externe C-Träger, Kalk etc. benötigt.

Ein weiterer Vorteil an der gewählten Betriebsweise liegt im gemeinsamen Abzug des Überschussschlammes aus der Biologie 1 als Mischschlamm aus dem ÜS - BB1, BB2 und Trübwasserbehandlung. Der Betrieb des Seihbändeindickers wird durch die annähernd gleiche Schlammbeschaffenheit wesentlich erleichtert.

3.5 Ergebnisse – Versuchsbetrieb mit Bypass 1. Stufe

Im Zuge der allgemeinen Betriebsoptimierungsarbeiten und Auswertung der Daten über verschiedene Betriebsweisen z.B. mit Rückpass und ohne Rückpass wurde,

angeregt durch einen Bericht über den Ausbau der Wiener Zentralkläranlage, eine Versuchsanordnung für einen Bypassbetrieb ausgearbeitet.



Ab Mai 2005 wurden ca. 20 l/s bzw. 1.800 m³/d Rohabwasser nach den VKB über die Rezirkulationsleitung direkt in die Stufe 2 abgeleitet. Gleichzeitig wurde die Hybridschlammmenge I (BB1-BB2) um ca. 50% reduziert. Die DENI-Leistung der 2. Stufe konnte dabei nach anfänglichen Umstellungsproblemen auf dem Niveau des Jahres 2004 gehalten werden. Durch Erhöhung der Bypassmenge konnte kurzfristig die N-Entfernung auf über 90% gesteigert werden.

In der Umstellungsphase wurde ein Ansteigen des ISV von **90 ml/g auf 120 ml/g** (innerhalb von 6 Wochen) nach weiteren 2 Monaten wurde der Ausgangswert wieder erreicht. Ab Mitte August stieg der Index kontinuierlich **bis 15. Jänner auf 200 ml/g**. Der Test sollte die Auswirkungen des saisonalen Belastungsanstieges bei der Bypassbetriebsweise aufzeigen, es musste jedoch die Notbremse gezogen werden. Bei hydraulischen Stossbelastungen durch Niederschläge war Schlammabtrieb zu befürchten.

Eine sofortige **Umstellung auf den Hybridbetrieb** mit Ablaufrezirkulation stellte die Einhaltung der Ablaufwerte sicher, gleichzeitig **sank der ISV innerhalb von 6 Wochen unter 130 ml/g**.

Die mikroskopischen Schlammuntersuchungen zeigten minimalen Zuwachs von Fadenbakterien, gute Artenvielfalt aber eine sehr feine Flockenstruktur. Nach der Umstellung änderte sich die Schlammbeschaffenheit rasch wieder zu kompakten mittelgroßen Flocken.

Die genauen Gründe für die Veränderungen in der Schlammbeschaffenheit beim Bypassbetrieb sollten zukünftig besser untersucht werden, da gleiche oder ähnliche Auswirkungen auch bei anderen Kläranlagen mit verschiedenen Systemen festgestellt wurde.

Dieser Versuchsbetrieb zeigte für den Betreiber, dass selbst bei Belastungsänderungen, eine Verfahrensumstellung mit nicht einschätzbaren Problemen verbunden ist. Auf Grund der positiven Erfahrungen mit dem Hybridbetrieb sowie der guten Anpassbarkeit des Verfahrens an die diversen Belastungsfälle, wird zukünftig die ARA Saalfelden sicherlich ganzjährig mit dem HYBRID – VERFAHREN betrieben werden.

4 Mess- und Regeltechnik – Belüftung - Schlammabzug und Mengenregelung Hybridkreisläufe

Bedingt durch die 2stufige Betriebsweise und die angepeilte möglichst weitgehende Automatisierung des Kläranlagenbetriebes unter wechselnden Belastungsverhältnissen, wurde ein Steuer- und Regelungskonzept mit einem vertretbaren Aufwand an Online -Messtechnik erstellt.

Dieses Konzept wurde in der Planungsphase erstellt, es mussten daher alle vorgesehenen Betriebsweisen Hard -und Software betreffend eingeplant werden.

Neben einem komplett neu erstellten PLS für die gesamte ARA (Bestand und Neubauteile) wurden speziell für die Steuerung und Regelung der Belüftung und der Zu –und Abschaltung von Beckenteilen mehrere Programme entwickelt. Alle Programme können für alle vorgesehenen Betriebsweisen eingesetzt werden und sind auch mit Ersatzprogrammen bei Ausfall von einzelnen Komponenten ausgestattet.

Wegen des großen Umfangs der einzelnen Programme werden hier im Detail nur das Steuer -und Regelungskonzept des Hybridverfahrens beschrieben:

4.1 Starklaststufe

Ziel: In der ersten Stufe sollte in den vier Kaskaden (3 belüftbar) in einem O_2 - Bereich von 0,3 - 0,8 mg/l, die Kohlenstoffentfernung bis auf einen Rest-CSB (keine Vollreinigung wegen DENI – 2.Stufe) erfolgen.

Belastungsabhängig sollte der O_2 -Vorgabewert und das aerobe Beckenvolumen angepasst werden. Die Anzahl der belüfteten Kaskaden sollte wegen Bio-P und vorgeschalteter DENI möglichst gering gehalten werden. Versuche mit CSB und SAK –Sonden im Ablauf BB 1 verliefen negativ.

Lösung: Als Maß der Belastung wird die gemessene Leistungsaufnahme aller für die Erreichung des O_2 -Vorgabewertes erforderlichen Gebläse verwendet.

Bei Erreichen von frei einstellbaren Leistungsstufen werden die Belüfter von Kaskaden zu – bzw. abgeschaltet.

Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass mit einer O_2 -Regelung und Leistungsmessungen der Gebläse die verfahrensbedingt erforderliche Anpassung des O_2 -Gehaltes und des aeroben Beckenvolumens bewerkstelligt werden kann. Der Rest-CSB wird im Mittel auf 80 mg/l gehalten.

4.2 2. Stufe

Ziel: In der 2. Stufe soll die N- Entfernung und die restliche CSB – Entfernung durch Steuerung des aeroben Beckenvolumens bzw. der belüfteten Phasen gesichert werden.

Die Einhaltung des eingestellten NH_4 -N Grenzwertes (ca. 1 mg/l) sollte mit dem geringsten möglichen aeroben Beckenvolumen gesichert eingehalten werden. Das restliche Volumen wird für die DENI zur Verfügung gestellt.

Lösung: Die beiden Umlaufbecken werden in Serie durchfahren, die Belüftungen der Felder und der Selektoren können in insgesamt 8 Stufen zu – und abgeschaltet werden. Die Becken sind mit insgesamt 6 O_2 -Sonden und entsprechenden Regelungen ausgestattet.

Die Grundregelung erfolgt nach Leistungsbedarf – Gebläse für O_2 - Vorgabewert, nach Erreichen von Leistungsstufen werden belüftete Felder zu –bzw.

abgeschaltet. Die 4 Gebläse sind mit frequenzgesteuerten Antrieben ausgestattet. Die min.-und max. Beaufschlagungen der Belüfterfelder wird in die Regelung eingebunden.

Über die oben beschriebene Grundregelung ist eine Regelung der Nährstoffentfernung nach einer Ammonium-Onlinemessung überlagert. Nach dem $\text{NH}_4\text{-N}$ Wert im 2. Umlaufbecken werden Zeitpunkt des Aus- und Einschaltens der Belüftung (z.B. bei 0.8 mg/l ein und bei 0.5 mg/l aus) festgelegt, die Anzahl der belüfteten Felder wird neben dem Grundprogramm zusätzlich auch vom Ammoniumwert beeinflusst (steigender Wert - Vergrößerung des aeroben Volumens.).

Mit dieser Regelung und Steuerung können sowohl Ammoniumspitzen als auch CSB – Stossbelastungen getrennt erfasst werden. Es ist sichergestellt, dass das maximale DENI –Volumen eingestellt ist.

4.2.1 Interne Rezirkulation

Die Drehzahl der Propellerpumpe für die Rezirkulation (BB 2.2 - Selektor) kann abhängig vom Nitratgehalt Ablauf BB 2 (Online-Sonde) gesteuert werden.

4.3 Mengenregulierung Hybridschlamm 1 (BB1 Starklaststufe – BB2)

Der als C-Quelle zur Verbesserung der DENI in die 2.Stufe eingebrachte Belebtschlamm aus der Starklaststufe kann nach fixen Mengenvorgaben oder proportional zum Nitratgehalt gepumpt werden (5-10% des Zulaufes).

Bei gezielter Einbringung in die anoxischen Zonen könnte die Gesamtmenge reduziert werden, die Steuerungsverknüpfungen sowie Leitungen fehlen.

4.4. Mengenregulierung Hybridschlamm 2 (BB2 – BB1) = Überschussschlammabzug BB2

Der Hybridschlamm 2 sollte laut Verfahrensvorgaben direkt in die Starklaststufe zur Einbringung von Nitrifikanten gepumpt werden.

In Saalfelden wird der Hybridschlamm 2 in die getrennte biologische Trübwasserbehandlung gefördert (siehe Kapitel 3.4), und erst als ÜS aus der TW- Behandlung zum BB 1 verdrängt (Vorgabewert TS-Gehalt BB).

Die Mengenregulierung erfolgt über eine einstellbare Mindestmenge, die restlichen Mengen resultieren aus dem ÜS - Schlamm der über eine TS-Sonde im Ablauf BB 2 geregelt und abgezogen wird.

4.5 ÜS-Schlamm Starklaststufe und TW- Behandlung

Der aus der TW –Behandlung stammende ÜS - Schlamm (incl. ÜS BB 2) wird gemeinsam mit dem ÜS – Schlamm der Starklaststufe als Mischschlamm auf den Seihbändeindicker aufgegeben. Die MÜSE wird täglich gestartet und so lange betrieben, bis der eingestellte TS-Gehalt in der Starklaststufe erreicht ist.

4.6 Phosphorfällung

Wegen der stark schwankenden P-Tagesganglinie (Molkereiabwässer) kann die P-Fällung nur nach Onlinemesswerten erfolgen. Die im eigenen Lösebunker hergestellte Fe II -Sulfatlösung wird getrennt in beide Stufen dosiert, ca. 80% des erforderlichen Fällmittels werden in der Starklaststufe mit Beta- Werten unter 1.1 eingesetzt (Ablauf 1.Stufe ca. 1.5–2 mg/l Restgehalt wegen Schlammproduktion 2.Stufe).

Die Einstellung der Ablaufkonzentration auf 0.8 mg/l PO₄-P erfolgt in der 2.Stufe.

Mit der beschriebenen Mess- und Regeltechnik und einem sehr detailliert programmierten PLS können die geforderten Grenzwerte mit großen Sicherheiten erreicht bzw. überschritten werden. Der Mehraufwand resultiert einerseits aus dem 2stufigen Betrieb, dem wegen der stark wechselnden Belastung erforderlichen großen Automatisierungsgrad, und zu einem sehr geringen Teil aus dem Hybridverfahren.

5 Reinigungsleistung – Betriebskosten (Energie)

Die laut Tabelle dargestellten Werte der ARA Saalfelden zeigen, dass die Reinigungsleistung der Anlage wesentlich besser ist als von den Mindestanforderungen der Emissionsverordnung und den Auflagen laut Wasserrechtsbescheid gefordert. Aus technischen Gründen können hier nur Mittelwerte aus den Tagesprotokollen dargestellt werden, Grenzwertunter- bzw. -überschreitungen treten auch bei extremen Belastungswechseln und Temperaturen unter 7°C nicht auf.

Datum	EW 60	CSB Wirkungsgrad (Grenzw. 85%)	Ges. geb. N Wirkungsgrad (Grenzw. 70%)	Energieverbrauch Gesamt	Energ. Verbr./kg BSB ₅ -Abb.	% Eigenstrom
Nr. RBl 13		%	%	kWh/d	kWh/kg	%
	32a	18	24a	43	42a	43g
Jän. 2005	56324	93,3	83,5	3870,0	0,5	89
Feb. 2005	60814	96,9	80,1	4109,3	0,5	86
Mär. 2005	64669	95,9	81,1	4002,3	0,4	98
Apr. 2005	48222	96,1	87,9	3275,5	0,4	92
Mai. 2005	51782	96,5	91,5	3496,6	0,5	87
Jun. 2005	49205	96,8	93,9	3467,9	0,5	84
Jul. 2005	50902	95,6	89,3	3461,2	0,5	73
Aug. 2005	57932	96,4	90,0	3519,8	0,4	87
Sep. 2005	53059	96,1	92,8	3546,9	0,5	85
Okt. 2005	47125	97,1	90,4	3545,0	0,5	87
Nov. 2004	41601	96,6	85,1	3069,0	0,5	98
Dez. 2004	54853	97,5	89,4	3487,1	0,4	92

Jahresmittel	53040,7	96,2	87,9	3570,9	0,46	88,2
--------------	---------	------	------	--------	------	------

Diese auch von der Gewässeraufsicht anerkannt gute Reinigungsleistung wird mit sehr günstigen Energiekosten erbracht. Die spezifischen Energieverbrauchsrate kW/kg BSB_5 –Abbau liegen einzelnen Tagen mit Belastungen über 80.000 EW unter 0.35 kW/kg BSB_5 . Der Mittelwert wird von den Schwachlasttagen bestimmt, an den der Stromverbrauch der Rührwerke über dem der Belüfter liegt. Bei der ursprünglichen Bemessung nach A 131 (einstufig) und bei zusätzlichen 6.600 m^3 Beckenvolumen wäre der Energieverbrauch aus dem Bereich Rührwerke sicherlich wesentlich ungünstiger gewesen.

Der Gasanfall von 25 l/EW/d und der daraus resultierende Eigenstromanteil von 86.9% /Jahresmittel 2005) wird im Jahresschnitt wesentlich vom Eintrag von 1893 kg/TS/d sehr energiereichem ÜS -Schlamm (ca. 70% aus Starklaststufe mit Schlammalter $< 2\text{d}$) und 1621 kg/TS/d Primärschlamm bestimmt. Die Einbringung von Gruben- und Fettabscheiderinhalten beeinflusst den Gasertrag nur an einzelnen Tagen (Mittelwert $2\text{m}^3/\text{d}$ Grubeninhalte und $0.3 \text{ m}^3/\text{d}$ Fettabscheiderinhalt).

Von den 3.618 kWh/d Gesamtenergieverbrauch entfallen ca. 550 kWh/d auf des Zwischenhebewerk Stufe 1 –Stufe 2. Dieses Pumpwerk wurde aus bautechnischen Gründen errichtet, wegen der speziellen Boden und Grundwasserverhältnisse wären die Kosten für Wasserhaltung, Baugrubensicherung, Gründung und Auftriebssicherung bei tieferer Becken Gründung über den Finanzierungszeitraum von 25 Jahren höher als die Pumpkosten gewesen.

Im Falle anderer Boden -und Grundwasserverhältnisse (Entfall des Zwischenhebewerkes) könnte mit dieser Betriebsweise sogar bereits bei einer mittleren Auslastung von 67.61% ein Eigenstromanteil von über 100% erreicht werden.

Zu den vom Verfahren beeinflussten Betriebskosten auf der Ausgabenseite zählen auch der Aufwand für die Hybridschlammumpfen und ein Anteil an zusätzlichen Laborleistungen und Instandhaltungskosten der Messtechnik. Der Großteil dieser Kosten resultiert aus dem Automatisierungsgrad. Eine genauere Feststellung der Kosten wird die Kosten- und Leistungsrechnung 2006 erbringen.

6 Technische Lösungen Wasser – und Schlammlinie

In diesem Kapitel sollen die wesentlichen Bauteile und technischen Änderungen gegenüber den ursprünglichen Planungen bzw. Ausführungen beschrieben und die Vor- und Nachteile aufgezeigt werden.

6.1 Rechenhaus – Sandfang - Vorklärbecken

Die Ausführung mit einem zusätzlichen Rechen im Nebengerinne des bestehenden Rechengebäudes (bei Zulauf >350 l/s und bei Spülstößen in Betrieb) und der Beibehaltung des einstraßigen Sand -und Fettabseiders anstatt der im Erstprojekt vorgesehene Aufteilung des Zulaufs auf zwei Rechen- und Sandfanglinien (Verdoppelung des Gebäudes und des Sandfangs entfallen) hat sich bestens bewährt. Eine selbst entwickelte Sandschleuse vor dem Hauptrechen verhindert Sandablagerungen vor dem Rechen und Sandaustrag > 6 mm Korngröße in das Rechengut.

Das automatische Abwerfen von Zuläufen > 350 l/s vor dem Sandfang in das Regen bzw. VKB 1 und Zurückpumpen bei nachlassenden Zuläufen beschränkt sich auf wenige Stunden/a.

Der vorhandene Drillingsräumer und die automatische Regenbeckenentleerung und Reinigung funktionieren einwandfrei. Bei einseitiger Belastung durch entleerte Becken kommt es zu keinen Schiefläufen.

6.2 Belebungsbecken 1 Starklaststufe und Trübwasserbehandlung

Trotz starker Belastung und niedriger O_2 -Gehalte in der Starklaststufe kommt es zu keinerlei Geruchsbelästigungen. Wegen der speziell entwickelten Betriebsweise der Trübwasserbehandlung (keine Kalkdosierung) und Denitrifikation (siehe 3.4.) treten auch in den SBR –Becken keine Geruchsprobleme auf, sodass auf die vorgesehenen Beckenabdeckungen verzichtet werden konnte.

6.3 Nachklärbecken 1 – Rücklaufschlammumpwerke

Bei den bestehenden NKB-Räumern wurden anstatt der mangelhaft funktionierenden Skimmer -Rinnen in Eigenregie hergestellte hydraulische Schwimmschlammabsaugungen montiert. Diese Räumung funktioniert auch beim extremen Schwimmschlammfall in Umstellungsphasen

Die Aufteilung des Zulaufs erfolgt über getrennt freie Überfälle und eigene Gerinne einwandfrei.

Die auf Grund der fehlenden Schlammtrichter schlechten hydraulischen Einlaufverhältnisse und der ungleiche Schlammabzug durch ein gemeinsames RLS-Pumpwerk wurden durch geregelte Pumpen (1TW-Pumpe und 1RW – Pumpe / Becken) anstatt einer Pumpe je Becken gelöst.

6.4 Belebungsbecken 2

Die installierte Flächenbelüftung erbrachte einen negativen Reinwasser-eintragsversuch (Eintrag und Ertrag nicht erreicht). Durch die gegenseitige Schuldzuweisung (Gebläselieferant und Belüfterlieferant) konnte einerseits eine geringere Fördermenge der Gebläse gegenüber den Werksangaben und andererseits ein Minderertrag der Belüfter festgestellt werden.

Während der Verhandlungen über die Behebung des Mangels, traten im System große Druckverluste (> 150 mbar statt 60 mbar) auf, mehrerer Nachbesserungen (Säuredosierungen) seitens der Belüfterfirma führten zu keinem dauerhaften Erfolg.

Auf Grund einer Mängelrüge an den maschinellen Ausstatter wurden die Flächenbelüfter gegen Tellerbelüfter ausgetauscht. Auf Empfehlung von Herrn Dr. Frey (führte Eintragsversuche durch) wurden zur Verbesserung des Eintrags und der Umwälzbedingungen je eine Kurve der Umlaufbecken mit Belüftern ausgelegt.

Die Vergrößerung der belüfteten Fläche, die Verringerung der Gegenwalzen am Beginn der Belüftungsfelder und die neuen Tellerbelüfter erbrachten einen OP-Wert von 3.4 kg O_2 /kWh statt der geforderten 3.0 kg O_2 /kWh.

6.4.1. Online – Messtechnik BB2

Die Online-Messungen für Ammonium und Phosphat sind in einem Messraum im Gebläsehaus auf dem BB2.1. installiert. Die Probenentnahme -Filtereinheiten waren am Becken installiert. Die Sonden für Nitrat und Trockensubstanz waren im Ablaufgerinne eingebaut.

Neben Erschwernissen bei der Wartung der Geräte kam es trotz Begleitheizungen der Permeatleitungen bei längeren Kälteperioden zu Frostschäden und Störungen.

Seit Herbst 2005 sind alle Messungen (außer O₂ Sonden) im Messraum untergebracht, der Belebtschlamm wird mit einer Tauchpumpe (P 0.6 kW) in ein mit den Filtrax –Platten und den Sonden für pH, NO₃-N und Trockensubstanz bestücktes Becken gepumpt. Seitdem treten keinerlei Störungen auf. Durch die kürzeren Leitungen wird auch die periodische Säuerung der Filtratleitungen erleichtert.

6.5 NKB 2

Im Erstprojekt waren zwei runde NKB mit je 45 m Durchmesser vorgesehen. Die Trichterspitze hätte mittels eines Absenkbrunnens errichtet werden sollen (Plombenunterkante -11m unter Gelände). Wegen der Bedenken seitens des Betreibers in Bezug auf die Boden- und Grundwasserverhältnisse (Grundbruchgefahr) wurden von der Planungsgruppe in Absprache mit dem Verfahrensgeber Querdurchströmte Längsbecken (4 Stück a 56 x 9 m) geplant. Die Aushubsohle befindet sich bei 4.5 m Wassertiefe auf ca. 5.80 m unter Gelände. Aus den Erfahrungen beim Bau dieser Becken (Wasserhaltung, Verankerung und Auftriebssicherung) hätten die Rundbecken nur mit unvermeidbarem Risiko und mit enormen Mehrkosten errichtet werden können.

Die Abscheideleistung der NKB ist bedingt durch die am Beckenboden auf der gesamten Länge befindlichen Einlaufschlitze und die dadurch bedingte Einströmung mit niedriger Geschwindigkeit in den Schlamm Spiegel als Flockungsfilter **hervorragend**. Die Sichttiefe beträgt im Jahresmittel 1.70 m, absetzbare Stoffe sind nicht messbar und ungelöste Stoffe werden mit 5 mg/l gemessen. Diese Werte werden auch bei Stillstand eines Räumers oder bei Störungen über längere Zeit nicht verschlechtert.

Die systembedingten Saugräumer weisen jedoch gegenüber Rundräumern auch bei einwandfreier Konstruktion und Ausführung wesentliche Nachteile auf.

Die gewählte Konstruktion mit 20m Baulänge und Laufwerken auf Eisenbahnschienen und einem mittig gelegenen Seilzugantrieb versprach Vorteile im Winterbetrieb, auf Grund der im Verhältnis zur Länge der Räumern zu kurzen Laufwerke und mangelhafter Ausführung der gesamten Anlage kam es zu mehreren Betriebsunterbrechungen (Räumern fielen mehrmals von den Schienen) und Umbauten.

Die Ausführung der Evakuierung der Saugheberleitungen mittels Wasserstrahlpumpen war zu klein dimensioniert und für den Winterbetrieb nicht geeignet. Wegen undichter Kugelhähne musste laufend nachevakuiert werden.

In mehreren Umbaustufen wurden folgenden Änderungen vorgenommen:

- Verlängerung der Laufwerke und der Schienenführungen
- Antrieb der Räumern statt Seilzug mit Getriebemotoren, Kardanwellen und Ritzeln sowie Zahnstangen an den Schienen montiert.
- Größere Evakuierungsleitungen und Einbau von elektrischen Vakuumpumpen, späterer Einbau von leistungsfähigen Wasserstrahlpumpen – Antrieb mit am Räumern montierten Tauchpumpen in Eigenregie.
- Montage von Schiebern statt Kugelhähnen in beheizten Schränken und Einbau von Rohrbegleitheizungen für Evakuierungsleitungen (Wintersicherheit) in Eigenregie.
- Umbau der Fahrwerksrollen und der Schienenbefestigung, Sanierung der durch die Schienenbefestigung beschädigten Mauerkronen.

Die Räumern bis zur heutigen Funktionssicherheit zu bringen, war für alle Beteiligten mit unvertretbarem Kosten - und Zeitaufwand verbunden. Die Hauptursache für dieses Dilemma lag offensichtlich an der mangelnden Erfahrung eines Konstrukteurs, der versucht hatte, mit Plänen von in der Praxis gut funktionierenden Einzlräumern 20m lange Zwillingsräumer zu bauen.

6.5.1 Regelung Q - RS mit Absenkkästen

Die von der Planung vorgegebene Regelung der Rücklaufschlammmenge über die am Ende der Saugheberleitungen angeordneten vier Absenkkästen, deren hydraulisches Gefälle je nach erforderlicher Rücklaufschlammmenge über elektrische Regelantriebe eingestellt wird, ist sehr anfällig. Die eingestellten Parameter für einen gleichmäßigen Schlammabzug in allen vier Becken sollten bei jeder Änderung der Schlammbeschaffenheit neu angepasst werden.

In der Praxis wird, um ein „hängen bleiben,, eines Beckens zu vermeiden mit zu hohem Rücklaufverhältnis gefahren (162%). Q –RS proportional zu Nachtzuläufen mit 30 - 40 l/s können systembedingt nicht gefahren werden.

Anstatt der Saugheberkonstruktion und des trotzdem erforderlichen Rücklaufschlammumpswerkes 2, hätte man die RS-Förderung auch über innerhalb von Absenkkästen unterhalb der Räumern eingebaute Tauchpumpen bewerkstelligen können. Die Höhenverhältnisse würden einen Rückfluss in die BB 2 im freien Gefälle zulassen.

Die sicher vorhanden Probleme dieser Lösung wie: Anzahl der Pumpen, Gewicht, Stromversorgung am Räumern, zusätzliche Schaltschränke etc. ließen unserer Meinung nach trotzdem eine höhere Betriebsicherheit bei gleichen Betriebskosten erwarten.

Als weitere betriebssichere Variante wäre auch die Errichtung von 4 RS-Schlamm-gerinnen (an jeder Ablaufseite) mit zugeordneten Pumpwerken und 4 Einzelräumen für zukünftige Lösungen zu prüfen.

6.5.2. Schwimmschlammräumung BB 2

Die an den Räubern vorgesehenen Schwimmschlammschilder (vorne und hinten) hätten um ein vollflächige Räumung sicher zu stellen, ein zweimaliges Reversieren der Räumern erfordert. Um dies zu vermeiden (Zeitverlust und Absaugung des Schlammfilters) wurde nur ein in eine Richtung wirkendes absenkbares Schild ausgeführt.

Die Räumung der vom Schild nicht erreichbaren Fläche (ca. 3m Länge) wird mit einer vom Betreiber geplanten hydraulischen Schlammräumung vorgenommen. Die Räumung erfolgt während der Anfahrt des Räumers in die Endlage.

Der am anderen Ende des Beckens installierten Schwimmschlammpumpe sind zwei schräge unter dem Wasserspiegel liegende Betonrampen mit Rinnenausbildung vorgelagert. Der vom Schild antransportierte Schlamm wird in die Rinne geschoben, das Schild dichtet mit Gummilippen ab und das Wasser-Schlammgemisch wird in den Fettabscheider gepumpt. Über eine Bohrung wird selbsttätig Spülwasser nachgeführt. Frostprobleme bestehen nicht, händischer Reinigungsaufwand ist nicht erforderlich.

6.6. Schlammlinie

Die Änderungen in der Schlammlinie betrafen hauptsächlich den Einbau eines Seihbändeindickers, diverse Optimierungen bei den Eindickern, die Errichtung eines Schlammstapels und den Einbau einer Schneckenpresse. (siehe KAN Folge 13 ISBN 3 – 902084 – 24 – 3 Seite 63 – 74).

Der gesamte Schlammbereich funktioniert derzeit gut, das vorhandene Faulraumvolumen ist auch für künftige Belastungssteigerungen ausreichend und könnte in Schwachlastzeiten zur Co-Fermentation von Speiseresten etc. verwendet werden. Mit zukünftigen technischen Entwicklungen betreffend Klärschlammdeintegration bzw. Maßnahmen zur Reduzierung des Schlamm-anfalles könnte auch ganzjährig eine bessere Auslastung und damit eine wirtschaftliche Verbesserung erreicht werden.

7 Zusammenfassung

Die nun seit dem letzten Ausbau fünfjährigen positiven Betriebserfahrungen mit der Kläranlage Saalfelden (1.Inbetriebnahme 1986) zeigen, dass trotz der langen Vorlauf - und Errichtungszeiträume (in mehreren Planungsphasen und Bauabschnitten) die Anlage derzeit sicherlich noch als moderne Kläranlage bezeichnet werden kann.

Wie bereits in den WIM Band 166 Seite 331 – 356 dargestellt, hat der Verband durch die Durchführung eines Ideenwettbewerbes zur Anpassung der ARA (1992), Verfahrensänderung wegen Änderung der Ausbaugröße (1997), Verhandlungsverfahren zur neuerlichen Planersuche mit Optimierungsvorgaben (1998), endgültige Ausführungsplanung (1999) viel Zeit und Geld investiert, um nunmehr dafür eine den besonderen Belastungsverhältnissen angepasste und bestens funktionierende Kläranlage zu bekommen.

Durch diese mehrmaligen und von verschiedenen Büros durchgeführten Planungsarbeiten konnte der Betreiber für die endgültige Detailplanung sehr detaillierte Grundlagen und Anregungen zur Verfügung stellen. Die Betriebsergebnisse des Bestandes stellten ebenfalls eine gute Planungsgrundlage dar. Erschwerend war sicherlich die bereits vorliegende wasserrechtliche Bewilligung und Förderungszusage, die Gestaltungsfreiheit war daher nicht nur durch die üblichen Zwänge durch die bestmögliche Einbindung des Bestandes eingeschränkt. Das trotzdem im Endeffekt die Anlage den Eindruck erweckt, als wäre das vorliegende Konzept von vornherein in einem Zug errichtet worden, ist dem Engagement und der Gesprächsbereitschaft aller am Planungsablauf Beteiligten zu danken. Besonders hervorzuheben sind dabei:

- Dr. Andreas Unterweger, DI Norbert Nechansky A.d.Sbg.Landesreg.
- Prof. Dr. Norbert Matsche, Patentinhaber - Hybridverfahren
- DI Wolfgang Geyer Büro Dr. Lengyel, DI Richard Kaiser, Claus Salzmann - ETS, und Mitarbeiter - Planungsgemeinschaft ARA Saalfelden

Die im Zuge der Verfahrensänderung seitens des Betreibers angestellten Überlegungen, dass ohnedies nur in den Monaten Mai – Oktober (Temperatur Ablauf > 12°C), die N-Entfernungsraten erbracht werden müssen, und dies auch mit dem reduzierten Beckenvolumen möglich sein wird, wurden durch die Ergebnisse korrigiert. Es werden ohne Mehraufwand auch bei stärkster Belastung im Temperaturbereich unter 8°C N-Entfernungsraten > 80% erreicht.

Die Bedenken, dass die Betriebsführung bedingt durch die Mehrstufigkeit, einen zu großen Aufwand erfordert, wurden ebenfalls relativiert. Durch den hohen Automatisierungsgrad ist der zusätzliche manuelle Aufwand auf zirka 1 – 2 h/d

Labortätigkeit beschränkt. Durch das komplexe PLS wird die Betriebsführung auf Kontrolle und Optimierungsarbeiten (Parametereinstellungen) beschränkt.

Aus der derzeitigen Sicht, sind außer den Problemen mit den Betonschäden, in nächster Zeit keine weiteren Adaptierungen erforderlich. Das allgemeine Problem der Klärschlamm Entsorgung soll über den **DSW** (Dachverband Salzburger Wasser) in einer langfristig gesicherten gemeinsamen Anlage für alle Salzburger Kläranlagen gelöst werden.

Die Betonschäden durch lösenden Angriff, die in letzter Zeit bei ca. 40% der Kläranlagen auftreten, werden von Betontechnologen und vor allem von den Fachleuten der Zementindustrie unter anderem den neuen Betriebsweisen der modernen Kläranlagen zugeschrieben. Die erhöhten Konzentrationen an CO₂ durch die besseren Reinigungsgrade und effektiveren Belüftungssystemen sowie der Säurekapazitätsverbrauch durch die Nitrifikation sollen die Hauptgründe für den chemischen Angriff der Zementmatrix (Kalkanteile) sein.

Bei einer wirtschaftlichen Betriebsweise und bei Einhaltung der Emissionsverordnung, sind oben genannte, den Beton angeblich schädigenden Betriebsbedingungen, nach dem Stand des heutigen Wissens nicht zu vermeiden. Es besteht daher dringender Handlungsbedarf aller Fachleute auf der Betreiber – und Herstellerseite (Betonlieferanten, Zementindustrie) aber vor allem der Wissenschaft (Abwasserfachleute, Materialprüfanstalten, Chemiker, Biologen, Verfahrenstechniker usw.) um dieses Problem zu lösen.

Alle derzeit mit herkömmlichen und den Normen und Richtlinien entsprechenden Betonen gebauten Kläranlagen, sind mit einer Wahrscheinlichkeit von über 40% die nächsten Sanierungsfälle!!

Korrespondenz an:

Autor	Matthias Dum
Institution	ehemals RHV Pinzgauer Saalachtal
Privatadresse	5760 Saalfelden Harham 41
Tel.:	0699 100 59936
e-Mail:	matthias.dum@sbg.at

Zweistufiges Belebungsverfahren

Ing. Werner Schättle, Dipl.-Ing. Michael H. Gasser

Wasserverband Region Hohenems, Rudhardt + Gasser · Ziviltechniker

Kurzfassung: Zur Erreichung des gesetzlich geforderten Stickstoffabbaus und zur Schaffung neuer Anschlussreserven wurde auf der für C-Entfernung dimensionierten ARA Hohenems ein Anpassungsprojekt umgesetzt. Aufgrund fehlender Platzreserven musste mit den bestehenden Beckenkubaturen das neue Reinigungsziel erreicht werden.

Die Leistungssteigerung von 150.000 auf 171.600 EW_{60} bei gleichzeitiger Erreichung des vollständigen Stickstoffabbaus wurde durch eine besondere Verfahrensführung (Hybridverfahren), durch Aktivierung vorhandener hydraulischer Reserven und eine externe Trübwassernitrifikation erreicht. Die Abwässer werden ohne Vorklärung in eine Hochlastbiologie mit hoher Schlammbelastung und niedrigem Schlammalter eingeleitet, danach findet eine Zwischenklärung statt. Die Endreinigung und Denitrifikation erfolgt in einer fünfkaskadigen Schwachlastbiologie. Zusätzlich zu den Rücklaufschlammkreisläufen sind weitere interne Schlammkreisläufe vorhanden.

Die baulichen und maschinellen Arbeiten sind noch nicht abgeschlossen. Über erste Betriebserfahrungen im direkten Vergleich der bisherigen für C-Abbau ausgelegten konventionellen Belebtschlammanlage und der neuen Hybridanlage wird berichtet.

Die Auswirkungen auf Reinigungsleistung, Energieeinsatz, Schlammfall und Gasproduktion sind durchwegs positiv. Investitions- und Betriebskosten sind im Vergleich mit herkömmlichen Ausbauprojekten niedrig.

Keywords: zweistufige Biologie, Hybridverfahren, ARA Hohenems, Eigenenergiedeckungsgrad, Stickstoffelimination, Trübwasserbehandlung, Faulgasnutzung

1 Allgemeines

Der Wasserverband Region Hohenems geht in seinen Grundzügen bis auf das Jahr 1965 zurück. Der Verband reinigt die Abwässer von fünf Gemeinden im Rheintal mit insgesamt 38.168 Einwohnern. Der Anschlussgrad beträgt aktuell 98,8 %, die zwei größten Gemeinden Götzis und Hohenems entwässern im Mischsystem, angeschlossen sind 330 ha Mischsystem. Die restlichen Flächen werden im Trennsystem entwässert. Aufgrund extrem setzungsempfindlicher Böden und hoher Grundwasserstände müssen starke Anstrengungen unternommen werden, um Fremdwassereintritte abzustellen. Der finanzielle Aufwand dafür ist hoch.

Die aktuelle Belastung liegt bei 150.000 E + EW, davon stammen ca. 30 % aus den Haushalten, der Rest aus Industrie und Gewerbe. Dominierend sind Betriebe der Textilverarbeitung.

Nachfolgende Grafik zeigt die Herkunft der Wässer. Die angelieferte jährliche Abwassermenge beträgt in etwa das Doppelte der verkauften Trinkwassermengen. In diesem Anteil ist auch das Fremd- und Mischwasser enthalten. Der Hauptzufluss stammt aus den zwei größten Gemeinden, die im Mischsystem entwässern. Die kleineren Gemeinden im Trennsystem liefern geringere Beiträge. Eine Trennsystemgemeinde hat aufgrund des Kanalzustandes einen größeren Anteil an Fremd- und Mischwasser. Die Jahresabwassermengen schwanken im langjährigen Mittel zwischen 4,4 und 6,3 Mio. m³.

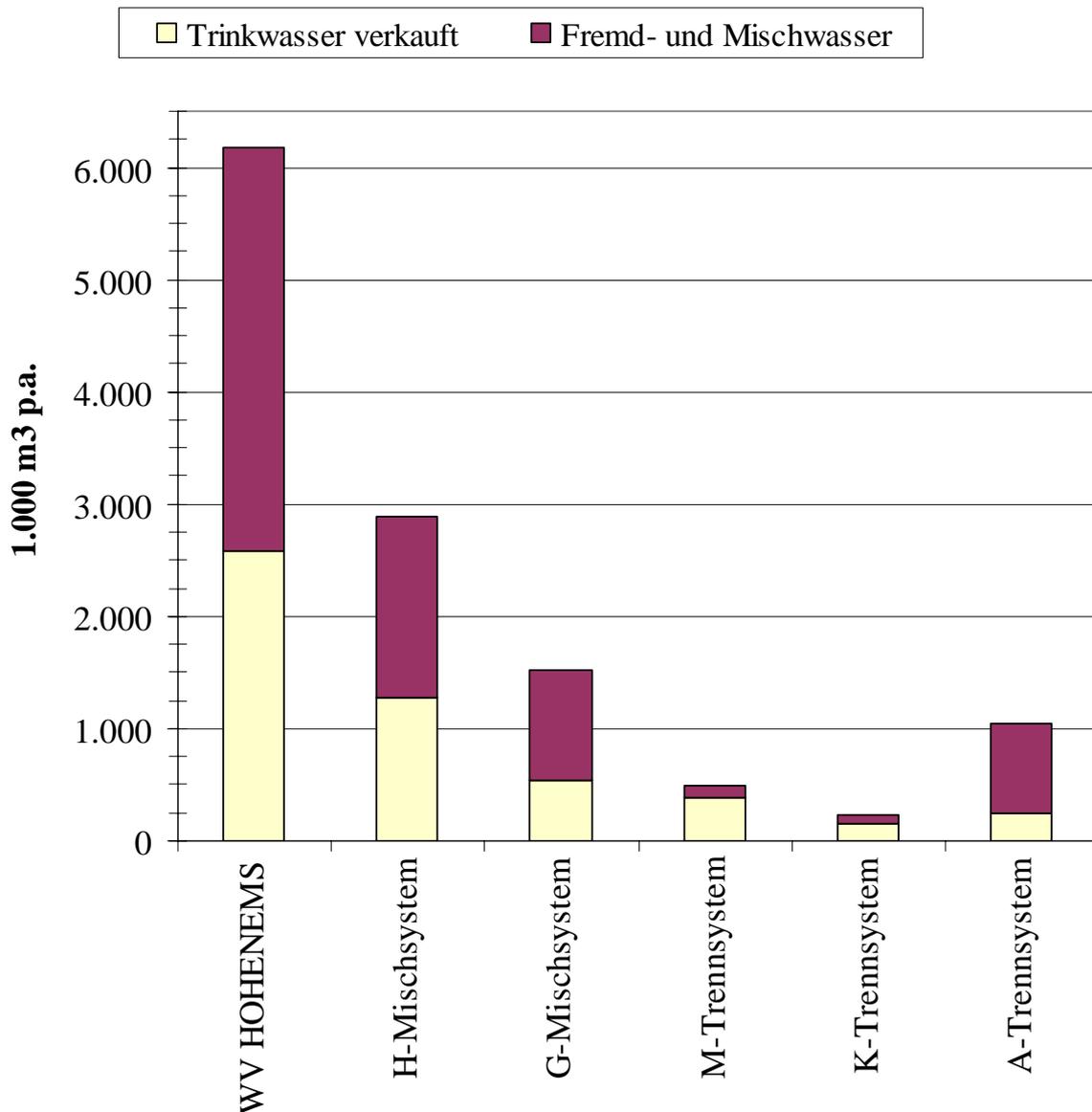


Abbildung 1: Abwasseranfall aus den Mitgliedsgemeinden, Anteile Fremd- und Mischwasser

Die ARA wurde von 1979 bis 1981 errichtet. Die Auslegung erfolgte für Kohlenstoff- und Phosphorentfernung. Die Phosphorentfernung war aufgrund der Anforderungen der Bodenseerichtlinie von Anfang an verbindlich.

Die Anlage entspräche auch ohne Umbau hinsichtlich Kohlenstoffentfernung dem Stand der Technik. Die Ablaufferfordernisse wurden erfüllt. Aufgrund der Ersten AEV für kommunales Abwasser war zur Stickstoffentfernung Handlungsbedarf gegeben.

Nach mehreren Projektierungsschritten (IST-Zustandserhebung, Variantenuntersuchung, Vorprojekt, Detailprojekt) wurde die Anpassung an den Stand der Technik beschlossen. Tabelle 1 zeigt die Grundlagen der Anlagenauslegung:

Tabelle 1: Auslegungsfrachten

	Auslegung 1977	Auslegung 2002
BSB ₅	9.000 kg/d	10.300 kg/d
CSB	12.000 kg/d	22.700 kg/d
NH ₄ -N		780 kg/d
GesP		210 kg/d

Aufgrund der mittelfristig zu erwartenden AEV-Mischwasser und mehrerer unregelmäßiger Mischwasserentlastungen im Verbands- und Gemeindekanalsystem wurde eine mehrstufige Vorgangsweise gewählt. Die Hauptkomponenten der Anlagenhydraulik wurden auf die endgültige Ausbauwassermenge konzipiert. Mit einer Kanalnetzmodellierung soll entschieden werden, ob die Mischwasserbehandlung durch Maßnahmen im Kanalnetz oder durch Erweiterung der Nachklärung auf der ARA erfolgen soll. Die Schnittstellen wurden vorbereitet, die hydraulische Auslegung ist vorgesehen.

Die Anlage wurde 1981 vollständig zweistraßig im Belebtschlammverfahren mit getrennter anaerober Schlammstabilisierung errichtet. Die Bauwerke Sandfang, Vorklärbecken, Biologie und Nachklärung sind redundant vorhanden. Die Gebläsestation war für beide Biologielinien gemeinsam vorgesehen, eine Außerbetriebnahme in Linien war somit jederzeit möglich. Der Sandfang wurde als Längssandfang mit Walzenströmung, das Vorklärbecken als Rechteckbecken mit Schildräumer ausgeführt. In der Biologie wurden nach einigen Jahren Betriebserfahrung Selektoren nachgerüstet. Der Lufteintrag wurde mit ausklappbaren Keramikbelüfterfeldern, Fabrikat Schumacher, vorgenommen. Damit wurde eine Walzenströmung erzeugt.

Separate Rührreinrichtungen waren nicht erforderlich. Die Nachklärbecken wurden als Rundbecken mit umlaufender Zahnschwelle und Schildräumen errichtet.

Der Gewässerzustand vor Errichtung der Kläranlage wurde vom Umweltinstitut Bregenz der Gewässergüteklasse III (stark verschmutzt) zugewiesen. Seit Erstinbetriebnahme der ARA hat sich der Zustand auf Güteklasse II bis III verbessert, fallweise konnte über längere Zeit der Zustand II eingehalten werden. Zukünftig soll der Zustand II (mäßig belastet) konstant eingehalten werden können, da der Vorfluter Koblacher Kanal flussabwärts noch durch weitere Groß-Kläranlagen, Mischwassereinleitungen und diffuse Einträge aus der Landwirtschaft belastet wird, bevor er in das Badegewässer Bodensee einmündet.

2 Anpassungserfordernis – rechtliche, technische und finanzielle Rahmenbedingungen

Die Anlagenüberwachung der letzten Jahre zeigt eine konstante Einhaltung der Abbauleistungen bei den Kohlenstoff- und Phosphorparametern. Stickstoff konnte im Jahresmittel nur zu knapp 50 % abgebaut werden, die Nitrifikation erfolgte nahezu vollständig, die Denitrifikation war jedoch starken Schwankungen unterworfen.

Da der Vorfluter „Koblacher Kanal“ ein relativ leistungsschwaches Gewässer darstellt und, da auch ca. 10 km nördlich von Hohenems ein weiteres Anpassungsprojekt einer kommunalen Kläranlage geplant war, wurde die Zusammenlegung auf einen Standort untersucht. Die technischen Schwierigkeiten der Mischwasserbehandlung, die Geruchsentwicklung in Pumpendruckleitungen sowie Investitions- und Betriebskostenbewertung haben eine getrennte Weiterentwicklung der Projekte als sinnvollste Variante ergeben.

Von den politischen Gremien des Wasserverbandes Hohenems wurde nach Beschlussfassung über die eigenständige Weiterentwicklung, eine relativ harte kostenmäßige Vorgabe (2002: EUR 4,1 Mio.) eingeführt.

Weiters wurde vorgegeben, den Ausstattungsstandard entsprechend dem Stand der Technik zu wählen, jedoch Investitionen in übergroße Reserven bzw. in den Verwaltungs- und Administrationsbauteilen gering zu halten. Während der gesamten Projektphase erfolgte ein aktives Kostencontrolling durch die Vorstandsgremien. Projektänderungen wurden durch neue rechtliche Bestimmungen der Vorarlberger Luftreinhalteverordnung und zusätzliche Schallschutzmaßnahmen für die Anrainer erforderlich.

Die Vorgaben möglichst wenig Finanzmittel in Bauwerke zu investieren und die bereits stark ausgenutzten Grundflächen und Beckenkubaturen haben nach mehreren Variantenprüfungen gezeigt, dass eine Standardbemessung nach ATV A131 ohne Grundstückankauf bzw. Absiedelung von Nachbarobjekten unmöglich ist.

Vorgabe des Betreibers war, die Anlage weiterhin in zwei Linien betreiben zu können, dies war auch zwingend für den laufenden Betrieb während der Umbaumaßnahmen erforderlich. Weiters sollte die Betriebsweise als einstufige Biologie möglich sein.

In Zusammenarbeit mit der TU Wien wurde der Ausbau im Hybridverfahren beschlossen. Von der Behörde wurden folgende Konsenswerte bewilligt:

Tabelle 2: Ablaufgrenzwerte Erstbewilligung und Anpassungsprojekt

	Auslegung 1977	Auslegung 2002
BSB ₅	< 15 mg/l, > 93 %	< 15 mg/l, > 95 %
CSB ^{*)}	< 60 mg/l	< 60 mg/l, > 90 %
GesP ^{*)}	< 0,3 mg/l > 95 %	< 0,5 mg/l > 95 %
abf. Stoffe	< 15 mg/l	
NH ₄ -N		< 5 mg/l (T > 8° C)

*) Vorschreibung aus der Bodenseerichtlinie
...

zusätzlich: maximale
Jahresablauffrachten

Zusätzlich zu den üblichen Konsenswerten entsprechend der AEV Kommunales Abwasser bzw. der Bodenseerichtlinie wurden erstmalig Jahresablauffrachten für alle Nährstoffparameter vorgeschrieben.

Laut Kostenschätzung vom Mai 2002 belaufen sich die Gesamtkosten auf netto EUR 4,1 Mio.. Die Finanzierung erfolgt über Förderungszuschüsse des Landes Vorarlberg bzw. der Kommunalkredit Publik Consulting im Gesamtausmaß von EUR 1,83 Mio., der Rest über Eigenmittel und Kredite.

Die Umsetzung hat gezeigt, dass entsprechend den Vorgaben der Vorarlberger Luftreinhalteverordnung die bestehenden Kraft-Wärme-Koppelungsanlagen (Gasmotoren, die direkt Gebläsestufen antreiben) nicht mehr weiter betrieben werden dürfen. Als Folge dieser neuen Richtlinien wurden umfangreiche Änderungen an der Gaslinie erforderlich, die Mehrkosten dafür betragen netto EUR 0,6 Mio.

Während der baulichen Ausführung hat sich herausgestellt, dass verschiedene Anlagen, Komponenten und Rohrleitungen, die in Behältern eingebaut waren, auszutauschen waren und, dass dafür weitere Mehrkosten von EUR 0,4 Mio. erforderlich wurden. Somit kann die Gesamtmaßnahme im Dezember 2006 mit einer Abrechnungssumme von netto EUR 5,1 Mio. abgeschlossen werden.

3 Eckdaten der Planung

Der nachfolgende Vergleich in Tabelle 3 zeigt die ursprünglichen Bemessungsannahmen von 1977, den IST-Zustand 2000 sowie die Prognoseberechnung für das Ausbauprojekt.

Die Bevölkerungsentwicklung verlief weitestgehend entsprechend der Prognose von 1977. Die industrielle Belastung hat trotz Rückgangs der Textilindustrie in den letzten Jahren nahezu das Zweieinhalbfache der ursprünglichen Annahme erreicht.

Tabelle 3: Entwicklung der Anschlusswerte

Ermittlung der Anlagenbelastung (EW ₆₀)	Auslegung 1977		Auslegung 2002	
	Prognose 2000	Prognose 2050	Istzustand 2000	Prognose 2025
E Einwohner	48.000	80.000	38.000	51.000
EW Einwohnerwerte (Ind. + Gewerbe)	30.000	70.000	70.000	121.000
E+EW	78.000	150.000	108.000	172.000

Für das Anpassungsprojekt wurden deshalb beim industriellen Wachstum höhere Wachstumsraten (nur bei den Schmutzfrachtparametern, nicht bei den hydraulischen Parametern!) angesetzt.

Daraus ergibt sich eine zukünftige Ausbaugröße von 171.700 EW₆₀:

Tabelle 4: Entwicklung der Bemessungswerte

Projektvorgabe, rechtl. Anforderung	Auslegung 1977	Auslegung 2002
	Entfernung C, P	Entfernung C, N, P
Bemessungswert BSB5	150.000 EW 60	171.700 EW 60
Q _{TW}	24.000 m ³ /d	24.000 m ³ /d
TW _{,Max}	470 l/s	480 l/s
QRW _{,Max}	1.200 l/s	600 l/s

Im Projekt war vorgesehen, die bestehenden Becken zu nutzen, zusätzliche Volumen zu schaffen und im Sinne des Hybridverfahrens miteinander zu verknüpfen.

Folgende baulichen Änderungen wurden ausgeführt:

Der Wasserspiegel im Sandfang wird nach Anhebung mittels Klappwehr auf eine konstante Höhe eingeregelt. Anschließend wird das Rohabwasser ohne weitere Vorreinigung direkt in die Hochlastbiologie (¼ der alten Biologie) eingeleitet. Durch Umbaumaßnahmen konnten hydraulische Mehrkubaturen im Vergleich zum Bestand gewonnen werden. Nach Passage der Hochlastbiologie erfolgt die Zwischenklärung in den ehemaligen Vorklärbecken. Mit dem Ablauf der Zwischenklärbecken wird die Schwachlastbiologie beschickt.

Tabelle 5 zeigt eine Gegenüberstellung der Anzahl der Becken, der neuen und der alten Volumina sowie der benötigten Grundflächen. Bei Beibehaltung aller vorhandenen Becken wurden knapp 10 % zusätzliches Volumen gewonnen. Zur Reinigung interner Trüb- und Stapelwässer wurde ein Trübwasserbehälter (440 m³) für die externe Nitrifikation errichtet.

Tabelle 5: Übersicht Beckenkubaturen und Flächenbedarf

Anlagenbestand, Hauptbestandteile	Auslegung 1977			Auslegung 2002		
	Anzahl (Stk)	Volumen (m ³)	Fläche (m ²)	Anzahl (Stk)	Volumen (m ³)	Fläche (m ²)
Sandfang	2	726	600	2	750	600
Vorklärbecken	2	3.160	1.000	0	0	0
Biologie/Hochlast	2	6.900	1.760	2	2.200	430
Zwischenklärbecken	0	0	0	2	3.240	1.000
Schwachlast	0	0	0	2	5.500	1.330
Nachklärung	2	4.400	2.400	2	4.400	2.400
Trübwasserbehälter	1	0	0	1	440	38
Summe	9	15.186	5.760	11	16.530	5.798
		100%	100%		108,9%	100,7%

4 Betrieb der Biologie

Die Hochlastbiologie wird vor allem zum Kohlenstoffabbau mit niedrigem Schlammalter, hoher Raumbelastung (ca. 4 bis 5 kg/m³.d), hoher Schlammbelastung (ca. 2 bis 2,5 kg/kg.d) und konstant geregelttem Sauerstoffgehalt (1,5 bis 2,5 mg/l) betrieben. Die Umwälzung erfolgt nahezu ausschließlich mit Lufteintrag. Zusätzlich sind für längere Anaerob- oder Anoxzeiten Hyperboloidrührwerke mit vertikaler Welle eingebaut. Die Belegungsichte, die Lufteintragsmengen und die Sauerstoffzehrung sind in der Hochlastbiologie am größten.

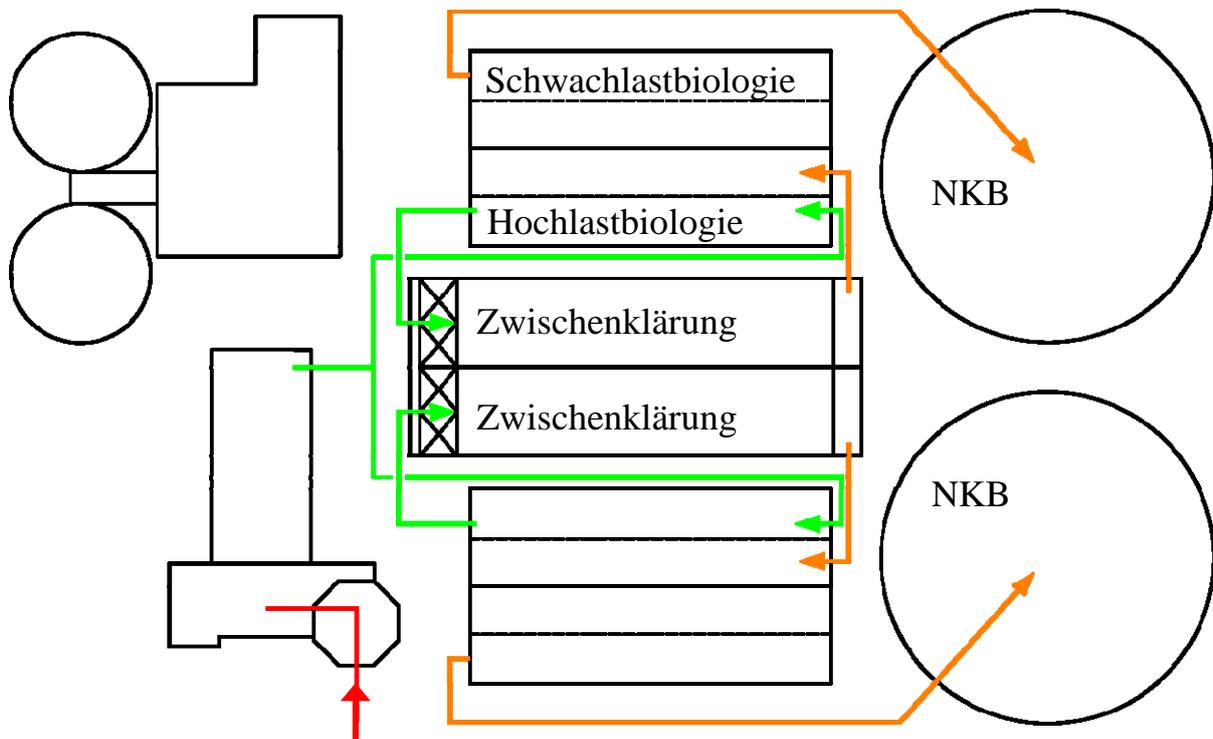


Abbildung 2: Hybridverfahren – Abwasserlinie

In der Zwischenklärung erfolgt eine Abscheidung des Belebtschlammes aus der Hochlastbiologie. Aus dieser wird auch der gesamte Überschussschlamm abgezogen. Neben dem Rücklaufschlammkreislauf existiert ein weiterer Schlammkreislauf mit dem Hochlastbiologieschlamm zur Denitrifikation in die Schwachlast übergepumpt wird.

Die Schwachlastbiologie wird seriell in fünf gleich großen Zonen durchströmt, jede Zone für sich ist anaerob/anoxisch betreibbar. Alle Zonen sind mit eigenen Hyperboloidrührwerken mit vertikaler Welle und trocken aufgestelltem Motor ausgestattet. Der Belebtschlamm der Schwachlastbiologie wird in der bestehenden Nachklärung abgeschieden. Neben dem internen Rücklaufschlammkreislauf der Schwachlastbiologie existiert ein weiterer kleiner Schlammkreislauf von der Schwachlastbiologie zur Hochlastbiologie.

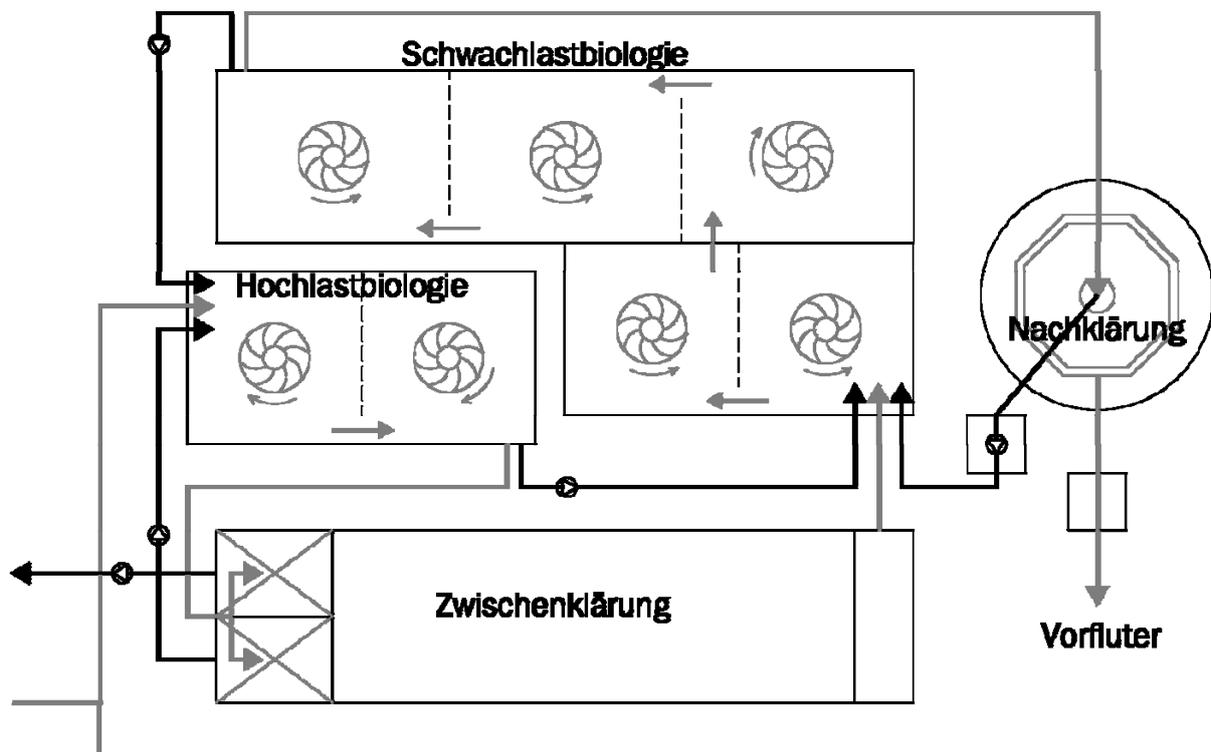


Abbildung 3: Hybridverfahren Schlammkreisläufe, Abwasserlinie

Die Schwachlastbiologie wird üblicherweise in den ersten Zonen anaerob betrieben. Die Schlammbelastung liegt bei 0,1 bis 0,2 kg/d, die Raumbelastung bei 0,25 bis 0,5 kg/m³/d. Zur Aktivierung aller hydraulischen Reserven in der Anlage sowie des bisher relativ ungleichmäßigen Abzuges durch die Zahnschwellenanlage (Windverfrachtung) wurden die Nachklärbecken auf getauchten Abzug umgerüstet. Der Beckenwasserspiegel wird durch Klappwehre konstant geregelt. Für die Behandlung der Trübwässer aus der Schlammmentwässerung wurde ein separater SBR-Reaktor mit eigenständiger Belüftungs- und Rührereinrichtung errichtet, zur Zeit erfolgt die Inbetriebnahme.

Die Lufterzeugung für die Hochlastbiologie beider Linien wird mit vier Stück Wälzkolbengebläsen bewerkstelligt. Zwei dieser Wälzkolbengebläse sind mit Gasmotoren direkt angetrieben, da für die Hochlastbiologie geringerer Regelbedarf besteht. Die Regelbandbreite für die Hochlastbiologie ist dennoch im Bereich 1 : 10 vorgegeben.

Die Schwachlastbiologien erhalten pro Linie je eine separate Gebläsestation in der jeweils drei Gebläse aufgestellt sind. Dort ist eine 100 %ige Redundanz sowie ein Regelbereich von 1 : 20 gegeben.

Die Gegenüberstellung der Lufterzeugungsanlagen 1977 zu 2002 zeigt, dass die Anzahl der Aggregate deutlich größer geworden ist, und, dass die installierte Gesamtantriebsleistung und Luftmenge um 50 % gestiegen ist.

Tabelle 6: Aggregatübersicht Lufterzeugung und Umwälzung

	Auslegung 1977	Auslegung 2002
--	-----------------------	-----------------------

Lufterzeugung (Gesamtenergie-Spitze)

Anzahl Gebläse mit E-Antrieb	3 Stk	9 Stk
Anzahl Gebläse mit KWK-Antrieb	2 Stk	2 Stk
elektr./mechan. Gesamtleistung	425 kW	603 kW
erzeugbare Luftmenge	16.000 m ³ /h	26.650 m ³ /h

Umwälzung

Anzahl Aggregate	0 Stk	14 Stk
elektrische Gesamtleistung	0 kW	16 kW

Aus der Gegenüberstellung der Schlammkreisläufe folgt, dass die hydraulischen und elektrischen Anschlussleistungen deutlich erhöht wurden.

Tabelle 7: Interne Schlammkreisläufe – hydraulische Förderleistungen und elektrische Anschlusswerte

	Auslegung 1977	Auslegung 2002
Schlammkreisläufe		
Anzahl Kreisläufe	2 Stk	4 Stk
Anzahl Aggregate	8 Stk	10 Stk
elektrische Gesamtleistung	28 kW	38 kW
hydraulische Gesamtleistung	650 l/s	860 l/s

5 Elektro-, Mess-, Steuer- und Regeltechnik-Konzept

Die ARA wird über eine eigene Trafostation (Transformatoren 2 x 630 kVA) aus dem Mittelspannungsnetz versorgt.

Neben einem neuen Hauptverteiler und den für die Erweiterung der Anlage erforderlichen dezentralen Unterverteilern wurden auch bestehende Unterverteiler angepasst bzw. erneuert.

Für die Notversorgung der Anlage (Ausfall des Mittelspannungsnetzes) steht ein 500 kVA Dieselnostromaggregat zur Verfügung. Im Notstromfall erfolgt ein automatischer Lastabwurf vorgewählter Hilfsbetriebe.

Steuerung, Regelung und Überwachung der Anlage erfolgt über dezentrale, in den jeweiligen Unterstationen eingebaute speicherprogrammierbare Steuerungen. Die dezentrale Peripherie, das sind Multiparametermesssysteme, Motorsteuergeräte, Frequenzumrichter, Regulierschieber etc. sind über ein Bussystem, basierend auf dem Profibus vernetzt. Die Netzkonfiguration ist in Stern- und Reihenstruktur ausgeführt. Die Übertragung erfolgt über eine geschirmte Zweidrahtleitung.

Die speicherprogrammierbaren Steuerungen sind über ein Industrial Ethernet vernetzt. Die Netzkonfiguration ist als Ringstruktur aufgebaut und wird mittels Lichtwellenleiter übertragen.

Die Kommunikation ist so aufgebaut, dass bei Abschaltung bzw. Störung einer speicherprogrammierbaren Steuerung die jeweilige Schnittstelle automatisch auf „passiv“ geschaltet wird, sodass der Betrieb auf dem Bus ohne Unterbrechung für die anderen Teilnehmer weitergeführt wird.

Der Datenaustausch zwischen den speicherprogrammierbaren Steuerungen und dem PC-Netzwerk erfolgt über zwei redundante Leitreechner in der Warte.

Der dezentralen Rechner, Server, Drucker und andere EDV-Anlagen sind über eine Ethernet-Verkabelung der Kategorie 6 vernetzt. Für Datenarchivierung, Steuerung und Überwachung des Netzwerkes ist ein Server mit Datensicherung installiert.

Im Netzwerk stehen je nach Benutzeroberfläche die Prozessdaten den einzelnen Rechnern zur Verfügung (Zugriffsmöglichkeit, Laborwerte, Ersatzwerte, etc.). Bei Ausfall des Leitsystems ist sichergestellt, dass sämtliche speicherprogrammierbaren Steuerungen vor Ort weiterhin in Funktion bleiben und ein ungestörter Betrieb der Anlage gewährleistet ist. Die einzelnen Hilfsbetriebe können sowohl über das Prozessleitsystem, in der jeweiligen Unterstation als auch direkt vor Ort bedient werden. An Stelle der derzeit vorhandenen Wartentafel mit Signalisierung und Registrierung über Planschreiber können zusätzlich sämtliche Prozessbilder, Protokolle, Diagramme etc. mittels Projektor direkt über das Leitsystem auf eine Leinwand projiziert werden. Weiters ist eine Fernwartung und Fernabfrage des Systems möglich. Anfallende Störmeldungen werden übergeordnet über ein Automatisches Wähl- und Ansagegerät weitergeleitet.

6 Bauliche Umsetzung

Für die Bauphase wurden von der Behörde reduzierte Ablaufgrenzwerte genehmigt. Voraussetzung war, dass der Bau im Wesentlichen in zwei Sommeretappen durchgeführt wird und, dass jeweils eine Biologielinie zur Gänze im Betrieb bleibt.

Aus nachfolgendem Diagramm ist ersichtlich, dass die Hauptarbeiten mit Außerbetriebnahme einer Biologiestraße jeweils von März bis Dezember durchgeführt wurden, die Außerbetriebnahme und Uminstallation der Faulgasnutzung (Kraft-Wärme-Koppelungsaggregate, BHKW-Aggregat) erfolgte innerhalb von drei Monaten.

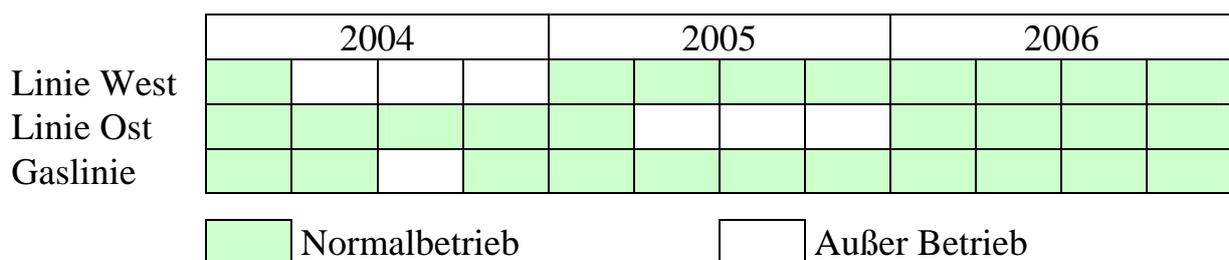


Abbildung 4: Stillstandzeiten während des Umbaus

2004 wurde eine mittlere Belastung von 125.000 EW über die alte Anlage (Straße Ost) abgearbeitet. Im Jahr 2005 wurde die gesamte Belastung über die neue Hybridlinie West abgearbeitet. Während dieser Phase konnten alle Parametrierungen, Einfahreinstellungen, Gewährleistungsabnahmen durchgeführt werden. Diese können größtenteils auf die Straße Ost übertragen werden. Im ersten Quartal 2005 wurden die bestehende Belebtschlammanlage und die neue Hybridanlage parallel betrieben, der Abwasserzulauf wurde mit den neuen Klappwehren im Ablauf des Sandfangs gleichmäßig auf beide Anlagen aufgeteilt.

Bautechnische Schwierigkeiten waren die Beckenaufhöhungen und die dazugehörigen Abdichtungen, der Verlegung großkalibriger Rohrleitungen mit geringer Überdeckung sowie die große Anzahl von relativ kleinen Betonierabschnitten und die große Anzahl von Rohrdurchbrüchen.

Insbesondere das An-, Auf- und Neubetonieren von kleinen und Kleinstbauwerken (Trennwände, Schwellen, Schächte, Umbauten allgemeiner Natur) haben bei kleinen verarbeiteten Betonkubaturen einen relativ hohen Zeitaufwand für Schalungen und Betonierabschnitte in Anspruch genommen.

Die Hauptbauzeit während der Sommermonate hat aufgrund fehlender Auftriebssicherheit der Becken eine ständige Überwachung der Grundwasserspiegel erforderlich gemacht. Ein entsprechender Notfallplan (Flutung der Becken) war vorhanden.

Die Gewährleistungsabnahmen für den Sauerstofftrag (Reinwasser) brachten Ertragswerte O_p von 4,4 kg O_2 pro kWh bzw. Eintragsleistungen O_c von insgesamt 1.200 kg/h O_2 . Die Funktionalität der Rührwerke wurde durch einen Färbungsversuch und einem nachfolgenden Salzungsversuch nachgewiesen. Die Gewährleistungswerte für die Kraft-Wärme-Koppelungsaggregate sowie das Blockheizkraftwerk wurden durch Leistungs- und Abgasmessungen nachgewiesen. Die von den beauftragten Firmen angebotenen Leistungswerte wurden mit entsprechenden Reserven eingehalten.

7 Betriebskennzahlen, Leistungsvergleiche, Wirtschaftlichkeit

Der Wasserverband Hohenems hat beim ÖWAV-Projekt Benchmarking als Pilotanlage (1999) und in den nachfolgenden Detailprojekten teilgenommen. Die Datenauswertung der Reinigungsleistung hat – mit Ausnahme der Stickstoffentfernung – die Einhaltung der Grenzwerte bestätigt. Weiters wurde nachgewiesen, dass insbesondere die mechanisch – biologische Stufe bereits vor der Anpassung an den Stand der Technik sehr kostengünstig und effizient reinigte und damit – hinsichtlich ihrer Benchmarks – im österreichischen Spitzenfeld lag.

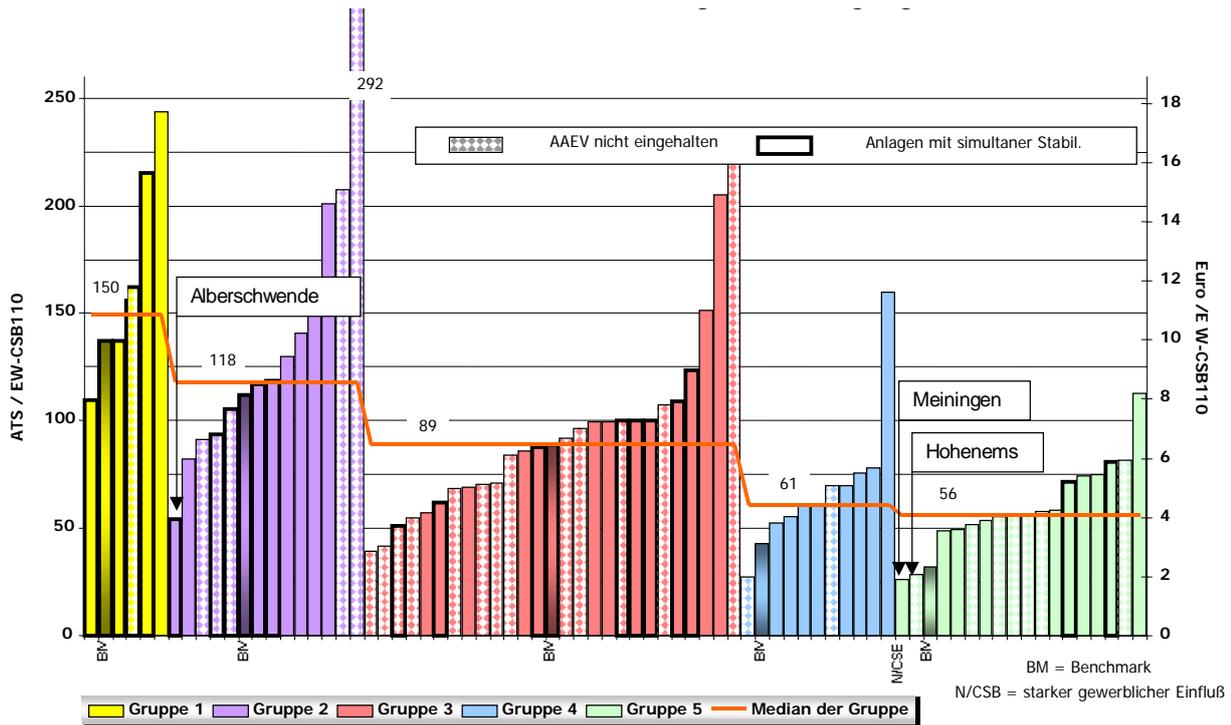


Abbildung 5: Betriebskosten 1999 Prozess 2 Mechanisch biologische Reinigung ÖWAV-Benchmarking

Den Mitgliedsgemeinden wurden von der Kläranlage in den letzten Jahren pro m³ Trinkwasser Beiträge für die Benutzung der Verbandskanäle und die Abwasserreinigung von netto EUR 0,14 pro m³ verrechnet. Bezogen auf den m³ Abwasser lagen diese Kostenbeiträge der Gemeinden bei netto EUR 0,34.

Die größten Kostenfaktoren des Verbandes (33 %) sind Tilgungs- und Kapitalkosten für frühere Bauabschnitte. Weitere wesentliche Kostenstellen sind Personal, Energie und chemische Mittel. Die Beeinflussbarkeit der Kosten ist aufgrund der hohen Fixkostenanteile eingeschränkt. Der Personal- und Fällmitteleinsatz wird laufend optimiert und niedrig gehalten.

Die Kostenvorschreibung an die Mitgliedsgemeinden wurde in den letzten Jahren konstant gehalten. Damit konnten Rücklagen gebildet werden, weiters konnten auch die gemeindeinternen Kalkulationen für die Gesamtgebühr Abwasserableitung und Abwasserreinigung ohne besondere Schwankungen in den jährlichen Vorschreibungsgebühren an die Haushalte erstellt werden.

7.1 Spezifische Leistungsvergleiche Biologie alt- Hybridbiologie

Nachstehend wird in einem Leistungsvergleich über erste Erfahrungen mit der Hybridbiologie berichtet. Drei Betriebssituationen vor und während der aktuellen Bauphase werden gegenübergestellt:

- Fall 1 100 % der Zulaufkraft auf 100 % der Altanlage
Juli 2003 bis September 2003
- Fall 2 100 % der Zulaufkraft auf 50 % der Altanlage (Bauzustand)
April 2004 bis Juni 2004
- Fall 3 100 % der Zulaufkraft auf 50 % der Hybridanlage (Bauzustand)
Oktober 2005 bis Dezember 2005.

	$Q_{d, MW}$ m^3/d	$BSB_{d, MW}$ kg/d	$CSB_{d, MW}$ kg/d	$NH_4-N_{d, MW}$ kg/d
Fall 1 – 2003	11.100	4.800	10.900	380
Fall 2 – 2004	12.800	5.100	9.200	400
Fall 3 – 2005	9.800	4.900	9.600	295

Tabelle 8: Belastungswerte für Anlagenvergleich

Ausgewählt wurden jeweils drei Monatsblöcke mit der Vorgabe, dass die Monatstrockenwettersummen mindestens 85 % der Gesamtabwassermenge ausmacht und, dass sich die mittleren monatlichen Tagesfrachten für CSB, BSB, NH_4 um weniger als 10 % unterscheiden. Mit Ausnahme des Falles 3 (100 % Fracht auf 50 % der Hybridanlage) wurden überwiegend Verhältnisse während der wärmeren Jahreszeit angetroffen. Im Dezember 2005 sinkt die Temperatur bereits. Es werden Fälle mit einer Zulaufbelastung von rund 83.000 EW CSB verglichen.

Bei den Vergleichssituationen 1 und 2 ist weiters zu berücksichtigen, dass durch Betrieb der reduzierten halben Nachklärung, auch in dieser die größte Empfindlichkeit zu finden ist. Bei mittleren Niederschlägen tritt fallweise Schlammabtrieb auf.

Die Auswertung dieser drei Fälle betreffend der mittleren Abbauraten weist aus, dass das Hybridverfahren bereits in der ersten Biologiestufe Abbauraten bei CSB und BSB von über 85 % erreicht. Die Gesamtabbauraten am Ablauf der zweiten Stufe liegt zwischen 95 % und 97 % und damit im Bereich konventioneller Verfahren. Die Datenerfassung und Auswertung erfolgte teilweise in der Umbauzeit, während der Einstellphasen. Fallweise kam es auch zu Abstellungsphasen der Belüftung und Provisorien. Die aktuellsten Werte der ersten Betriebsmonate 2006 zeigen konstante und wesentlich höhere Gesamtabbauraten.

Fälle	Abbauraten VKB bzw. Hochlastbiologie		Abbauraten ARA Gesamt		
	BSB ₅	CSB	BSB ₅	CSB	NH ₄ -N
1 - 2003	49%	61%	99%	97%	97%
2 - 2004	48%	56%	96%	93%	85%
3 - 2005	87%	84%	97%	94%	95%

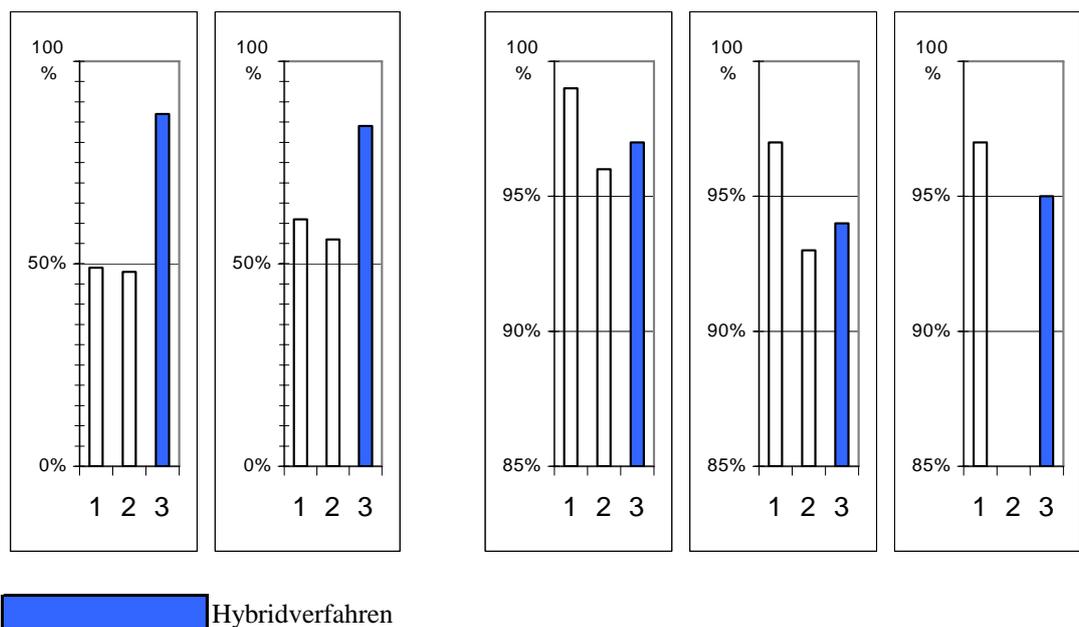
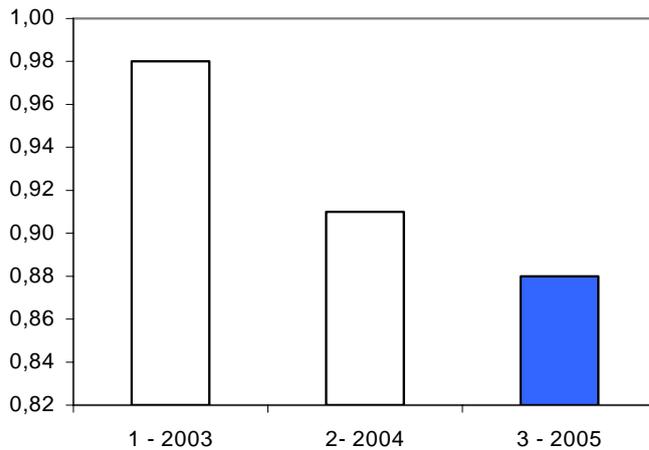


Abbildung 6: Übersicht Abbauraten

Die spezifischen Energieverbräuche pro kg CSB-Abbau in der 3-monatigen Auswertungszeit sind in Abbildung 7 dargestellt. In den Energieverbrauchswerten sind folgende Aggregate eingerechnet: Belüftungsaggregate mit Elektro- bzw. Biogasantrieb, Rührwerke, Schlammkreislaufpumpen, Nachklärbeckenräumer.



 Hybridverfahren

Abbildung 7: Spezifischer Energieverbrauch pro kg CSB Abbau

Eine getrennte Ausweisung des Energieverbrauchs für die biologische Stufe wurde für die Fälle 2 und 3 mit einer annähernden Umrechnung vorgenommen, da bisher die Energiezählung für das Zulaufhebewerk nicht separat erfasst war.

Die spezifischen Verbräuche für die biologischen Reinigungsstufen stellen sich für die drei untersuchten Betriebsituationen wie folgt dar:

7.2 Auswirkungen auf die Schlammlinie – Gasproduktion

Die Jahresbilanz 2003, 2004 und 2005 zeigt, dass bei unveränderter Faulbehälterbetriebsweise (pH-Wert, Temperatur, Beschickungs TS unverändert) folgende Situation anzutreffen ist:

	2003	2004	2005
Jahresfracht CSB-Abbau	4.293.000	4.567.000	3.944.000
Jahresfracht TS Output	886.300	844.700	736.300
Faulgasmenge pro Jahr	465.000	524.000	553.000

Tabelle 8: Jahresfrachten Schlammlinie

Der spezifische Trockensubstanzeintrag in den Faulbehälter steigt durch das Hybridverfahren. Die Ausfäulung und die spezifische Gasproduktion ist wesentlich höher. Letztlich verbleibt geringfügig weniger Trockensubstanz zur Entsorgung. Die zusätzliche Gasproduktion ist signifikant, die Reduktion der Trockensubstanzmenge wurde im Betriebsjahr 2005 festgehalten. Ob dieser Effekt reproduzierbar ist, wird erst ein längerer Bewertungszeitraum ausweisen.

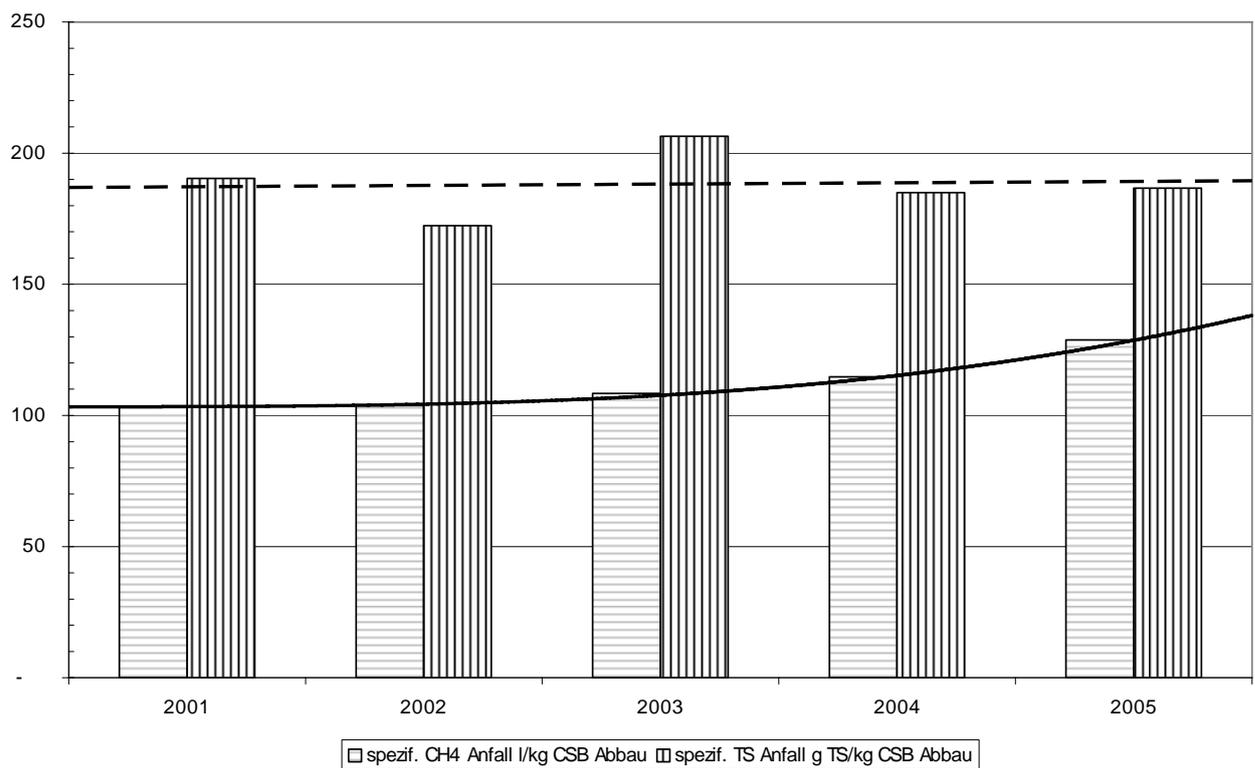


Abbildung 8: Gasanfall, TS-Anfall

Der Energieeigendeckungsgrad konnte nach den ersten Betriebserfahrungen von 65 % auf 75 % gesteigert werden.

8 Betriebserfahrungen

8.1 Schlammkreisläufe

Die drei zusätzlichen Schlammkreisläufe für eine rasche Beeinflussbarkeit erfordern geänderte Arbeitsabläufe und Einarbeitungszeiten des Betriebspersonals. Die Verfahrenstechnik der zwei Rücklaufschlammkreisläufe sind im Arbeitsprozess unverändert. Die zwei internen Schlammkreisläufe (Hochlast → Schwachlast und Schwachlast → Hochlast) benötigten eine Gewöhnungsphase und Feinarbeit für die Einstellung. Aufgrund der mit Konstanten und Variablen vorparametrierten Regeleinrichtungen war in kurzer Zeit eine Grundeinstellung vorhanden, die mit dazwischen liegenden Beobachtungszyklen optimiert wird. Der Schlammkreislauf 1 „Hochlast → Schwachlast“ wird relativ konstant in Abhängigkeit des für Schwachlast im Minimum erforderlichen CSB betrieben, der Schlammkreislauf 2 „Schwachlast → Hochlast“ wird kurzfristig in Abhängigkeit von den Ammoniumwerten im Ablauf der Schwachlastbiologie aktiviert. Das Ansprechverhalten ist extrem kurz, die Regelträchtigkeit gering.

8.2 Regelbarkeit

Der Lufteintrag ist für die sieben Kaskaden pro Biologielinie mit Blendenschlitzregulierschiebern in weiten Bereichen regelbar. In der Hochlastbiologie ist der Anspruch an die Regelbarkeit niedrig. Durch die extrem hohen Zehrungen wird dort nahezu konstant mit großen Luftdurchsätzen belüftet. Das Regelverhalten der Gebläse ist im Bedarfsfall (vor allem bei hydraulischen Belastungsstößen) als sehr gut zu bezeichnen. Die Schwachlastbiologie kann in den ersten drei von fünf Zonen wahlweise anaerob bzw. anoxisch betrieben oder belüftet werden. Im Normalfall ist lediglich eine Zone anaerob. Je nach Anforderung schalten die Nächstfolgenden zu. Im belüftungsfreien Betrieb wird die Umwälzung mit Rührwerken vorgenommen. Die aeroben Zonen werden auf einen Sollwert von 1,5 mg O₂/l eingeregelt, versuchsweise wurden Sollwertvorgaben bis 1,2 mg/l gefahren.

In allen Zonen wird mit einem programmierten Belüftungsspülintervall regelmäßig (1 x pro Woche, ca. 10 Minuten) das gesamte Lufteintragssystem unter Druck gesetzt um Brückenbildungen und Verstopfungen der Membranöffnungen zu verhindern.

8.3 Schlammlinie

Die Trockensubstanzgehalte in der Zwischenklärung bzw. Nachklärung sind weitestgehend konstant, die maschinelle Überschussschlammwässerung (Seihbändeindicker) ist mit Polymerverbräuchen zwischen 2 und 4 kg/t Wirksubstanz TS ohne besondere Betriebsschwierigkeiten möglich. Die Schlammfrachten (TS) zum Faulbehälter sind gegenüber dem früheren Überschussschlamm geringfügig erhöht.

8.4 Hydraulische Empfindlichkeit

Mit der Abarbeitung der gesamten Schmutzfracht über die halbe Biologiestufe, hat sich in der Bauphase die Nachklärung als hydraulischer Schwachpunkt herausgestellt. Bei mittleren Niederschlägen kommt es zu Schlammabtrieb, bei Vollenbetriebnahme beider Nachklärbecken ist diese Problem gelöst.

Die Umrüstung von Zahnschwellen auf getauchten Abzug hat eine gleichmäßige höhere Wasserspiegellage bei allen hydraulischen Zuständen ergeben. Das Einziehen von Blättern bzw. Schwimmschlamm von der Wasseroberflächen ist nicht mehr möglich. Eine geringe Flockenablagerung hat sich entlang der Tauchrohre eingestellt, durch Nachinstallation einer Schleppbürste konnte diese optische Beeinträchtigung behoben werden.

8.5 Lufterzeugungsaggregate

Die Lufterzeugung mit Wälzkolbengebläsen und Elektroantrieb ist ohne Schwierigkeiten möglich. Aufgrund der leichteren Zugänglichkeit wurden die Aggregate ohne Schalldämmhauben installiert.

Die Festlegung auf Lufterzeugung mit Kraft-Wärme-Koppelungsaggregaten (Biogasantrieb von Gebläsestufen) resultiert aus der 20-jährigen Erfahrung des Betriebspersonals.

Hauptproblem üblicher Kraft-Wärme-Kopplungen ist die Regelung der Drehzahl. Die Kraft-Wärme-Koppelungsanlagen wurden deshalb für die Versorgung der Hochlastbiologie mit Grundlast installiert. Die Regelung des effektiven Luftbedarfs wird mit einem dazugeschalteten in weiten Bereichen regelbaren Elektrogebläse bewerkstelligt. Die Kraft-Wärme-Koppelungsaggregate werden im Normalfall zu 100 % der Betriebszeit betrieben. Die überschüssigen Gasmengen werden über das Blockheizkraftwerk verstromt. Regelungstechnisch ist die Möglichkeit vorhanden, beide Hochlastbiologien gemeinsam, oder vollständig getrennt, mit Luft zu versorgen.

8.6 Rührwerke

Die Vertikalrührwerke mit trocken aufgestelltem Motor wurden besonders intensiv untersucht, da diese Technik in Österreich wenig eingesetzt wird. Durch Salzungs- und Färbungsversuche wurden die Rühreffekte nachgewiesen. In den Anaerobzonen hat sich gezeigt, dass bei längerem Betrieb ohne Lufteintrag und ohne Rührwerke, Schlammablagerungen auftreten würden, diese jedoch im Rahmen des wöchentlichen Belüfterspülprogrammes problemlos aufgerührt werden. Zur Mobilisierung von größeren Schlammablagerungen wären die Rührwerke nicht geeignet. Dies wird vom Betreiber nicht als Nachteil gesehen. Die extrem niedrige Leistungsaufnahme sowie die vollständige Durchmischung bei üblichen Betriebszuständen im Vergleich zu konventionellen Tauchmotorrührwerken bestätigen die Richtigkeit dieser Investition.

8.7 Pumpen

Als Ersatz für die bisher betriebenen Rohrschneckenpumpen werden Kreiselpumpen in den Schlammkreisläufen eingesetzt. Bei der Auslegung bewährt sich, entsprechende Reserven sowohl in der Anzahl der Aggregate als auch bei den Antriebsleistungen vorzusehen.

8.8 Räumerbahnen, Heizung

In der ehemaligen Vorklärung (nunmehr: Zwischenklärung) war bereits ein Schildräumer vorhanden. Dessen Mauerkronenheizung wurde in mehreren Umbauphasen immer wieder adaptiert. Ein auf Dauer befriedigendes Ergebnis konnte nicht erzielt werden. Im Rahmen der Anpassung an den Stand der

Technik wurden Fahrbahnen aus Flachprofilen angefertigt, die von Abwasser durchströmt werden können. Damit ist sowohl Kühl- als auch Heizbetrieb möglich. Die Ansteuerung dieser Abwasserdurchströmung erfolgt in Abhängigkeit von Außentemperatur und Luftfeuchtigkeit. Seit der Umrüstung sind keine Betriebsprobleme mehr aufgetreten. Zum Abtransport des anfallenden Schlammes aus der Beckensohle in die Trichter wurde die Fahrgeschwindigkeit des Räumers durch Getriebetausch angepasst.

8.9 Mengenaufteilung, Klappwehre

Die Klappwehre am Ablauf des Sandfangs bzw. am Ablauf der Nachklärbecken sowie nachfolgende installierte Mengennmessungen haben gezeigt, dass eine korrekte Aufteilung der Abwasserteilströme entsprechend der vom Prozessleitsystem vorgegebenen Sollwerte erfolgt. Die Aufteilung ist exakt, die Ansprechgeschwindigkeit hoch. Beim Ablauf des Sandfanges waren Totzeiten zu programmieren, da durch den Rechenbetrieb größere Wasserspiegelschwankungen auftreten, die nicht zu einer Änderung der Regeleinstellungen führen dürfen.

8.10 Trübwasserbehandlung

Presswasser von der Kammerfilterpresse (ca. 20 % der $\text{NH}_4\text{-N}$ Zulauffracht) wird zukünftig über einen separaten zylindrischen SBR Reaktor abgearbeitet. Der SBR Reaktor kann auch im Durchlaufbetrieb betrieben werden. Er ist mit einer separaten Belüftung, einer Rührereinrichtung sowie mehreren Abzügen ausgestattet. Das Trübwasser kann mit dem nitrifikantenreichen Überschussschlamm vermischt werden. Reinigungsziel ist eine nahezu vollständige Nitrifikation, die anschließende Denitrifikation soll dann in der kohlenstoffreichen Hochlastbiologie erfolgen. Zu Zeiten geringer Auslastung bzw. geringerer Trübwassermengen besteht die Möglichkeit der Denitrifikation im Trübwasserbehälter.

8.11 Abfallannahme

Die Region Hohenems ist ein traditionell kleinstrukturiertes Streuobstgebiet. Schnaps- und Saftproduktion im kleingewerblichen und privaten Bereich können im Herbst bzw. Frühjahr ein erhebliches Ausmaß annehmen. Bisher kam

es fallweise zu Ableiten von Treestern und Schlämpen über den Kanal. Neben der Kanalbeeinträchtigung, Geruchsentwicklung und der Ablagerung von Störstoffen folgte daraus ein extrem hoher Sauerstoffbedarf in der Biologie. In Zusammenarbeit mit den Obst- und Gartenbauvereinen wurde eine Informationskampagne durchgeführt. Zukünftig sollen diese Flüssigabfälle direkt auf der Kläranlage in einem dafür vorgesehenen Abfallübernahmeschacht abgeworfen werden. Aus diesem erfolgt nach Zerkleinerung und Ausscheidung von Störstoffen die direkte Beschickung des Faulturmes. Auf selbem Weg können auch Fettabscheiderinhalte bzw. flüssige Lebensmittelabfälle aus der Getränkeindustrie übernommen werden und ohne besonderen Energieaufwand in der Biologiestufe direkt im Faulturm unter maximaler Nutzung des Gaspotentials bearbeitet werden.

9 Zusammenfassung

Aufgrund der räumlichen und finanziellen Rahmenbedingungen war eine konventionelle Erweiterung nach ATV A 131 unmöglich.

Während einer einjährigen Bauphase konnte eine von zwei Linien im Hybridverfahren beobachtet und ausgewertet werden. Der Betriebszustand durch die Außerbetriebnahme der zweiten Linie entsprach der projektierten Ausbaubelastung.

Die Prozessstabilität ist hoch, die Reaktionsgeschwindigkeiten für Kohlenstoffabbau und Erhalt der Nitrifikation extrem hoch. Die Denitrifikation hat die selbe Regelcharakteristik wie die eines konventionellen Belebtschlammverfahrens.

Zusätzlich erforderliche interne Kreisläufe und Überwachungseinrichtungen sind für das Betriebspersonal überschaubar und betreibbar.

Die Auswirkungen auf den Schlammanfall und die Gasproduktion sind - wie prognostiziert - positiv, der spezifische Energieeinsatz bereits vor Abschluss der Optimierungsphase wesentlich geringer als erwartet, die Reinigungsziele werden erreicht.

10 Literatur

AMT DER VORARLBERGER LANDESREGIERUNG (2005)

Abwasserreinigungsanlagen in Vorarlberg, Jahresberichte 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004

ATV-DVWK-A131 (2000) Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen, ISBN 3-933707-41-2

BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT (1996) Verordnung über die allgemeine Begrenzung von Abwasseremissionen in Fließgewässer und öffentliche Kanalisationen – AAEV Allgemeine Abwasseremissionsverordnung

BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT (1966)

Abwasseremissionsverordnung für kommunales Abwasser

BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT (2000) Verordnung über die Begrenzung von Emissionen aus Mischwasserentlastungen in Mischkanalisationen – AEV Mischwasser (Entwurf 8. 5. 2000)

BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT (2001) Benchmarking in der Siedlungswasserwirtschaft

INTERNATIONALE GEWÄSSERSCHUTZKOMMISSION ZUR REINHALTUNG DES BODENSEES IGKB (2001) Richtlinien für die Reinhaltung des Bodensees

UMWELTINSTITUT DES LANDES VORARLBERG (1998) Fließgewässer in Vorarlberg, Gewässergüte und Wasserbeschaffenheit, Schriftenreihe Lebensraum Vorarlberg, Band 44

UMWELTINSTITUT DES LANDES VORARLBERG (2001) Klima von Vorarlberg, Band I, II, III

UMWELTINSTITUT DES LANDES VORARLBERG (2003) Fließgewässer in Vorarlberg, Gewässerinventar,

UMWELTINSTITUT DES LANDES VORARLBERG (2005) Fließgewässer in Vorarlberg, Gewässergüte, Gütekarte 2005

UMWELTINSTITUT DES LANDES VORARLBERG (2003) Strukturgüte der Fließgewässer im nördlichen Vorarlberg, Schriftenreihe Lebensraum Vorarlberg, Band 57

Korrespondenz an:

Dipl.-Ing. Michael H. Gasser

Rudhardt + Gasser · Ziviltechniker, Wasserbau – Statik – Controlling

Felchenstraße 7
6904 Bregenz

Tel: 05574/74 522-23

Fax: 05574/74 522-30

E-mail: m.gasser@rgzt.at

Verfahrens- und Betriebsoptimierungen am Beispiel der ARA-Strass

Bernhard Wett⁽¹⁾ & Josef Dengg⁽²⁾

(1) Universität Innsbruck, Institut für Umwelttechnik

(2) AIZ-Abwasserverband, Strass i. Z.

Kurzfassung: Ökonomisch betriebene Abwasserreinigung bedingt ein ständiges Monitoring und Controlling der Abwasserreinigungsanlagen. Jeder Anlagenbetreiber sollte sich aus dem betriebswirtschaftlichen Aspekt dieser Herausforderung stellen und die Optimierungspotentiale seiner Anlage ausloten, erkennen und – falls vorhanden – in entsprechender Weise auch nutzen.

Der gegenständliche Bericht beschreibt die umgesetzten Optimierungsmaßnahmen und die daraus resultierenden Betriebsergebnisse und Betriebserfahrungen. In einer ersten Phase zwischen 1994 und 1997 wurden Anpassungen an den vorgeschriebenen „Stand der Technik“ vorgenommen. Durch den Einbau interner Rezirkulationspumpen zur Denitrifikation, durch on-line Steuerungen der Nitrifikation und der Phosphorfällung und durch die Implementierung einer pH-gesteuerten separaten biologischen Prozesswasserbehandlung konnte eine gesicherte Nährstoffelimination erreicht werden.

In einer zweiten Phase wurde im Zeitraum 1999 bis 2005 über einen umfassenden Maßnahmenkatalog versucht, die Betriebseffizienz vor allem in Hinblick auf Energie und Kosten zu steigern. So wurde z.B. Prozessleitsystem und Gasmotor erneuert, ein neuartiger ÜS-Abzug an der Oberfläche des Belebungsbeckens installiert und die Systeme zur ÜS-Eindickung und zur Schlammkonditionierung umgestellt. Im Speziellen wird auf die Entwicklung und Installierung eines biologischen Behandlungsverfahrens zur Deammonifikation (DEMON) der hoch stickstoffbelasteten Prozesswässer der Schlammbehandlung eingegangen.

In einer chronologischen Darstellung werden die Auswirkungen der einzelnen Maßnahmen auf die Energiebilanz der ARA Strass sichtbar. Zusätzlich bietet die in Österreich gestartete Initiative „Benchmark in der Siedlungswasserwirtschaft“ den Anlagenbetreibern eine ausgezeichnete Plattform zum Vergleich und zur objektiven Evaluation von Betriebseffizienz und Optimierungsmaßnahmen. An der ARA Strass konnte schließlich 2005 erstmals eine Energieautarkie erreicht werden bzw. eine Überschussproduktion von 108 % des benötigten elektrischen Jahresenergiebedarfs.

Keywords: Betriebseffizienz, Verfahrensoptimierung, Energiebilanz, Benchmark, Prozesswasserbehandlung, DEMON,

1 Einleitung

Die Abwasserentsorgung und Abwasserreinigung wird in Österreich vorwiegend von öffentlichen Einrichtungen betrieben. Da sich die finanziellen Aufwendungen dafür direkt in den Abwasserabgaben eines jeden Gebührenzahlers niederschlagen, ist es Herausforderung und zugleich Pflicht eines jeden Anlagenbetreibers, sich einer betriebswirtschaftlichen Eigenkontrolle zu unterwerfen.

Zusätzlich haben Aussagen, dass in den Leistungsbereichen der Abwasserreinigung bzw. der Abwasserentsorgung, welche weitestgehend von öffentlichen Institution betrieben werden, nicht so effizient gearbeitet wird wie in ähnlichen Betrieben, welche eine privatwirtschaftliche Unternehmensstruktur aufweisen, die Effizienzdiskussion in den letzten Jahren belebt (siehe dazu auch die Price-Waterhaus-Coopers-Studie „Optimierung der kommunalen Wasserver- und Abwasserentsorgung im Rahmen einer nachhaltigen Wasserpolitik“ aus 2001).

Dem gegenüber wurde in Österreich beinahe gleichzeitig das Forschungsprojekt „Benchmark in der Siedlungswasserwirtschaft“ gestartet. Diese Plattform bietet den Betreibern von Abwasserreinigungsanlagen, die Möglichkeit sich mit ähnlichen Betrieben auf betriebswirtschaftlicher Basis zu vergleichen. In diesen Vergleichen werden Benchmarks definiert, die wiedergeben welche Leistung zu welchen Kosten im besten Fall erbracht werden können. Damit Jeder von Jedem profitieren kann (Win-Win-Situation) und die Benchmarks auf einer breiten Basis ermittelt werden können, ist für die nächsten Jahre eine ebenso breite Beteiligung an diesem Projekt wünschenswert bzw. erforderlich.

Bereits ab dem Jahr 1994 ein Optimierungs- und Effizienzsteigerungsprozess gestartet, der bis heute und darüber hinaus weitergepflegt wird. Der Auslöser dafür war die, mit der Wasserrechtsgesetznovelle 1990, gesetzlich geforderte Anpassung von „Altanlagen“ an den Stand der Technik.

Die Umsetzung der Optimierungsmaßnahmen auf der ARA-Strass seit 1994 und die daraus resultierenden Betriebsergebnisse und Betriebserfahrungen werden in diesem Bericht vorgestellt, wobei im Speziellen auf die Entwicklung und Installierung einer biologischen Separatbehandlung von hoch stickstoffbelasteten Prozesswässern der Schlammbehandlung eingegangen wird. Diesem Bioprozess wurde der Name „**DEMON-Verfahren**“ gegeben.

2 Vorstellung der ARA-Strass und Anpassung an den Stand der Technik

2.1 Urkonzept der ARA-Strass

Die ARA-Strass wurde auf Grundlage umfangreicher Variantenstudien als zweistufige biologische Abwasserreinigungsanlage nach dem AB-Verfahren (mit Hoch- u. Schwachlaststufe) konzipiert und weist durch die Lage in einem touristisch hoch entwickelten Entsorgungsgebiet mit derzeit rd. 7,4 Mio. Nächtigungen pro Jahr starke saisonale Belastungsschwankungen beim organischen Schmutzfracht-Wochenmittel im Verhältnis von rd. 2,5:1 (220.000 zu 90.000 EW_{60}) auf. Das Anlagenkonzept stammt aus dem Jahr 1985 (Anlagenerrichtung 1986-1989) und war ursprünglich auf eine maximale Tages-schmutzfracht von 225.000 EW_{60} (mit C-Entfernung) und als Nitrifikationsanlage bis zu einem maximalen Monatsmittel von 167.000 EW_{60} ausgerichtet. Durch die Änderung des WRG 1959 mit der WRG-Novelle 1990 und dem Erscheinen der 1. AEV für kommunales Abwasser im Jahr 1991 sowie deren Neuauflage 1996, galt die ARA-Strass bereits nach nur 2 Jahren Betrieb als „Altanlage“ und war demnach an den Stand der Technik anzupassen.

2.2 Anpassung an den Stand der Technik

Zur Anpassung der ARA an den Stand der Technik gemäß 1.AEV wurden im Zeitraum von 1994 bis einschließlich 1997 nachstehende Änderungen bzw. Erweiterungen durchgeführt:

- *Umbau der Zulaufmessung und Ausschaltung der internen Rückläufe bei der ARA Bilanzierung und der Ermittlung der Eliminationsraten.*
- *Einbau von Rezirkulationspumpen in der 2. biologischen Stufe für die direkte Nitratrückführung in die Denitrifikationszonen.*
- *Optimierung der N-Entfernung durch Steuerung der Schwachlast-Biologie über NH_4-N bzw. NO_3-N Online-Geräte.*
- *Errichtung einer Phosphorfällung mit Natriumaluminat als Fällmittel (Dosierung im Ablauf der SL-Biologie) u. PO_4-P Onlinesteuerung.*

- *Errichtung einer separaten Prozesswasserbehandlung für die Entstickung des Filtrats aus der Schlammwässerung mit Wochenspeicher.*

Die Maßnahmen der Anpassung haben samt den erforderlichen Versuchsphasen einen Investitionsaufwand von € 570.000,- verursacht. Für die Errichtung der Anlage in ihrer ursprünglichen Konzeption wurden Finanzmittel in der Höhe von € 25.000.000 aufgewendet. Die Ausbaugröße wurde gemäß Anpassungsbescheid aus dem Jahre 1997 mit einem maximalen Wochenmittel von 167.000 EW_{60} neu definiert. Derzeit reinigen 31 Gemeinden aus dem Bereich Zillertal, Achenal und mittleres Unterinntal ihre Abwässer in der ARA-Strass.

2.3 Phosphorelimination

Bereits im Jahr 1994 wurden auf der ARA-Strass großtechnische Versuche zur biologischen Phosphorelimination nach dem Phostrip-Verfahren über einen Zeitraum von rd. 5 Monaten durchgeführt. Diese Versuche waren aber insoweit nicht Ziel führend, als damit keine prozessstabile P-Entfernung erreicht werden konnte.

In Folge hat man sich entschlossen die Phosphorelimination konventionell über chemische Fällung zu betreiben. Dazu wurden ab Herbst 1994 ebenfalls Versuche zur Ermittlung eines geeigneten Fällmittels gefahren. Auf Grund der geringen Säurekapazität von $\sim 6,0$ mmol/l im ARA-Zulauf konnten saure Fällmittel nicht befriedigen, weil im Zusammenhang mit Simultanfällung, Nitrifikation und dem freien Säurerest des Fällmittels, der pH-Wert in der Schwachlastbiologie soweit abgesenkt wurde, dass es zu Störungen in den biologischen Abläufen sowie zur Schlammfäulnis kam. Erst mit der Umstellung auf ein alkalisches Fällmittel (Natriumaluminat) konnten innerhalb kürzester Zeit die gewünschten bzw. vom Gesetz geforderten Ergebnisse erreicht werden. Auf Grund dieser Versuchsergebnisse wurde im Winter 1994/95 eine Fällungsstation mit Aluminatspeicher (Inhalt $2 * 33 \text{ m}^3$) in das Zentralgebäude der ARA-Strass integriert.

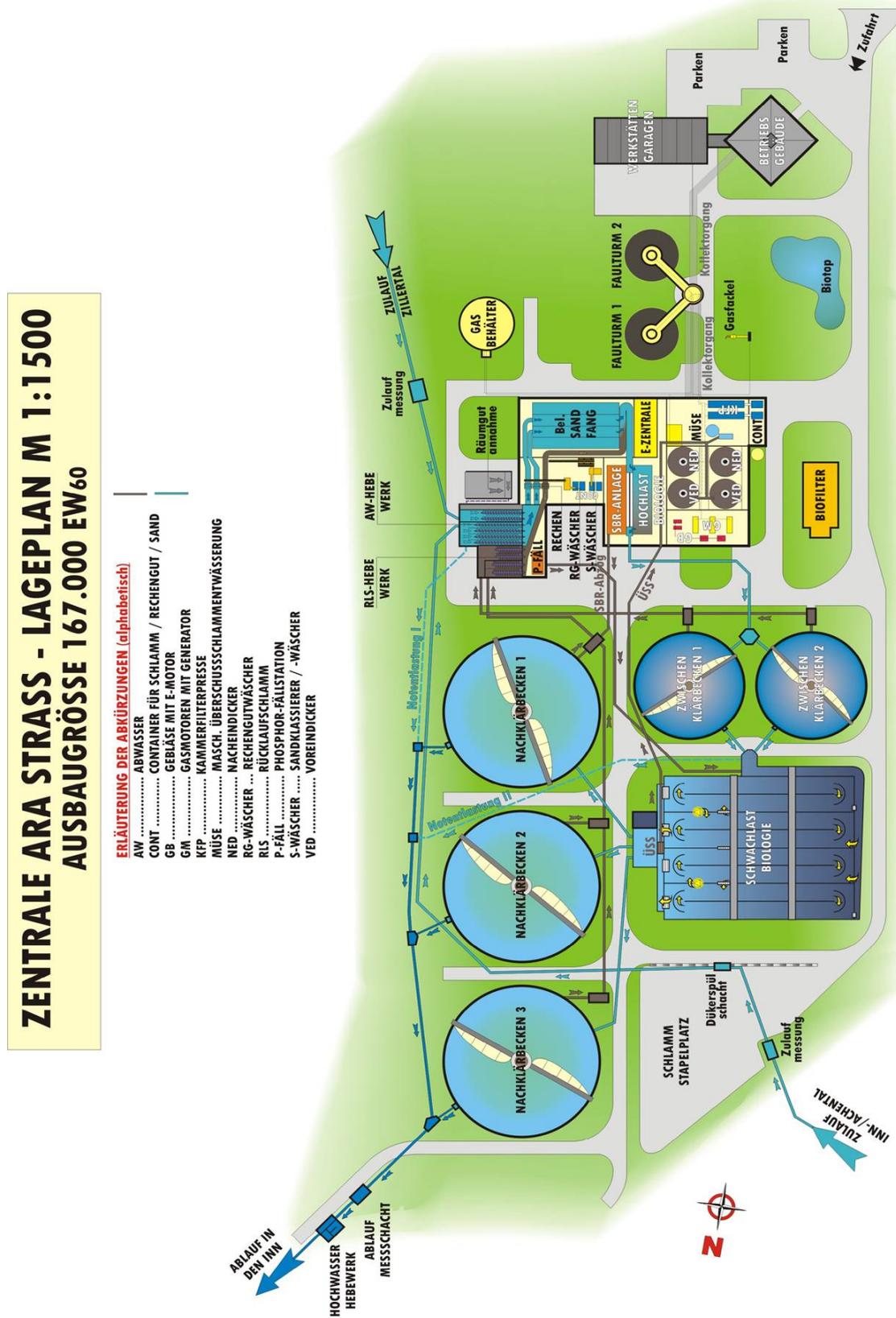


Abbildung 1: Lageplan der ARA-Strass Maßstab 1:1500 (verkleinert) mit SBR-Anlage (Bereich HL-Biologie) u. dem geänderten ÜS-Abzug aus der SL-Biologie

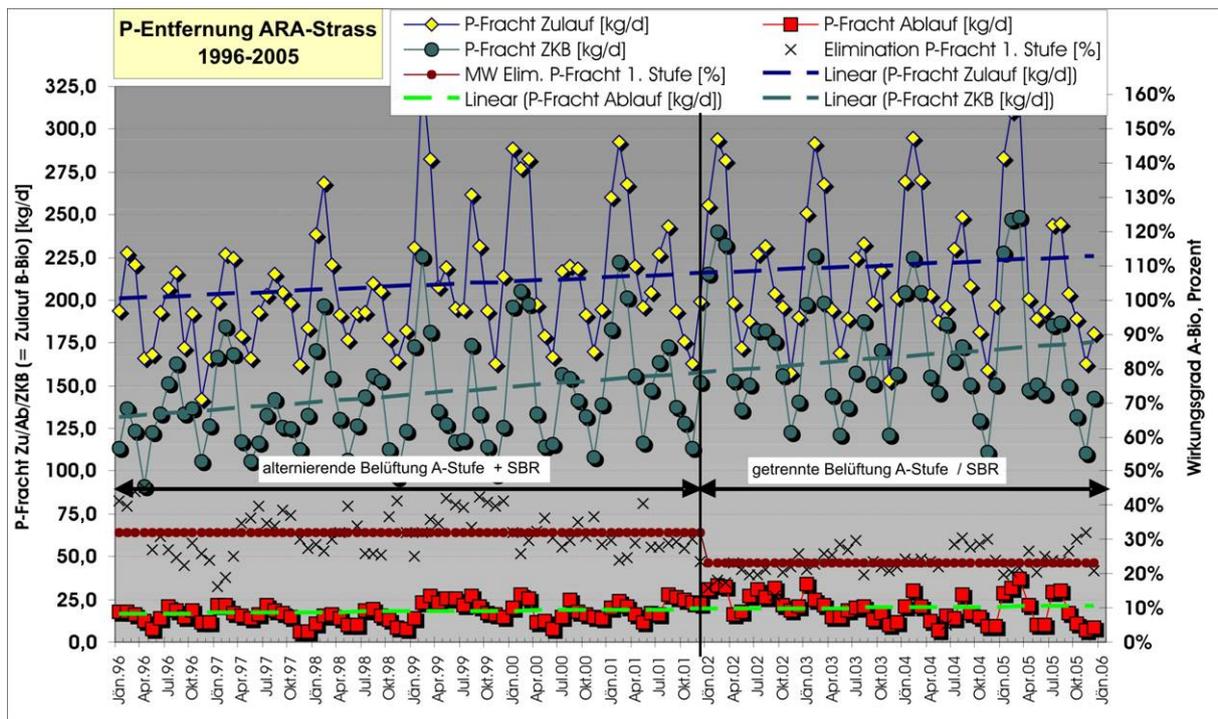


Abbildung 2: P-Frachten für Zu-/Ablauf und ZKB (= P-Fracht für Fällung in SL-Biologie) und P-Eliminationsrate der Hochlast-Biologie im Zeitraum 1996-2005 (Monatsmittelwerte)

In Abbildung 2 sind die P-Frachten für Zu- und Ablauf sowie im Zulauf der Schwachlast-Biologie (ZKB) dargestellt. Erkennbar ist, dass in der Hochlast-Biologie derzeit rd. 22-25 % der P-Zulauffracht mit dem Überschussschlamm entfernt wird. Die P-Ablauffracht beträgt rd. 8 % der Zulauffracht, womit sich ein Wirkungsgrad von i. M. rd. 92 % ergibt. Im Laufe von 10 Jahren (1996-2005) hat sich eine P-Fracht-Zunahme am ARA-Zulauf von 200 auf 225 kg P_{ges}/d , das entspricht 12 % ergeben.

Die Abnahme der P-Eliminationsleistung in der Hochlast-Biologie ab dem Jahr 2002 (1996-01: rd. 32%; 2002-05: rd. 23 %) um 9 % wird auf die Umstellung der Belüftung in der HL-Biologie am Jahresende 2001 und damit auf eine verringerte Bio-P-Einlagerung in den HL-Schlamm zurückgeführt. Vor dem Jahr 2002 war die Belüftung der Hochlast-Stufe bzw. des SBR-Beckens nur alternierend möglich, da nur eine Luftleitung existierte und in den Becken Niveauunterschiede gegeben waren. Mit Jahresende 2001 wurde diese Gegebenheit durch eine zweite Belüftungsleitung entkoppelt und damit die unabhängige Belüftungssteuerung für SBR-Becken und Hochlast-Stufe ermöglicht.

2.4 Separate biologische Prozesswasserbehandlung im SBR-Becken (1997-2004)

Die interne Stickstofffracht ($\text{NH}_4\text{-N}$ -Fracht) an der ARA-Strass aus den Prozesswässern der Schlammzentrierung beträgt rd. 14-22 % der externen Gesamt-N-Fracht. Die Mitbehandlung dieser internen N-Fracht in der SL-Biologie zieht Negativeffekte (intensive Nitrifikation mit erhöhtem aerobem C-Abbau, Verschlechterung des C/N-Verhältnisses) für die gesamte 2. biologische Stufe nach sich.

Aus diesem Grund wurde - nach der Verfahrensentwicklung auf der ARA-Strass im Jahr 1996 eine Straße der Hochlast-Biologie zu einem SBR-Becken mit Wochenspeicher zu Gesamtkosten von 220.000,- Euro umgerüstet. Über diese Prozesswasserbehandlung wurde bereits in mehreren Veröffentlichungen (z.B. Wett et. al., 1998) sowie im Band 166 (2001) der Wiener Mitteilungen ausführlich berichtet, weshalb an dieser Stelle nur zusammengefasst über die SBR-Anlage und über die Betriebsergebnisse informiert wird.

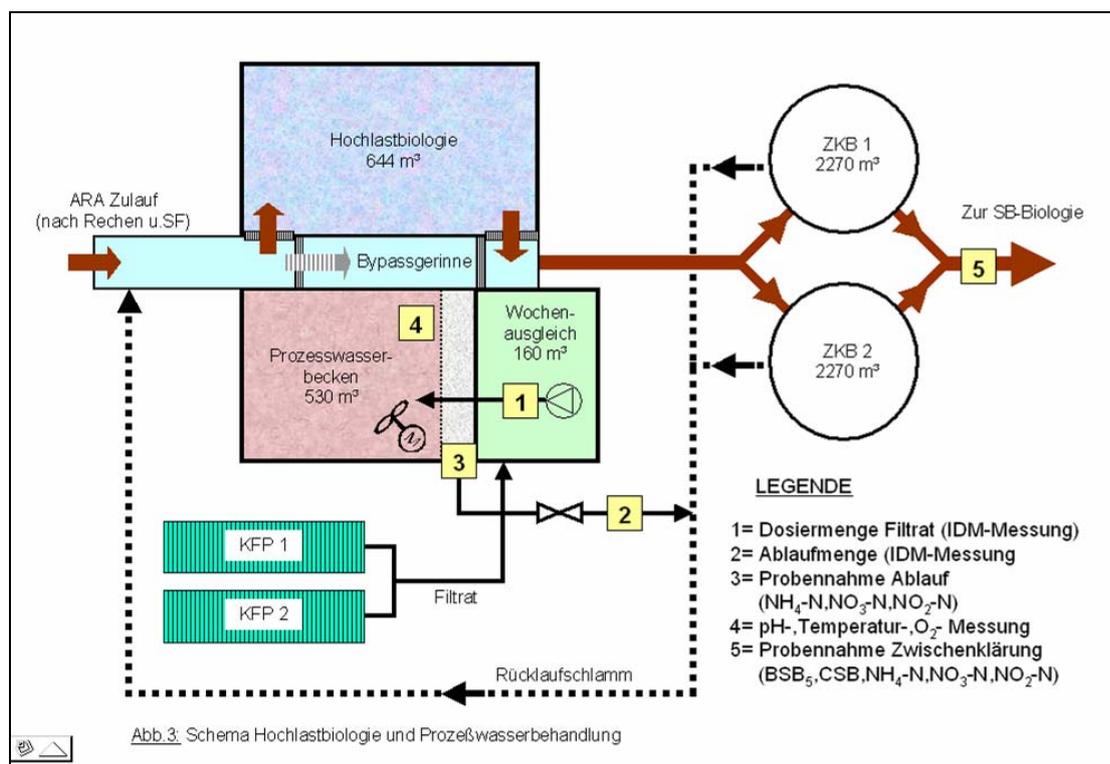


Abbildung 3: Schema Hochlastbiologie und SBR-Anlage mit Wochenspeicher. Das Anlagenkonzept und die bauliche Anordnung sind auch für das ab 2003/04 entwickelte DEMON-Verfahren unverändert geblieben.

Im Winter 2001/02 erfolgte bei der Schlammkonditionierung die Umstellung von Kalk-Eisen auf Polymer, da der Schlamm in seiner weiteren Verwertung der

Kompostierung zugeführt wird. Die Kalk-Konditionierung des ausgefaulten Schlammes bewirkt eine signifikante Beeinflussung des Alkalinitätshaushaltes des Prozesswasserbehandlungssystems, wodurch sich die Frage der Auswirkungen dieser Umstellung auf die ARA-Strass aufgeworfen hat.

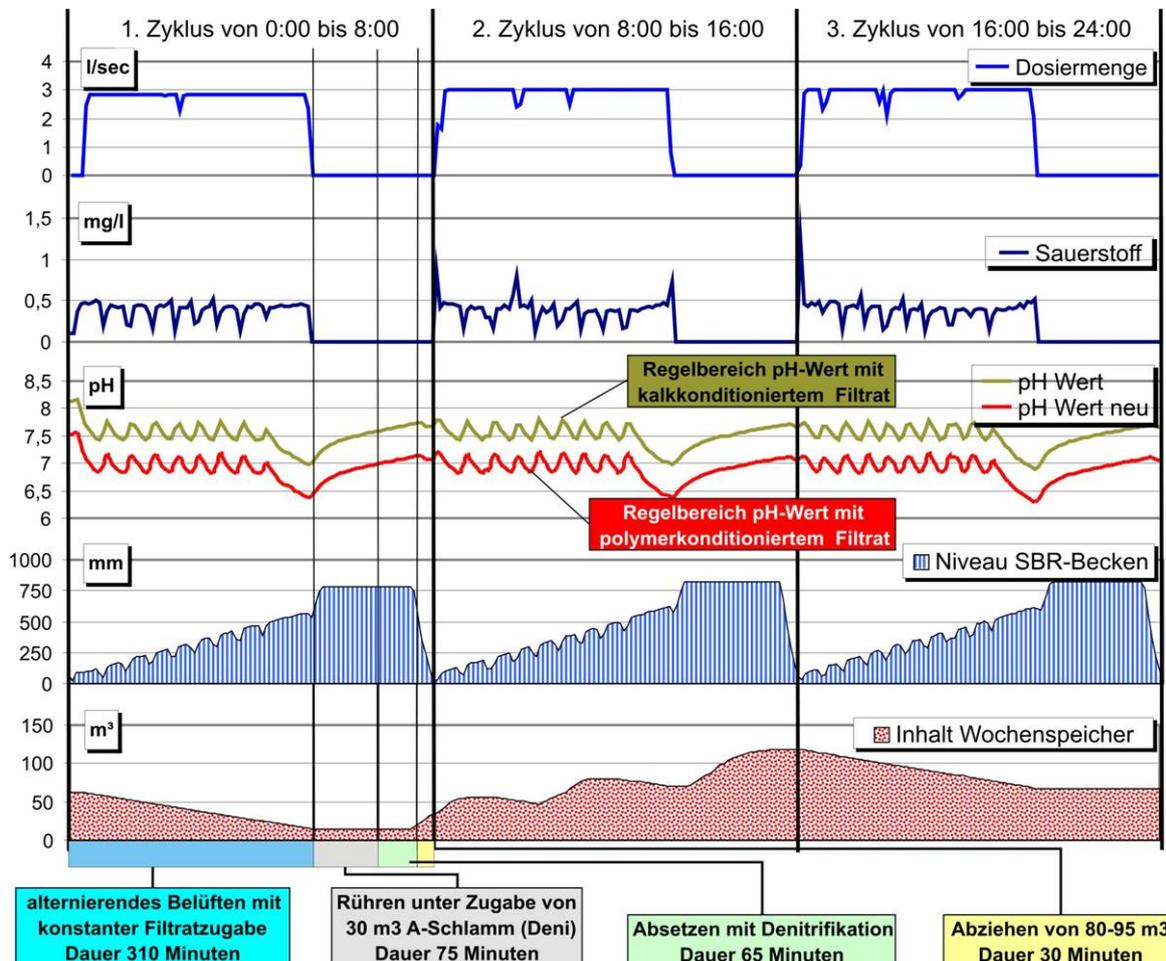


Abbildung 4: Steuerschema der Prozesswasserbehandlung 1997-2004 mit den pH-Wert-Regelbereichen für kalk- und polymer-konditioniertem Filtrat. Dargestellt sind Filtratbeschickung (l/s), Sauerstoffgehalt (mg O₂/l), pH-Wert-Regelhysteresen, Niveau im SBR-Becken (mm) und Füllvolumen des Wochenspeichers (m³).

Untersuchungen dazu haben gezeigt, dass durch die Kalkung (pH-Wert-Anhebung) und den Pressvorgang der Kohlensäurepuffer in Form von Kalziumkarbonat (CaCO₃) weitestgehend eliminiert wird. Zur Neutralisation der H⁺-Ionen wird bei dieser Betriebsweise das Ammonium/Ammoniak-Puffersystem, im Moment der Einmischung ins SBR-Becken, genutzt. Wird statt der Kalkdosierung eine Konditionierung mit neutralen Polymeren durchgeführt, bleibt das Kohlensäure-Puffersystem erhalten und liegt dieses im pH-Wertbereich zwischen 6 und 7. Modellrechnungen und Betrieb haben gezeigt, dass zur

Nutzung im SBR-Becken das pH-Wert-Steuerintervall um rd. 0,5-0,7 pH-Wert-Punkte abgesenkt werden muss.

Die ökonomischen Effekte im SBR-Betrieb haben sich durch die Einsparung von Belüftungsenergie bei der Nitrifikation und einem geringeren Kohlenstoffbedarf bei der Denitrifikation ergeben. Die Begründung dafür liegt in der Betriebsweise der SBR-Anlage. Diese wurde als biologische Entstickungsanlage mit rd. 80 %-iger Nitritation und anschließender Denitrifikation betrieben. Der 2. Schritt der Stickstoffoxidation zum Nitrat wurde steuerungstechnisch weitestgehend unterbunden. Durchschnittlich wurden von 09/1997 bis 04/2004 für die Entfernung von 1 kg $\text{NH}_4\text{-N}$ 2,9 kWh elektrische Energie und rd. 0,55 m³ HL-Stufenschlamm respektive 2,89 kg CSB (= ~1,93 kg oTS) eingesetzt, wobei die Kohlenstoffzugabe über den stöchiometrischen Bedarf hinaus erfolgte und damit der Faulung mehr HL-Stufenschlamm als erforderlich für die Gasproduktion entzogen wurde.

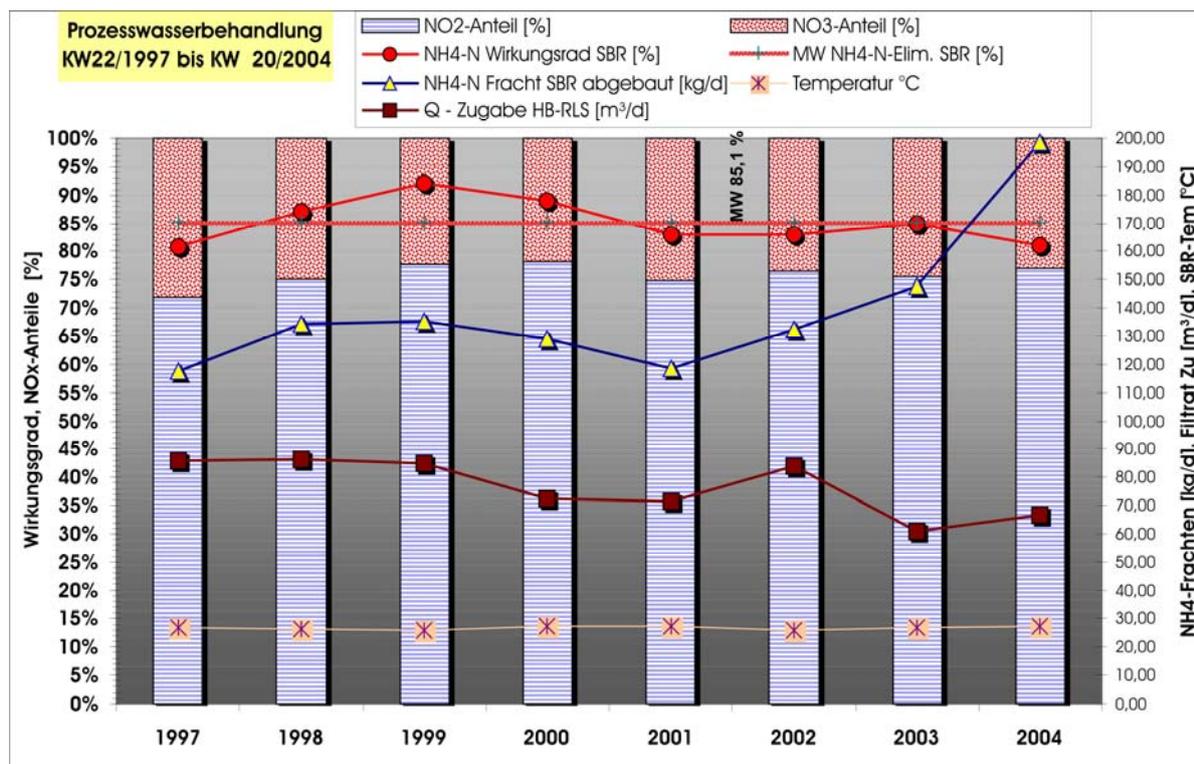


Abbildung 5: Prozentuales Verhältnis von NO₂ / NO₃ im SBR-Becken, SBR-Wirkungsgrad (%), abgebaute NH₄-N-Fracht (kg/d), Hochlast-RLS-Zugabe (m³/d) und Reaktortemperatur (°C)

Abbildung 5 zeigt, dass die Oxidation des Ammoniumstickstoffs zu rd. 80 % über Nitrit (NO₂) und nur zu rd. 20 % über Nitrat (NO₃) verläuft. Damit kann

20 % des O₂-Bedarfs für die Nitrifikation und 32 % der Kohlenstoffzugabe für die Denitrifikation eingespart werden. Bei einer Reaktortemperatur von rd. 27-28 °C ergibt sich eine NH₄-N-Abbaurrate von im Mittel 85,1 %.

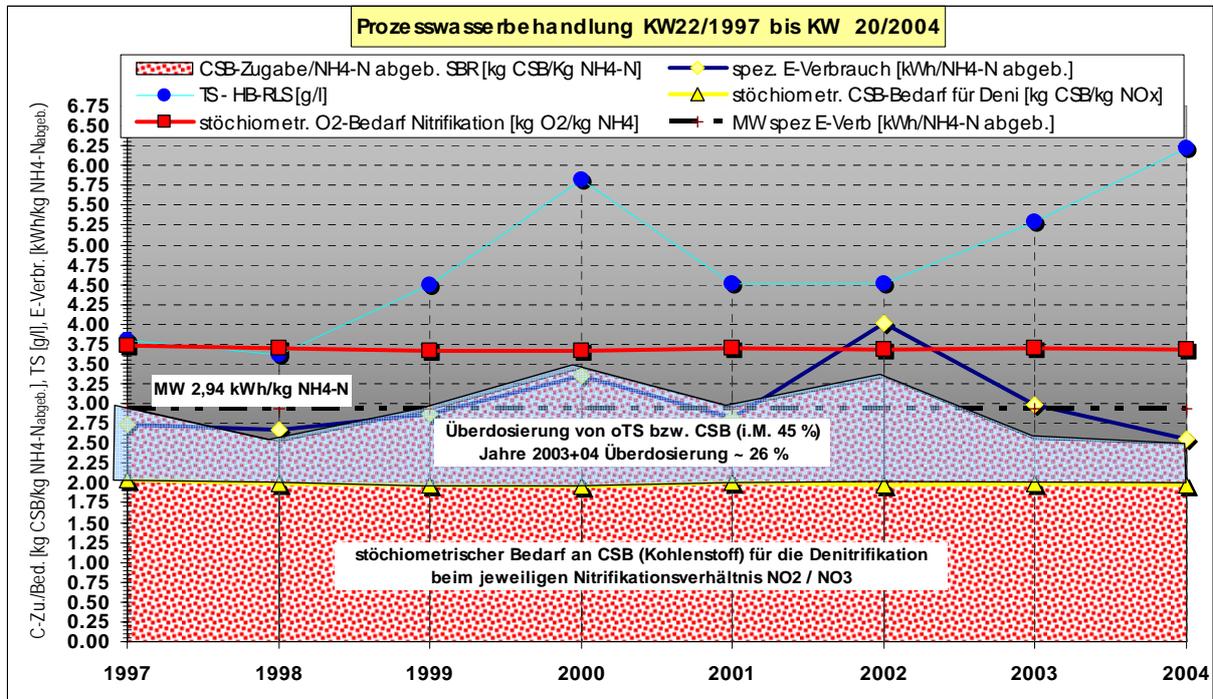


Abbildung 6: Spiegelt den stöchiometrischen CSB-Bedarf für die Denitrifikation sowie die tatsächliche CSB-Zugabe zum SBR-Becken wider. Weiters dargestellt sind der stöchiometrische Sauerstoffverbrauch für die Nitrifikation, der TS-Gehalt des A-Stufen-RLS in g/l und der spezifische Energieverbrauch in kWh/kg NH₄-N abgebaut.

Abbildung 6 dokumentiert, dass die Zugabe von C-Substrat für die Denitrifikation über das stöchiometrische Maß hinaus erfolgte. Im Durchschnitt ergab sich eine 45 %-ige Überdosierung, wobei diese organische Substanz der Faulung und somit der Eigenenergiegewinnung entzogen wurde. Dieser Entzug an oTS beträgt im Mittel rd. 258 kg/d und stellt damit einen Verlust von ca. 4,5 % der täglichen Beschickungsmenge der Faulräume mit 5.340 kg dar.

2.5 Entwicklung und Umsetzung des „DEMON-Verfahrens“ auf der ARA-Strass für die Separatbehandlung von Prozesswasser aus der Schlammbehandlung (2002-2004)

• Biochemische Grundlagen

Bei der Entstickung von Prozesswasser bieten sich aufgrund der hohen Ammoniumkonzentration und des erhöhten Temperaturniveaus alternative Reaktionswege an, die geeignet sind, signifikante Ressourceneinsparungen zu erreichen. Im ursprünglich in Strass installierten Prozesswasserbehandlungssystem über Nitritation/Denitritation konnten, wie oben dargestellt, durch die weitgehende Hemmung der Nitratation Sauerstoff und organischer Kohlenstoff eingespart werden. Eine weitere „Abkürzung“ im Reaktionsweg (Abb.7) zielt darauf ab, nur etwas mehr als die Hälfte des Ammoniums mittels Luftsauerstoff zu Nitrit zu oxidieren und dann mit Hilfe des gebildeten Nitrits die andere Hälfte des Ammoniums direkt zu oxidieren um zum gleichen Endprodukt – elementarer Stickstoff – zu kommen.

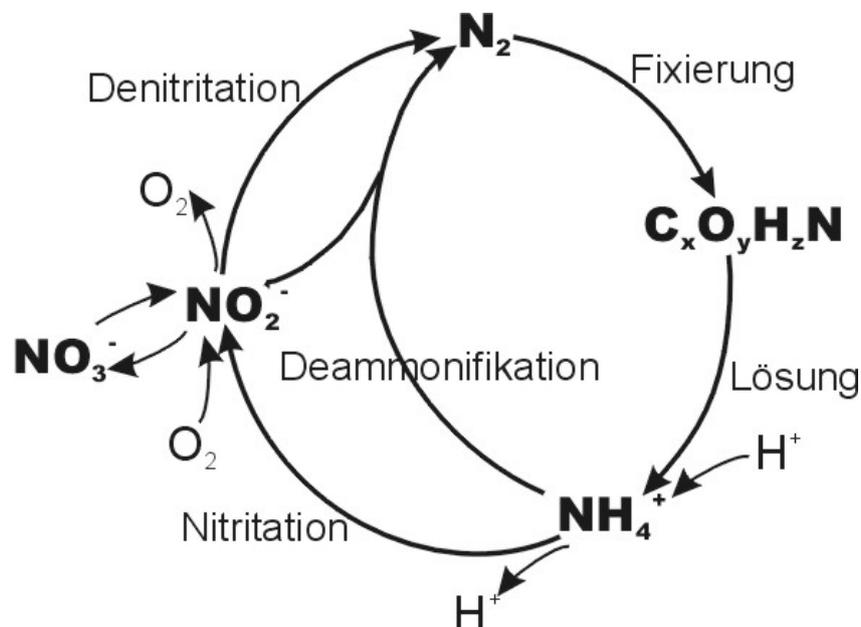
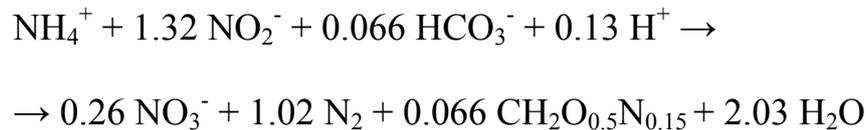


Abbildung 7: Stickstoffkreislauf mit Darstellung des Reaktionsweges der partiellen Ammoniumoxidation (Nitritation) und der anaeroben Oxidation des restlichen Ammoniums mittels des gebildeten Nitrits (Deammonifikation)

Insgesamt verspricht die Stöchiometrie dieses Metabolismuspfad eine 60%-ige Sauerstoffeinsparung und einen vollständigen Verzicht auf eine Kohlenstoffquelle, wobei ca. 10 % des umgewandelten Stickstoffs schließlich als Nitrat vorliegen:



Mikroorganismen, die diesen Prozess katalysieren können, wurden erstmals 1999 als Planctomyceten identifiziert (Strous et al., 1999). Diese Organismen weisen eine sehr geringe Wachstumsgeschwindigkeit auf (Verdoppelungszeit mindestens 11 Tage) und sind zudem sehr empfindlich gegenüber Inhibitionen vor allem infolge erhöhter Nitritkonzentrationen. Diese beiden Faktoren – langsames Wachstum und niedere Toxizitätstoleranz dieser Organismen haben bisher eine erfolgreiche, robuste großtechnische Umsetzung dieses Prozesses verhindert.

In Rotterdam wird seit längerer Zeit versucht, ein zweistufiges Verfahren mit vorgeschalteter Nitritation und nachgeschalteter anaerober Ammoniumoxidation (Anammox) zu implementieren (van Dongen et al., 2001). Ein einstufiges Verfahren wurde im größeren Maßstab noch nicht versucht, da in einem Einschlammsystem die Nitritkonzentration schwerer beherrschbar und die Nitrittoxizität für die Planctomyzeten und damit für das Gesamtsystem eine ständige Bedrohung darstellt (z.B. Nielsen et al., 2005). Hier ergab sich der Ansatzpunkt, mit Hilfe einer pH-Steuerung die Nitritkonzentration im Reaktor zu kontrollieren, da ein pH-Anstieg die Produktion an H⁺ Ionen und damit korrespondierend die Nitritproduktion signalisiert.

- **Anreicherung der Biomasse zur Deammonifikation**

Die größte Schwierigkeit stellt die Übergangsphase dar, bis sich ausreichend Biomasse für die Deammonifikation etabliert hat. Erst dann können mit Hilfe der Steuerung stabile Verhältnisse (Nitrit, Sauerstoff, pH, Alkalinität, Temperatur) gehalten werden.

Ausgehend von einer Schlammprobe aus einer Versuchsanlage der EAWAG in Zürich wurde in Strass über einen Zeitraum von 2 Jahren die Biomasse angereichert. Die Schlammprobe diente als Inoculum für einen Rührreaktor mit einem Volumen von 0.3 m³, der kontinuierlich mit dem Ablauf aus dem

bestehenden SBR zur Nitrifikation/Denitrifikation des Prozesswassers beschickt wurde (enthielt sowohl Nitrit als auch Ammonium). Bei Erreichen eines Trockensubstanzgehalts von ca. 5 g/l wurde mit dem angereicherten Schlamm die nächste Reaktorgröße mit einem Volumen von 2.4 m³ (Abb.8) in Betrieb genommen. Der im Verhältnis von fast 1:10 verdünnte Schlamm musste wiederum während einer langwierigen Anreicherungsphase aufgebaut werden. Besonders die Startphasen nach der jeweiligen Reaktorinbetriebnahmen erwiesen sich als sehr instabil mit kaum messbaren Stoffumsätzen und Sauerstoffzehrungsraten und infolgedessen mit unerwünschter Sauerstoffinfiltration über die Wasseroberfläche.



Abbildung 8: Stufenweise Reaktorvergrößerung um jeweils 1 bis 2 Größenordnungen zur Anreicherung der Biomasse für die Deammonifikation

- **pH-gesteuerte Deammonifikation (DEMON)**

Im Juli 2004 wurde dann der SBR zur Prozesswasserbehandlung (500 m³) angeimpft und die Steuerung umgestellt (Abb.9). Um einerseits eine schnelle Nitritakkumulation zu verhindern und andererseits den zweiten Oxidationsschritt vom Nitrit zum Nitrat zu limitieren, wurde ein niedriger Sollwert von ca. 0.3 mg/l für die Sauerstoffkonzentration gewählt. Während der ca. 6 Stunden dauernden Belüftungsphase werden beide Deammonifikationsprozesse – Nitrifikation und anaerobe Ammoniumoxidation – betrieben, die gegenläufige Auswirkungen auf den pH-Wert aufweisen. Der Lufteintrag erfolgt nur innerhalb eines sehr engen pH-Intervalls von 0.01. D.h. infolge des Sauerstoffeintrags dominiert die Nitrifikation über die anaerobe Ammoniumoxidation und der pH-Wert fällt ab bis

der untere Schwellenwert der Prozesssteuerung erreicht wird und die Belüftung abgestellt wird. Die Sauerstoffkonzentration sinkt gegen null und das während des Belüftungsintervalls gebildete Nitrit wird zur Oxidation des Ammoniums aufgebraucht. Infolge dieses Prozesses und der kontinuierlichen Zugabe des alkalischen Prozesswassers steigt der pH-Wert bis zum oberen Schwellenwert an und die Belüftung setzt wieder ein.

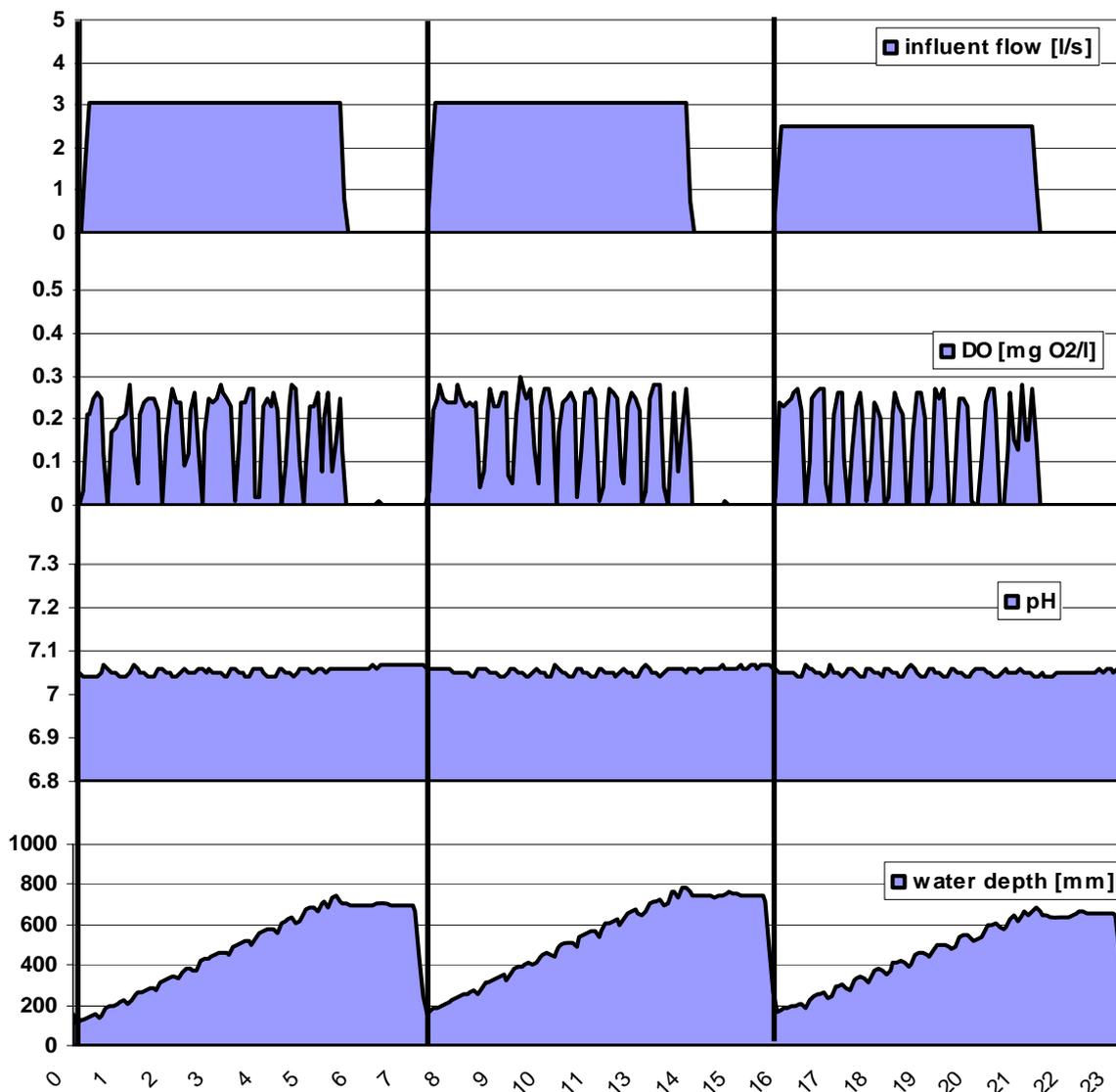


Abbildung 9: Steuerungsschemas der Deammonifikation zur Prozesswasserbehandlung an der ARA Strass mit der Darstellung der Ganglinien der Zulaufmenge, der Sauerstoffkonzentration (DO), des pH-Wertes und des Wasserspiegels im Becken

Bei der Inbetriebnahme des SBR zeigten sich Skalierungsprobleme, da Lufteintrag und Abzugseinrichtungen an die anfangs stark limitierten Beschi-

ckungsmengen angepasst werden mussten. Um Überschreitungen des geringen Sauerstoffsollwertes zu verhindern, wurde das Gebläse gedrosselt und mit Fortdauer der Inbetriebnahmephase der Leistungsbereich wieder erhöht.

Im Gegensatz zu den kleinen Reaktoren zur Biomassenanreicherung ist der großtechnische SBR nicht beheizbar. Es stand daher für die Inbetriebnahme nur ein relativ kleines Zeitfenster zur Verfügung – vom Animpfen bei maximaler Umgebungstemperatur (Juli) bis zum Erreichen der Anlagenkapazität (spätestens Weihnachtszeit mit Belastungsspitze und niederen Temperaturen). Die Temperaturganglinie (Abb.10) zeigt ausgehend von ca. 22 °C, dass mit zunehmenden Beschieckungsmengen von warmen Prozesswasser und durch biogenen Wärmeeintrag die Temperatur trotz abnehmender Außentemperaturen auf ca. 28 °C angestiegen ist.

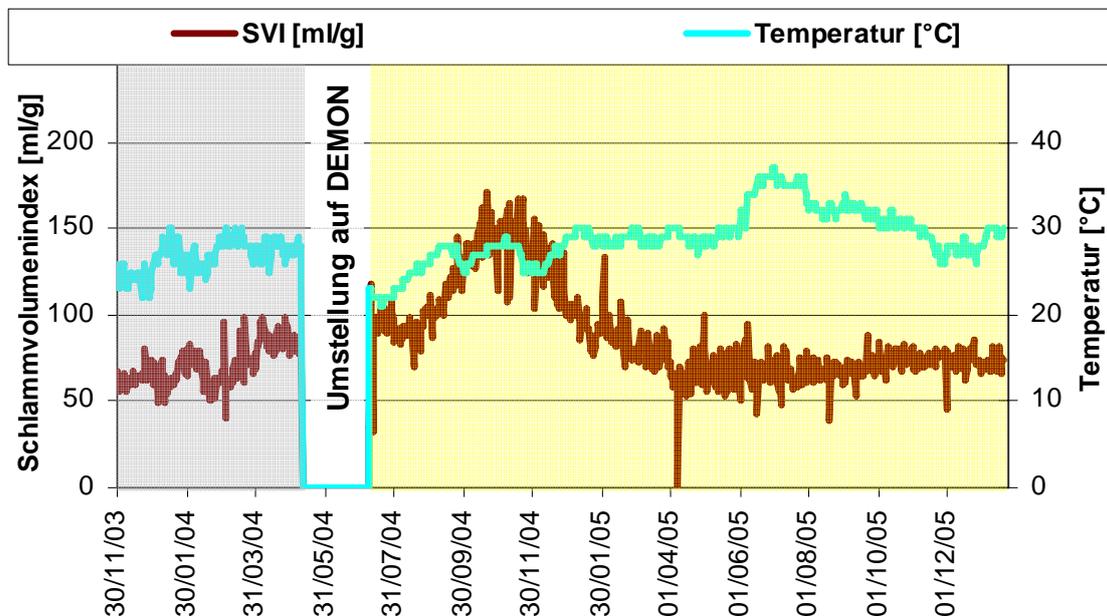


Abbildung 10: Ganglinien des Schlammvolumenindex und der Temperatur im SBR vor und nach der Umstellung auf Deammonifikation

Die Schlamm Trockensubstanz hat während der Startphase von über 6 g/l kontinuierlich auf unter 3 g/l abgenommen und konnte erst mit voller Beschieckung wieder gesteigert werden. Mittels Massenbilanz der produzierten Biomasse konnte die Dominanz der autotrophen Aktivitäten gezeigt werden (Wett, 2005). D.h. im Ablauf der Prozesswasserbehandlung einschließlich Schlammaustrag findet sich infolge der autotrophen C-Fixierung mehr organischer Kohlenstoff als im Prozesswasserzulauf – ein für Abwasserreinigungsanlagen unübliches Muster.

Die Ganglinie des Schlammvolumenindex zeigt während der Inbetriebnahme-phase mit einem Schlammalter von über 100 Tagen und der Umstellung der Biozynose eine Verschlechterung auf über 150 ml/g, stabilisiert sich dann aber auf einen robusten Bereich um ca. 75 ml/g. Rückschläge in der Inbetriebnahme-phase (vergleiche die eliminierte Ammoniumfracht in Abb.11) ergaben sich durch Biomasseverluste bei Umstellung der Abzugseinrichtung und infolge von Schaumproblemen. Die Schaumentwicklung konnte durch die Installation einer Ringleitung entlang des Beckenrandes, über die der Prozesswasserzulauf auf die Oberfläche gesprüht wird, beherrscht werden. Mit Jahresende 2004 wurde die erforderliche Anlagenkapazität von 250 kg NH₄-N/d erreicht.

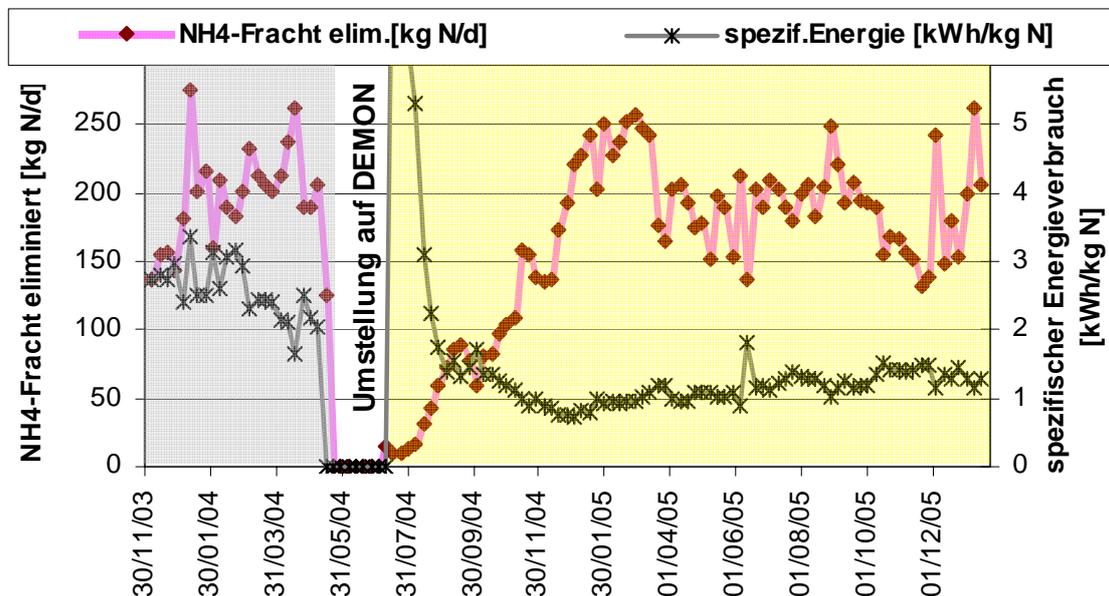


Abbildung 11: Ganglinien der Wochenmittelwerte der eliminierten Ammonium-Tagesfracht und des spezifischen Gesamtenergieverbrauches (Belüftung, Rührer, Pumpe) vor und nach der Umstellung auf Deammonifikation

Besonders auffällig wirkt sich die Umstellung auf das DEMON-Verfahren auf den Energieverbrauch der Anlage aus. Bezogen auf die abgebaute Ammoniumfracht sinkt der spezifische Energiebedarf vom Bereich zwischen 2 und 3 kWh/kg N auf unter 1 kWh/kg N ab. Diese Einsparung übertrifft die Erwartungen aus der Stöchiometrie und lässt sich vor allem durch die verbesserte Sauerstoffeintragseffizienz (α -Wert) bei geringerem TS-Gehalt und durch stark verminderte heterotrophe Sauerstoffzehrung begründen. Durch den Verzicht auf die Kohlenstoffdosierung in Form von A-Schlamm entfällt nicht nur der

Sauerstoffverbrauch für die teilweise aerobe Stabilisierung, sondern es erhöht sich zudem das Biogaspotential beim anaeroben Abbau im Faulturn.

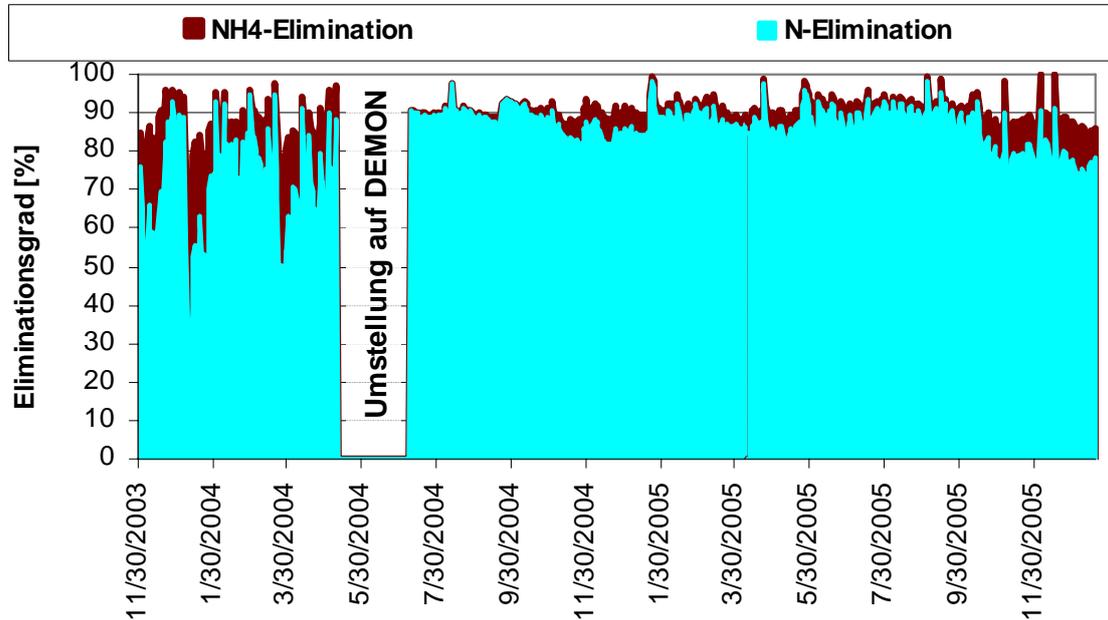


Abbildung 12: Ganglinien des Wirkungsgrades der Prozesswasserbehandlung hinsichtlich Ammonium und N_{ges} vor und nach der Umstellung auf Deammonifikation

Seit Erreichen des Vollbetriebes liegen nun Betriebserfahrungen von über einem Jahr vor. Der Eliminationsgrad für Ammonium zeigt kaum Schwankungen (Abb.12) und beträgt im Jahresmittel über 90 % (Tab.1). Restkonzentrationen an Nitratstickstoff liegen im Mittel bei 77 mg/l bei einer Ammoniumzulaufkonzentration von 1844 mg N/l. Der Wirkungsgrad der Stickstoffelimination erreicht daher im Jahresmittel über 85 %.

Tabelle 1: Betriebswerte der Prozesswasserbehandlung auf der ARA Strass als Jahresmittelwerte mit Standardabweichung für 2005

2005	TS $g\ m^{-3}$	oTS $g\ m^{-3}$	SVI $ml\ g^{-1}$	Temperatur $^{\circ}C$	Qzu $m^3\ d^{-1}$	NH ₄ -Abbau %	N-Abbau %
Reactor	4.3 ± 0.8	3.0 ± 0.8	73.6 ± 12.4	27.8 ± 1.7	117 ± 39	90.3 ± 2.95	85.8 ± 4.93
	NH ₄ $g\ N\ m^{-3}$	NO ₂ $g\ N\ m^{-3}$	NO ₃ $g\ N\ m^{-3}$	CSB _{gelöst} $g\ COD\ m^{-3}$	CSB _{partikulär} $g\ COD\ m^{-3}$		
Zulauf	1844 ± 92	0	0	614 ± 27	241 ± 140		
Ablauf	179.4 ± 51.7	4.4 ± 6.9	76.8 ± 48.1	344 ± 4	305 ± 61		

3 Weitergehende Optimierungsmaßnahmen

3.1 Veranlassung zur Optimierung, Benchmarkprojekte in der SWW

Neben der Anpassung an den Stand der Technik in den Jahren 1994-97 und der Entwicklung der Prozesswasserbehandlung mittels SBR- sowie des DEMON-Verfahrens wurden weitere Maßnahmen gesetzt, um die Energieeffizienz der ARA-Strass bei gleich hohem Niveau der Reinigungsleistung zu verbessern. Dass die ARA-Strass bereits in den Jahren 1999/2003/2004 sehr kostengünstig gearbeitet hat, konnte durch den Abschluss der entsprechenden Benchmarkprojekte und Definierung der ARA-Strass als Benchmarkanlage bewiesen werden.

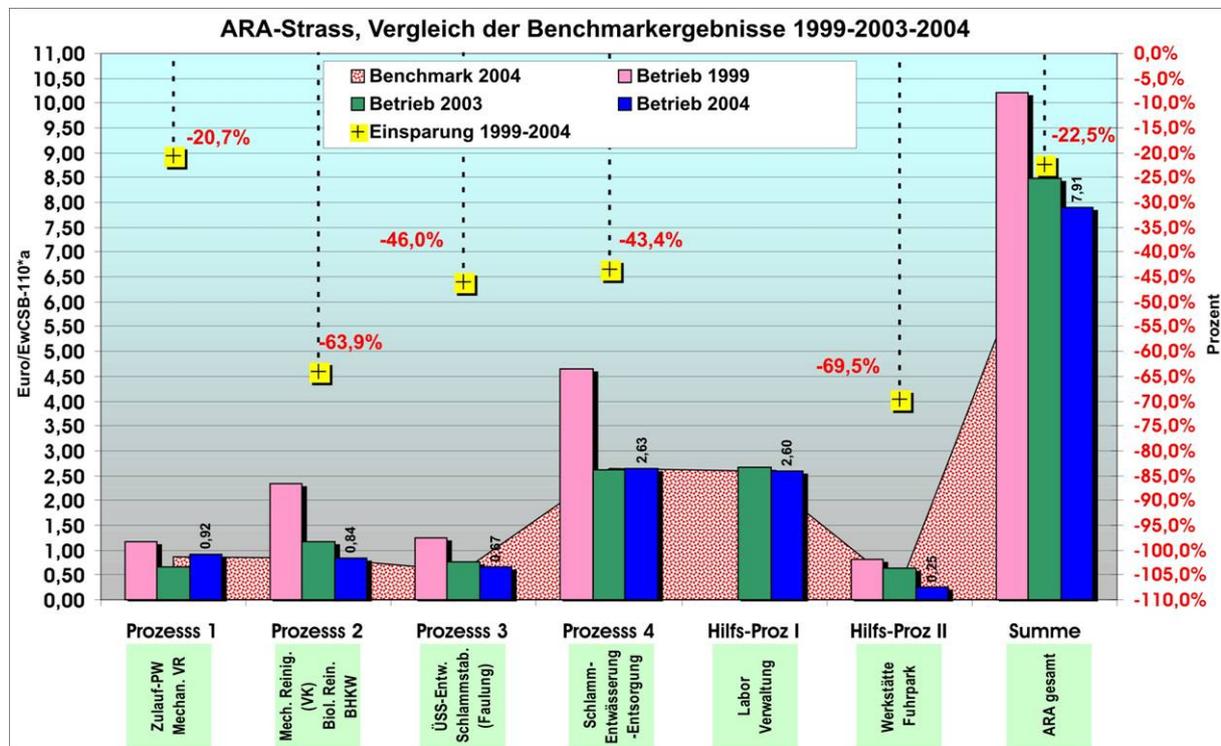


Abbildung 13: Vergleich der spezifischen Betriebskosten aus den Benchmarkprojekten der Jahre 1999/2003/2004.

In Abbildung 13 ist ein Vergleich der spezifischen Betriebskosten der ARA-Strass aus den Benchmarkprojekten für die Betriebsjahre 1999, 2003 und 2004 dargestellt. Es zeigt sich, dass sowohl in den einzelnen Prozessen als auch für die Gesamtanlage ARA-Strass die spezifischen Betriebskosten im zeitlichen Verlauf weiter gesenkt werden konnten. Die Reduktion beträgt im Gesamtprozess ARA im Vergleich der Jahre 1999 zu 2004 rd. 22,5 %.

3.2 Optimierungsmaßnahmen ARA-Strass 1998-2005

Die nachstehend angeführten Optimierungs- bzw. Betriebsumstellungsmaßnahmen hatten vordergründig nicht immer die Prämisse der Effizienzverbesserung, sondern haben sich zwangsläufig auch aus der Tatsache der Modernisierung - im Speziellen im Bereich der EDV und Elektrotechnik - ergeben. Systeme, Sonden, Elektronik und Software mussten auf Grund von Service- und Bestandteilproblemen erneuert bzw. auf ein anderes System umgestellt werden. Bei der Entscheidungsfindung wurde aber auch der Aspekt der Effizienzsteigerung im Auge behalten und die Systeme meistens erst nach einer ausgiebigen „Testphase“ von oftmals mehreren Monaten in den ARA-Betrieb eingegliedert. Nur so kann in vielen Fällen das optimale System im Zusammenspiel von Maschinenteknik, Elektronik, MSR-Technik sowie den erforderlichen chemischen Hilfsmitteln gefunden werden.

Optimierungsmaßnahmen im Detail:

- **1998 - Umstellung des Prozessleitsystems der ARA-Strass vom Betriebssystem UNIX auf das windowsbasierende Softwaresystem WinCC:**

Diese Umstellung samt Erstellung der Systemsoftware und der Prozessbilder erfolgte „in House“ unter Einbindung zweier externer Maturanten der HTL für Elektrotechnik in Innsbruck. Durch die intensive Mitarbeit der AIZ-Mitarbeiter an der Prozessleitsystemerstellung konnten einerseits die Umstellungskosten sehr gering gehalten werden, andererseits ist der AIZ-AV damit in der Lage das Prozessleitsystem selber zu pflegen und zu warten. Auch Steuerungsänderungen, Umprogrammierungen und die Erweiterung der aufgesetzten MSR-Technik mit neuen Regelparametern können jetzt in Eigenregie erledigt werden (Einsparung rd. 7.000,- bis 8.000,- Euro pro Jahr). Die entsprechende Ausbildung der AIZ-Mitarbeiter über EDV-Programmierungskurse und Fortbildung im System WinCC ist dazu aber permanent erforderlich.

- **2000 - Erweiterung des Klärschlamm-Zwischenlagers auf der ARA-Strass um rd. 600 m³ und Verbesserung der KS-Entwässerungsanlage:**

Durch diese Erweiterung bzw. Verbesserung hat sich eine effizientere Klärschlammmanipulation auf dem Zwischenlager der ARA-Strass ergeben. Neben dem um 600 m³ größeren Speichervolumen wurden auch die Zufahrts- und Beladesituation sowie die maschinelle Räumung verbessert.

Ebenso hat die Optimierung des Entwässerungssystems des Stapelplatzes Erleichterungen für das KS-Handling gebracht.

- **2000 - Optimierung der MÜSE und Umstellung auf einen Scheibeneindicker:**

Mit der Umstellung auf eine moderne Überschussschlamm-entwässerungsmaschine, die in Zusammenarbeit mit der Herstellerfirma über einen Versuchszeitraum von rd. 9 Monaten energie- und verbrauchs-optimiert wurde, konnte der Flockungsmittelbedarf wesentlich gesenkt werden. Außerdem wird die MÜSE seit dem Jahr 2001 nur noch in Hochlastzeiten (rd. 2-3 Monate) betrieben und in den restlichen 9-10 Monaten der Überschussschlamm der Schwachlast-Stufe über die Voreindicker bzw. Mischbehälter zusammen mit dem A-Stufen-Schlamm statisch eingedickt. Die Zugabe von geringen Mengen Flockungsmittel erfolgt in dieser Zeit durch direkte Einmischung in die Rohrleitung zum Voreindicker bzw. Mischbehälter.

Tabelle 2: Vergleich der Kosten für die Hilfschemikalien bei der MÜSE als Mittel der Jahre 1996-2000 und 2001-2004.

Chemikalienkosten MÜSE	Mittel 1996-2000	Mittel 2002-2004
Euro (Ausgaben nur für Chemikalien)	41.150,-	20.250,-

Tabelle 2 zeigt die Einsparungen bei den Chemikalien für die MÜSE. Diese konnten durch die Erneuerung der Entwässerungsmaschine und die Verfahrensumstellung um 20.900,- Euro d.s. knapp 50 % gesenkt werden.

- **2001/2002 - Optimierung des Rechengutwäschers mit Umstellung auf gereinigtes Abwasser und Steuerung der Biofilterbefeuchtung über die Luftfeuchte**

Wie Abbildung 14 zeigt, konnte durch die Umstellung des Wäschers auf gereinigtes Abwasser zum Jahreswechsel 2000/2001 der Verbrauch an Brauchwasser (Grundwasser) von 289 m³/d auf 128 m³/d reduziert werden. Eine weitere Reduzierung hat sich ab September 2002, durch die luftfeuchteabhängige Steuerung der Biofilterbefeuchtung ergeben, so dass derzeit ein mittlerer Verbrauch von 106 m³/d gegeben ist. Daraus lässt sich eine Stromeinsparung von rd. $(289-106 = 183 \text{ m}^3/\text{d} * 0,65 \text{ kWh/m}^3 =) 120 \text{ kWh}$ ermitteln.

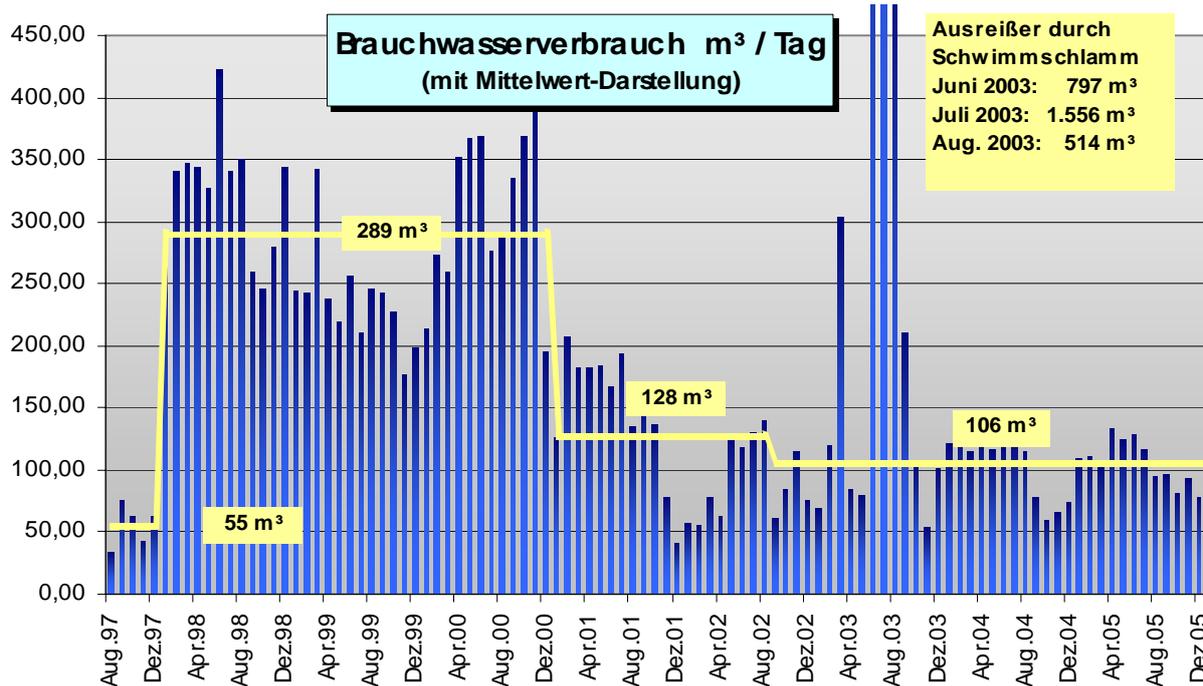


Abbildung 14: Grundwasserverbrauch für Wäscher, Biofilterbefeuchtung und Zentralgebäude-reinigung. Die Einsparung durch die Wäscheroptimierung und Befeuchtungs-steuerung des Biofilters beträgt 183 m³ GW/d (entspricht rd. 120 kWh/d).

- **2001 - Installation eines neuen Gasmotors (JMS 208 GS) im Februar mit einer elektrischen Leistung von 340 kW (Gesamtleistung 774 kW):**

Mit der Neuinstallation des Gasmotors konnte der elektrische Wirkungsgrad bei der Faulgasverstromung von ehemals 33,2 % auf knapp 40 % gesteigert werden, was eine Effizienz Zunahme von 20,5 % bedeutet. Damit hat sich die spezifische Gasausbeute von ehemals 2,05 kWh/Nm³ (Mittel aus 1996-2000) auf 2,32 kWh/Nm³ (Mittel 2001-2005) erhöht. Der stündliche Gasverbrauch liegt bei rd. 144 Nm³. Der Methangehalt des Biogases schwankt zwischen 58-62 %.

- **2002 - Umstellung der Konditionierung bei der Schlammmentwässerung auf Polymer mit Versuchsphase zur Polymermitteloptimierung:**

Wie bereits bei der separaten Filtratwasserbehandlung erwähnt, erfolgte im Winter 2001/02 die Umstellung der Konditionierung von Kalk-Eisen auf Polymer. Gemäß Tab. 3 konnten durch diese Umstellung die Chemikalienkosten der Schlammmentwässerung um 31.600 Euro (33 %) gesenkt werden.

Tabelle 3: Vergleich der Kosten für die Hilfschemikalien bei der Schlammmentwässerung als Mittel der Jahre 1996-2001 und 2002-2004.

Chemikalienkosten Schlammmentwässerung	Mittel 1996-2001	Mittel 2002-2004
In Euro, inkl. aller Hilfsstoffe o. Personal u. E-Energie	95.900,-	64.300,-

- **2001 bis 2004 - Auswechslung sämtlicher Belüfterfolien der Plattenbelüfter:**

Nach einer Betriebsdauer von 12-15 Jahren - die Belüfter stehen seit 1989 ununterbrochen in Betrieb - hat sich bereits im Jahr 2001 gezeigt, dass die Folien der Plattenbelüfter Materialermüdungserscheinungen (Risse) aufweisen, so dass in einem Auswechslungsprogramm über die Jahre 2001 bis 2004 sämtliche Belüfterfolien der Hochlast-Biologie, der Schwachlast-Biologie und des Filtratbehandlungsbeckens ausgetauscht wurden. Die Belüfterfolien in der Schwachlast-Biologie wurden beckenweise, in Niederlastzeiten ausgewechselt.

Tabelle 4: Zeitlicher Verlauf der Auswechslung der Folien bei den Belüfterplatten (Messner Plattenbelüfter) auf der ARA-Strass.

Anlagenteil	Zeitraum Folientausch Belüfterplatten (MM-MM/JJJJ)	
Schwachlast-Biologie	Becken 1	06-11/2002
	Becken 2	07-10/2001
	Becken 3	06-08/2003
	Becken 4	10-12/2001
Hochlast-Biologie	Becken 2	11/2004
SBR-Anlage (= ehemaliges Becken 1 der HL-Biologie)		05/2004

Die Folien der Hochlast-Biologie und des SBR-Beckens wurden im Jahr 2004 getauscht. Damit die Biomasse des SBR-Beckens erhalten werden konnte, wurde diese in die entleerte Hochlast-Stufe umgepumpt und der Belüfterplattentausch innerhalb von 1,5 Tagen durchgeführt.

- **2003 - Umstellung des ÜSS-Abzuges der Schwachlast-Biologie**

Durch immer wieder sporadisch (speziell im Frühjahr) auftretende Schwierigkeiten im Bezug auf Schwimmschlamm (Fettschlamm), welcher durch die übliche ÜSS-Entnahme nicht ausreichend aus dem System Schwach-

last-Biologie - NKB entfernt werden konnte, haben sich erhebliche Schwierigkeiten und damit Kosten in der Betriebsführung der ARA ergeben. Der Fettschlamm (Fettanteil $\geq 35\%$) hat sich auf den Oberflächen der zweiten Belebungsstufe und der Nachklärbecken teilweise in einer Dicke von 20-35 cm aufgebaut und musste mit Wasser bekämpft bzw. mittels Saugwagen händisch abgepumpt werden, wobei dieser Zustand über mehrere Wochen andauerte.

Die technische Realisierung erfolgte durch den Einbau einer oberflächlichen Überschussschlammabzugseinrichtung in den Ablaufbereich der SL-Biologie im Okt./Nov. 2003. Der flotierte und sich oberflächlich sammelnde Schlamm wird mittels alternierend betätigter Klappen in einen trapezförmigen rd. 2,5 m³ fassenden und zentral angeordneten Behälter abgezogen und durch eine, über eine MID-Einheit drehzahlgeregelte Schlammpumpe ausgeschleust. Der Schlamm gelangt in Folge direkt zur MÜSE bzw. zum Voreindicker oder Mischbehälter und weiter in die Faulung. Seit dem Umbau treten hier keinerlei Betriebsprobleme mehr auf.

- ***2004 - Anpassung des Schlammalters und des RL-Verhältnisses der Schwachlast-Stufe auf die Belastungsverhältnisse***

Nicht zuletzt durch die zeitweiligen Schwimmschlammprobleme auf der ARA-Strass wurden Schlammalter und Rücklaufverhältnis der SL-Stufe bis Jahresende 2003 auf der „sicheren Seite“ gefahren, was zwangsläufig einen höheren Energieaufwand für die Rücklaufschlammumpen sowie für die Belüftung der 2. Belebungsstufe bedeutet. Die unnötige Veratmung von Substrat in der Belebungsstufe durch ein sehr hohes Schlammalter, bringt zusätzlich negative energetische Effekte für die Faulung mit sich.

Das Rücklaufverhältnis in der SL-Stufe lag im Durchschnitt der Jahre 1996-2003 zwischen 100 und 120 %. Das \emptyset -Schlammalter in dieser Zeit errechnet sich für die Schwachlast-Stufe mit rd. 21 Tagen. In Anlehnung an die Vorgaben des ATV-Arbeitsblattes 131 ergibt sich für eine Jahresabwassertemperatur von rd. 13 ° C ein erf. Schlammalter von $t_s = \sim 10$ Tagen bei einem DN-Anteil im Belebungsbecken von 40 %.

Durch die Verbesserung der Schlammsituation in der SL-Stufe mit dem geänderten ÜSS-Abzug kann nun das Schlammalter und der TS-Gehalt der B-Stufe besser auf die Belastungssituationen angepasst werden. So ergibt

sich das rechnerische Schlammalter der B-Stufe im Mittel der Jahre 2004-2005 mit 14 Tagen. Der Schlammrücklauf in dieser Zeit wurde im Bereich 80 bis 100 % gefahren, wobei auch in Hochlastzeiten (z.B. Winter 2005/06) mit einem RL-Verhältnis von 90 % das Auslangen gefunden wurde.

Tabelle 5: Vergleich des Sauerstoffbedarfs für die Kohlenstoffatmung (OV_C) und der spezifischen Überschussschlammproduktion aus dem BSB-Umbau ($\dot{U}S_{BSB5}$) für die verschiedenen Schlammalter vor und nach Umstellung des ÜSS-Abzuges im Winter 2003/04.

O ₂ -Bedarf für Kohlenstoffatmung (Ø-Temp. 13 °C)		OV _C (kg O ₂ /kg BSB ₅)	%
Schlammalter t _s (Tage)	14	1,39	100
Schlammalter t _s (Tage)	21	1,58	~114
Spez. Überschussschlammproduktion (Ø-Temp. 13 °C)		ÜSS _{BSB5} (kg TS/kg BSB ₅)	%
Schlammalter t _s (Tage)	14	0,85	100
Schlammalter t _s (Tage)	21	0,76	-94

Als Effekt dieser Umstellung ergibt sich eine Energieeinsparung von rd. 350 kWh/d beim RLS-Hebewerk der Schwachlast-Stufe und - ausgehend vom Schlammalter von 14 Tagen - eine rd. 14%-ige Verringerung beim Sauerstoffbedarf für die Kohlenstoffatmung. Zusätzlich erhöht sich der ÜSS-Ertrag um rd. 6 %, welcher in der Faulung wiederum einen höheren Biogasanfall ergibt (siehe Tabelle 5).

- **2004 – Erneuerung bzw. Umbau der Rechenanlage**

Die Stabrechenanlage mit einer Spaltweite von 15 mm (ab 1995: 8 mm) hat in den letzten Betriebsjahren durch immer öfter auftretende Verklemmungen der Reinigungsharken zu unverhältnismäßig großem Personalaufwand für die Störungsbeseitigung geführt. Diese Störungen sind vorwiegend in tourismusstarken Zeiten und fast immer außerhalb der Normaldienstzeiten aufgetreten, so dass es hier zu erhöhten Kosten im Bereitschaftsdienst gekommen ist. Abhilfe wurde durch den Umbau der Rechenanlage auf 2 Stufenrechen mit 3 und 6 mm Spaltweite geschaffen. Die Begründung für die unterschiedlichen Spaltweiten liegt in der hydraulischen Kapazität des Rechens, der bei Ausführung mit jeweils 3 mm Spaltweite hydraulisch zu einem zu großen Rückstau geführt hätte.

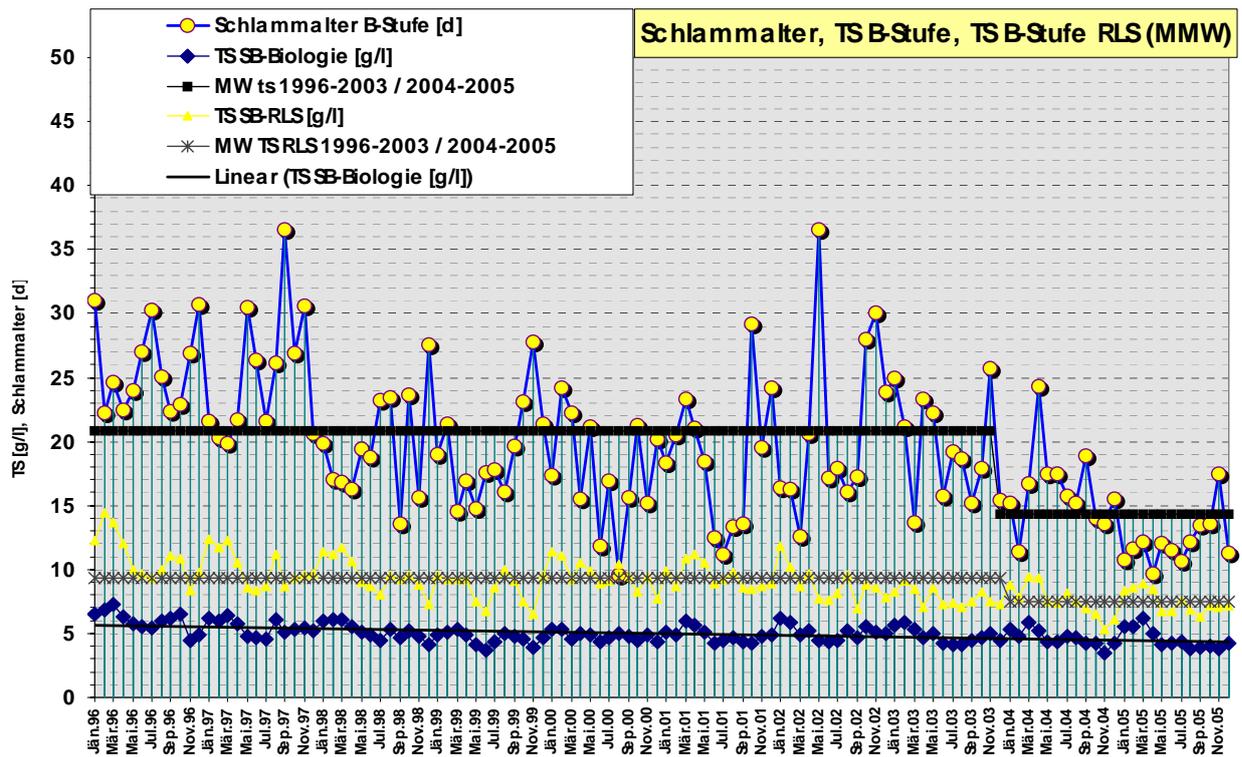


Abbildung 15: Schlammalter der B-Biologie und Trockensubstanzgehalte der B-Stufe und des B-Stufen-RLS (MMW = Monatsmittelwert) Dargestellt sind auch die Mittelwerte vor ($t_s=21$ d) bzw. nach ($t_s=14$ d) Umstellung des ÜSS-Abzuges. Der TS-Gehalt des RLS hat von 9,4 g/l auf 7,5 g/l abgenommen, der TS-Gehalt im Belebungsbecken weist tendenziell eine Abnahme von 5,6 g/l auf 4,3 g/l auf.

- **2004 – Einsatz eines Ionen-Chromatographen im Labor**

Tabelle 6: Einsparung durch den Einsatz eines IC-Gerätes im Labor und dem Entfall von rd. 3.000 Küvettentests. Einsparung pro Jahr rd. 5.700,-, gerechnet ohne AfA für das Grundgerät mit Anschaffungskosten von rd. 11.500,- Euro.

Eingesparte Küvettentest-Sets	3.000 Stk.	a 2,28	7.000,- €	100 %
Betrieb IC-Gerät (Ionensäulen anteilig, Verbrauchsmaterial, Probenaufbereitung)	BK/a		1.300,- €	19 %
Einsparung durch IC-Gerät pro Jahr			5.700,-	81 %

Seit Jänner 2004 wird für die analytischen Bestimmungen der Stickstoff- und Phosphor-Werte ein Ionen-Chromatograph eingesetzt. Durch diese Umstellung können ca. 3.000 von insgesamt 6.500 - 7.000 Stk. Küvetten-tests pro Jahr eingespart werden.

- **1996-2005 - Vergärung von Co-Substraten in der Faulanlage der ARA-Strass**

Bereits im Jahr 1996 hat die ARA-Strass damit begonnen Co-Substrate in der hauseigenen Faulanlage mit zu vergären. Anfänglich handelte es sich dabei ausschließlich um Faulschlamm aus 3-Kammer-Haus-Kläranlagen, die einer ordnungsgemäßen Entsorgung zuzuführen waren. Dieses Co-Substrat weist sehr unterschiedliche Qualitäten im Bezug auf den organischen Feststoffgehalt und damit auf die Gasausbeute auf. Über die Jahre wurden dann auch Fettabscheiderinhalte (ab dem Jahr 2000) und Pilzmycel (ab dem Jahr 1999, Abfall aus der organisch-chemischen Industrie) als Co-Substrate in die Faultürme zugegeben.

Die Faulschlämme aus den Haus-Faulanlagen und die Pilzmycel-Schlämme werden direkt über die Voreindicker bzw. Mischbehälter, die Fettabscheiderinhalte über die Fetttaschen des belüfteten Sandfangs - und in Folge über Mazeratoren - in die Faulbehälter eingebracht.

Der rechnerische zusätzliche Gasanfall ergibt sich i.M. für die Jahre 1996-2005 als Summe aller Co-Substrate mit rd. 9-10 % (264 Nm³ Biogas aus Co-Substraten, Gesamtanfall 2.877 Nm³/d), wobei das verwertbare Gaspotential der einzelnen Stoffgruppen eher hoch angesetzt wurde. Mit diesem rechnerisch ermittelten zusätzlichen Biogas leiten sich rd. 612 kWh/d an zusätzlicher elektrischer Energie bei der Eigenverstromung ab.

- **2002-2004 Entwicklung des „DEMON-Verfahrens“ an der ARA-Strass (Details siehe Kapitel 2.5)**

2002-4: Anreicherung einer Biomasse für die Deammonifikation von Prozesswasser in stufenweise vergrößerten Reaktoren.

2004: Großtechnische Versuche zur Entwicklung des DEMON-Verfahrens mit anschließender Inbetriebnahme

4 Belastungsentwicklung, Anlagenauslastung

Ausgehend vom Jahr 1996 haben sich auf der ARA-Strass bis zum Jahr 2005 Steigerungen sowohl im hydraulischen Bereich als auch bei der Schmutzfracht ergeben. Die Steigerung hat in diesem Zeitraum auf der hydraulischen Seite 22 % (Q_{ZU} 7.450.000 m³ zu 9.069.000 m³) und bei der Schmutzfracht 62 %

(89.000 EW_{60} zu 144.000 EW_{60}) betragen. Diese Steigerungen werden einerseits durch den immer weiter fortschreitenden Ausbau der Ortskanalisationen und damit mit der Zunahme des Anschlussgrades sowie andererseits durch die Bevölkerungszunahme und dem seit 1997/98 wieder boomenden Tourismus (derzeit rd. 7,4 Mio. Nächtigungen/a) verursacht. Die Schmutzfrachtbelastung hat dabei im Vergleich zur hydraulischen Belastung einen wesentlich stärkeren Anstieg erfahren. Dies dürfte - neben der Fremdwassersanierung einiger älterer Ortskanäle - auf die Tatsache zurückzuführen sein, dass alle Gemeinden (außer Mayrhofen) ihren Wasserverbrauch und damit auch die Kanalgebühr über Wasserzähler verrechnen und dadurch ein nicht unerheblicher „Wasserspareffekt“ eingetreten ist. Die Entwicklung dieser „Abwasser-Konzentrierung“ ist aus Sicht der ARA-Strass zu begrüßen, da die Anlage mit konzentrierterem Abwasser besser und effizienter zu betreiben ist.

Abbildung 16 zeigt die Entwicklung der Belastung an der ARA-Strass im Zeitraum von 1991-2005 und zwar für die belastungsstärkste Woche, welche gleichzeitig der Bemessungswoche laut 1. AEV für kom. AW entspricht. Die N_{ges} -Zulauffracht hat sich in diesem Zeitraum von 881 kg/d auf 1.869 kg/d (+112 %), die P_{ges} -Fracht von 210 kg/d auf 361 kg/d (+72 %) erhöht. Die Abwassermenge ist im gleichen Zeitraum von rd. 23.000 m^3/d auf über 31.000 m^3/d (+35 %), die EW_{60} -Belastung von 99.000 EW auf 213.000 EW (+115 %) angestiegen.

Abbildung 17 zeigt die Auslastung der ARA-Strass für das Jahr 2004 anhand von Jahresmittelwerten (JMW), Wochenmittelwerten (WMW) und Tageswerten. Demnach ist die ARA-Strass schmutzfrachtseitig zu 80 % im Jahresmittel ausgelastet. Bei den Wochenmittelwerten liegen im Jahr 2004 7 von 52 Werten (= 13,5 %) über der Bemessungslast von 167.000 EW_{60} . Diese leichte Überbelastung über einige Tage in Hochlastzeiten kann die ARA-Strass aber ohne Einbußen der Reinigungsqualität bewältigen.

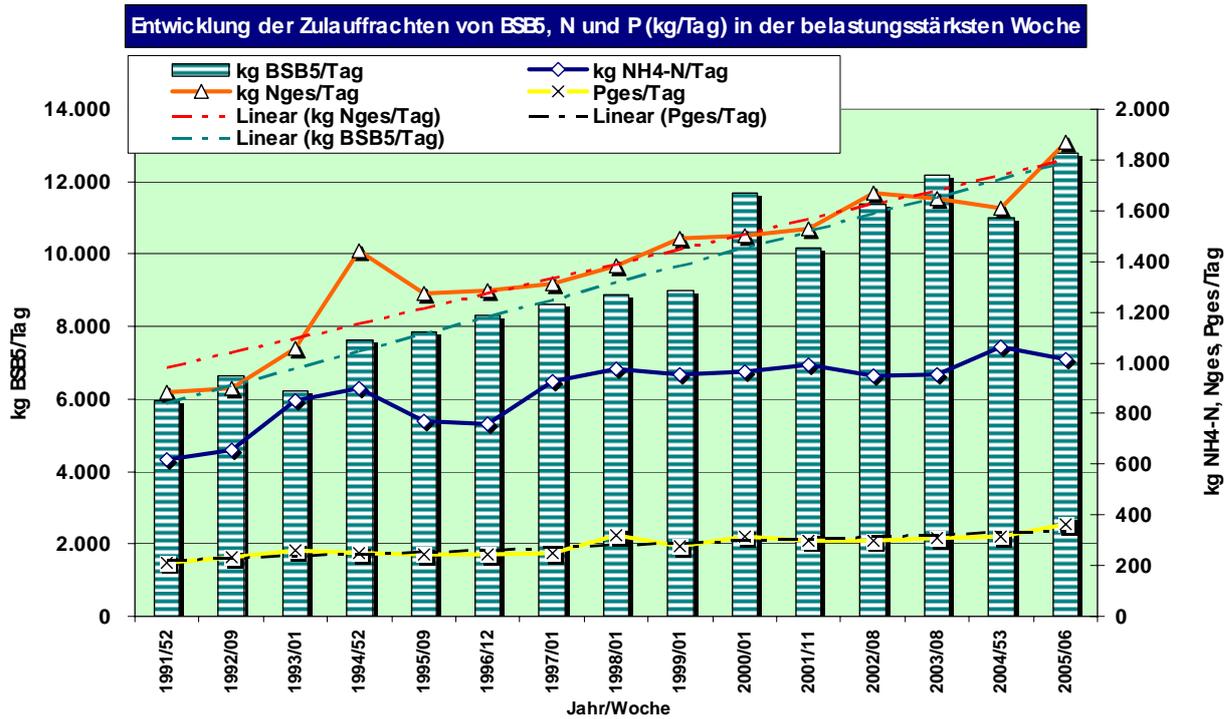


Abbildung 16: Darstellung der Schmutzfrachten für BSB₅, N_{ges}, NH₄-N und P_{ges} in der belastungsstärksten Woche.

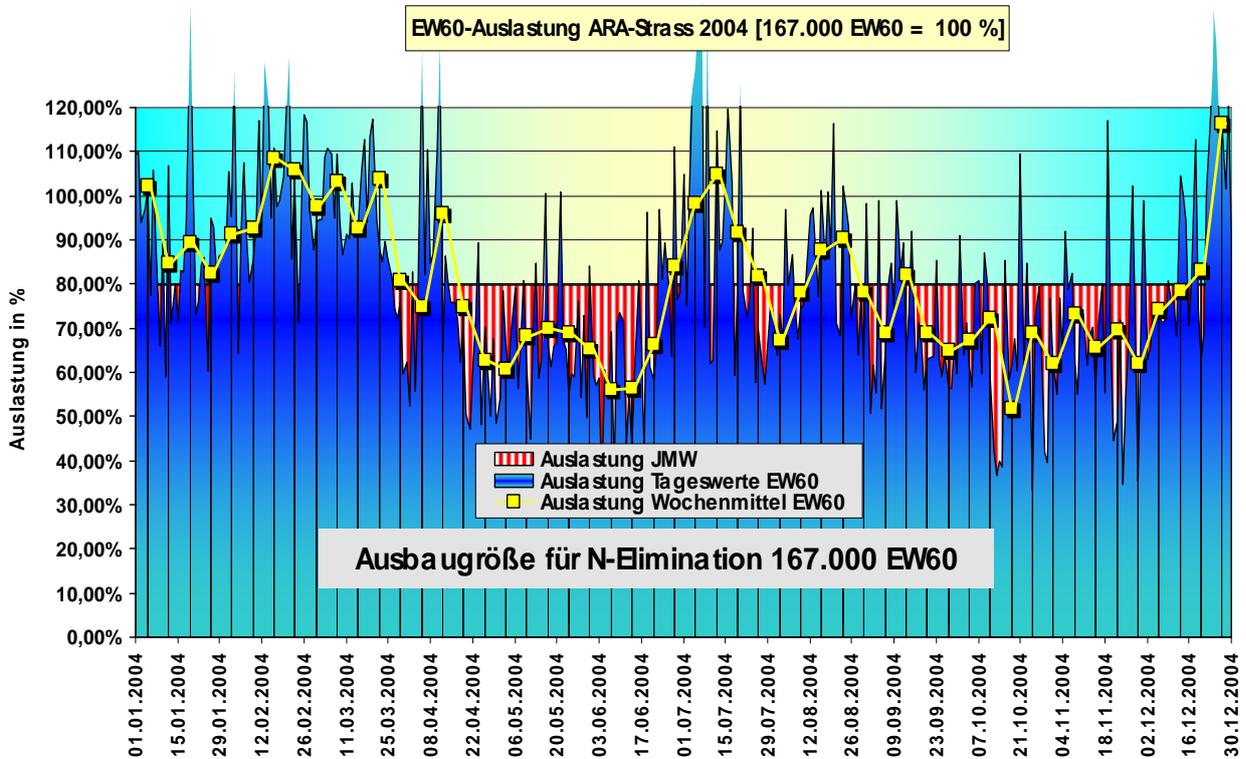


Abbildung 17: Auslastung der ARA-Strass im Jahr 2004 dargestellt als Jahresmittelwert, als Wochenmittelwerte und als Tageswerte.

5 Betriebsergebnisse, chronologischer Effizienzvergleich

Bisher wurden die Optimierungsmaßnahmen im Detail dargestellt und im Einzelnen die Effizienz- bzw. Einspareffekte erläutert. Nunmehr werden die Auswirkungen integral und zusammengefasst für einzelne Prozesse bzw. für die ARA gesamt als chronologische Betriebsergebnisse dokumentiert.

In Abbildung 18 zeigt sich, dass der Verbrauch von E-Energie im Zeitraum 1996 - 2001 in guter Korrelation mit der Belastungszunahme angestiegen ist. An den polynomischen Trendlinien können ab dem Betriebsjahr 2001 erste Einspareffekte abgeleitet werden, welche sich als Summe der Einzelmaßnahmen ergeben. Es ist auch ersichtlich, dass die Zulauf-Belastung im Betrachtungszeitraum 1996-2005 im Jahresmittel von 89.000 EW₆₀ auf 144.000 EW₆₀ angestiegen ist, während der E-Verbrauch im gleichen Zeitraum von 7.359 kWh/d (1996) auf 7.869 kWh/d (2005) zugenommen hat. Der Belastungssteigerung von 62 % steht eine Zunahme beim E-Energieverbrauch von 7 % gegenüber, was einen Faktor von ~ 9 ergibt.

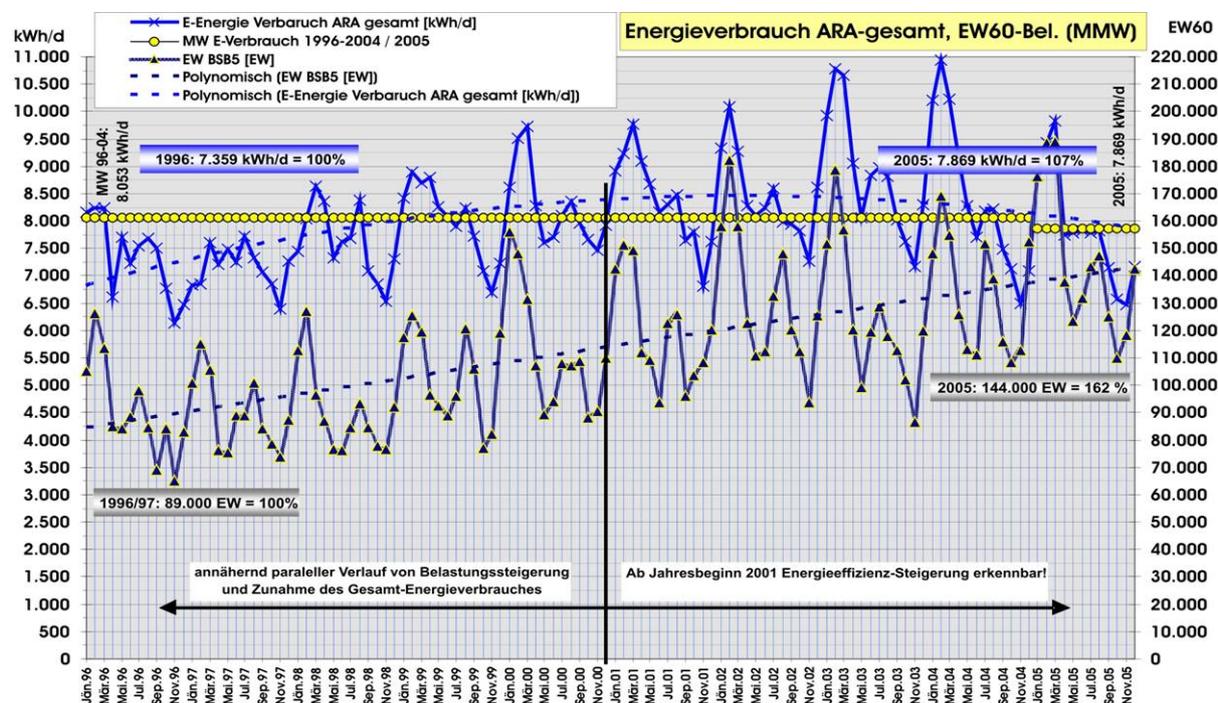


Abbildung 18: Gesamt-E-Energie-Verbrauch (kWh/d) und Belastungs-Entwicklung (EW₆₀) an der ARA-Strass im Zeitraum 1996-2005. Der Mittelwert des Gesamt-E-Verbrauches der Jahre 1996-2004 liegt bei 8.053 kWh/d und für das energieautarke Jahr 2005 bei 7.869 kWh/d.

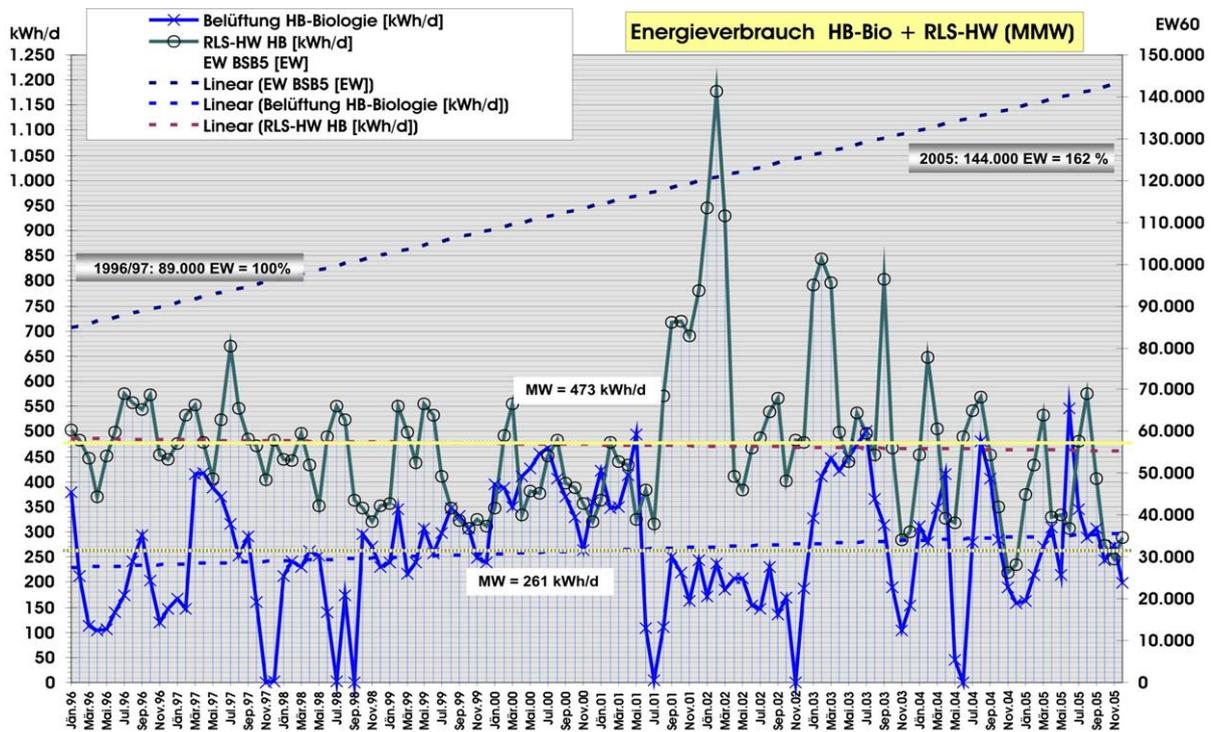


Abbildung 19: E-Energie-Verbrauch der Hochlast-Biologie (kWh/d) im Zeitraum 1996-2005 mit Darstellung der EW₆₀-Belastungssteigerung.

Abbildung 19 spiegelt den E-Energie-Verbrauch für die HL-Biologie (1996-2005) getrennt für die Belüftung und für den RLS-Kreislauf wider. Die linearen Trendlinien weisen einen annähernd waagrechten Verlauf auf, was zeigt, dass der Energieeinsatz in diesem Bereich von der Belastungssteigerung nur unwesentlich beeinflusst wird, obwohl der BSB₅-Abbau der Hochlast-Stufe in den einzelnen Jahren konstant in einer Bandbreite von 50 - 55 % schwankt. Die Begründung dürfte im doch bedeutenden Anteil adsorptiver BSB-Eliminationsvorgängen liegen. In Abbildung 20 sind die Energieverbräuche für die Belüftung und den Rücklaufschlamm der SL-Biologie für den Zeitraum 1996-2005 aufgetragen.

Tabelle 7: Aufstellung der spezifischen Belüftungsenergie von 1996 bis 2005. Als Bezug des Vergleichs dient das Mittel aus den Betriebszeitraum 09/1997-12/2003, in welchen auch die SBR-Anlage in Vollbetrieb stand

Spezifische Belüftungsenergie SL-Stufe	1996 (ohne SBR)	MW 1997- 2003	MW 2004/05	2005
KWh / kg BSB ₅ abgebaut	0,86	0,72	0,63	0,55
Prozent zum langjährigen Mittel mit SBR-Bet.	119 %	100 %	87 %	76 %

Gut zu erkennen ist, dass der Mittelwert der Belüftungsenergie ab 09/1997 (Zeitpunkt des Vollbetriebes der SBR-Anlage) bis 12/2003 die gleiche Steigung aufweist wie die Trendlinie der Belastungssteigerung (EW₆₀-Belastung) und damit gut korreliert. Ab dem Jahr 2004 sind eindeutige Energieeinspareffekte bei der Belüftung erkennbar. Dies wird auch deutlich, wenn man die spezifische Belüftungsenergie miteinander vergleicht (siehe Tabelle 7).

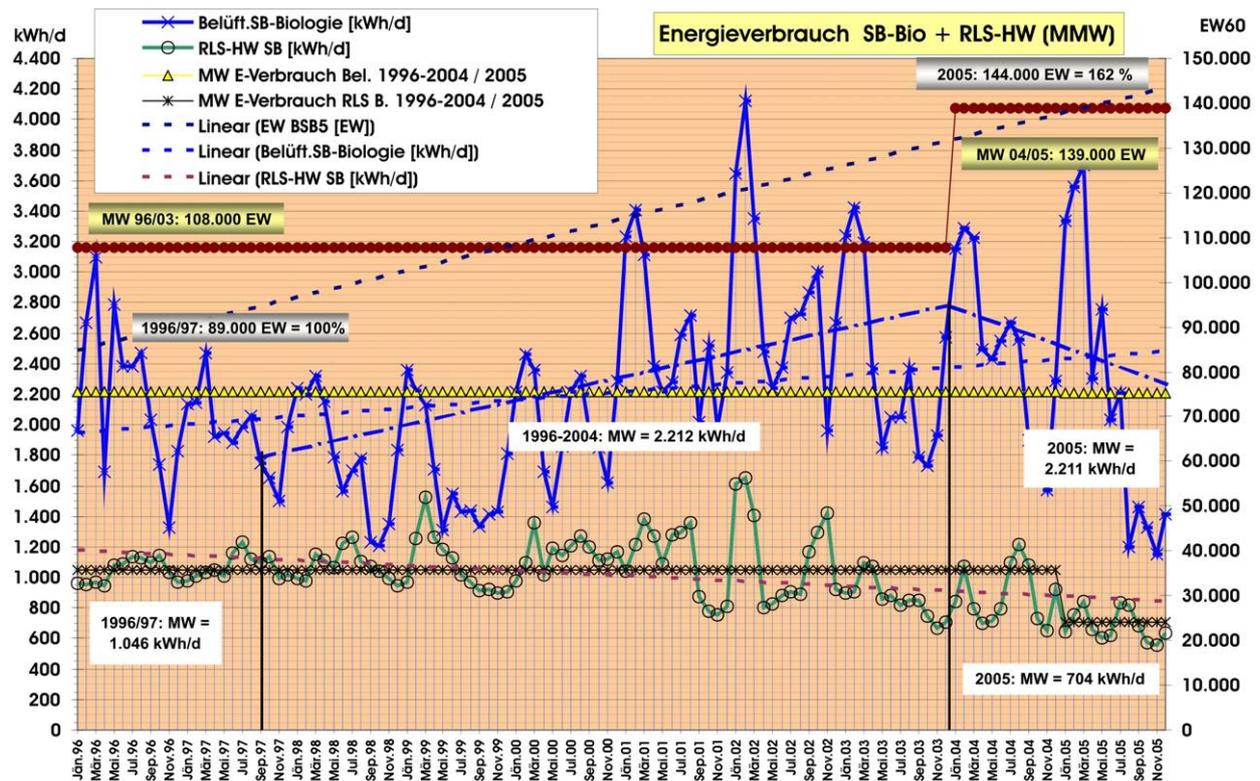


Abbildung 20: E-Energie-Verbrauch der Schwachlast-Biologie (kWh/d) im Zeitraum 1996-2005 mit Darstellung der EW₆₀-Belastung. Es sind sowohl die Gesamtbelastungssteigerung 1996-2005 als auch die EW-Mittelwerte für die Jahre 1996-2003 (108.000 EW) und 2004/2005 (139.000 EW) aufgetragen.

Die in der Zeit 1996-2003 (2.212 kWh/d) täglich aufgewendete Belüftungsenergie ist im Vergleich zum Jahr 2005 (2.211 kWh/d) praktisch unverändert, da die Einsparungen durch die Belastungssteigerung der Jahre 2004/05 wieder ausgeglichen werden.

Auch die Energieeinsparung beim Rücklaufschlamm-Pumpwerk ab 01/2005 ist in Abb. 20 gut zu erkennen (rd. 350 kWh/d). Diese ist auf den ab 2005 geänderten ÜSS-Abzug, dem angepassten Schlammalter und dem damit in Verbindung stehenden RL-Verhältnis zurückzuführen.

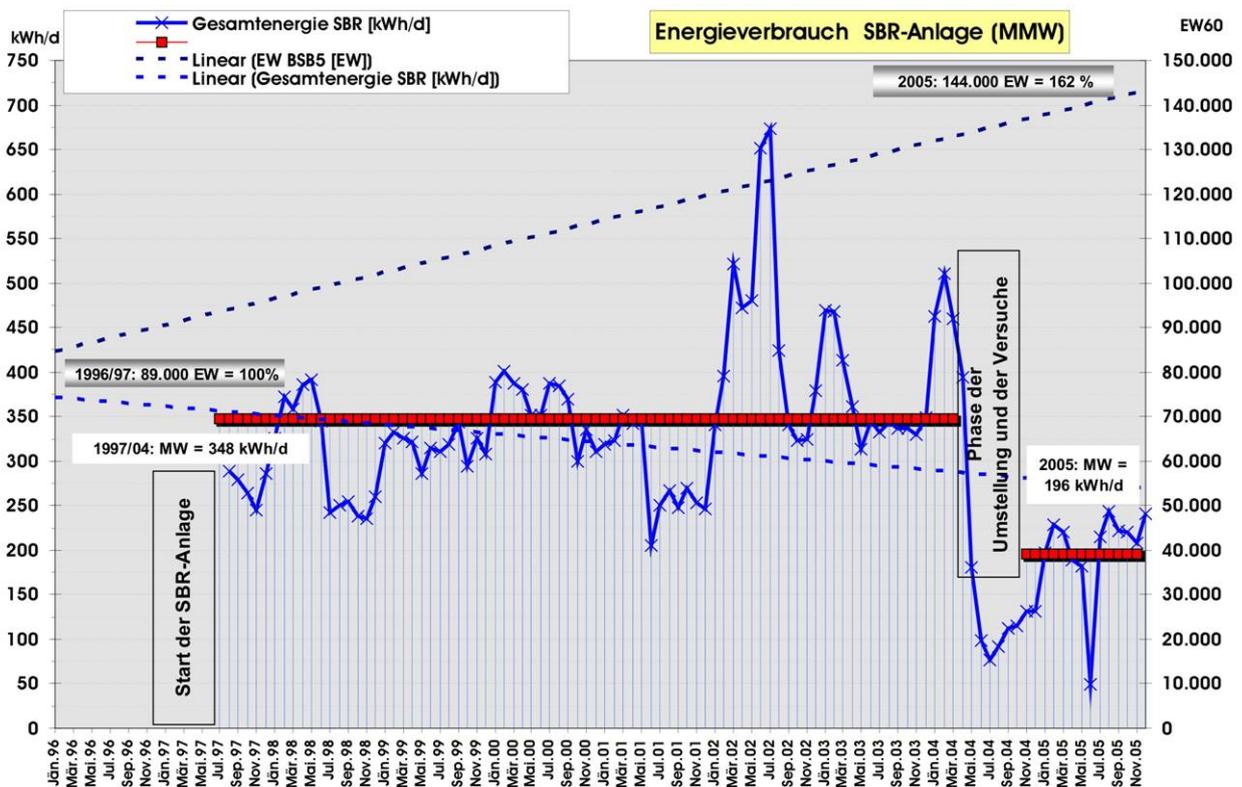


Abbildung 21: E-Energie-Verbrauch der SBR-Anlage (kWh/d) im Zeitraum 09/1997 bis 2005.

Abbildung 21 gibt den Energieverbrauch der SBR-Anlage im Zeitraum 09/1997 bis 04/2004 und 12/2004 bis 12/2005 wieder. Deutlich abzulesen ist die Energieeinsparung in der Anlage seit der Umstellung auf das, an der ARA-Strass entwickelte DEMON-Verfahren. Der Mittelwert des Energieverbrauchs in der Zeit als die Anlage mit 80%-iger Nitrifikation/Denitrifikation gefahren wurde beträgt 348 kWh/d. Nach der Umstellung auf das DEMON-Verfahren ging der E-Verbrauch (bei vergleichbarer bzw. gesteigener N-Fracht auf 196 kWh/d zurück, was einer Einsparung von 152 kWh/d bzw. 44 % entspricht.

Abbildung 22 zeigt den Gesamtenergieverbrauch und die prozesszugeordneten Energieanteile der ARA-Strass. Den größten Energieverbraucher stellt die Schwachlast-Biologie mit einem Anteil von rd. 46 % der Gesamtenergie dar. Auch der Energieverbrauch der Be- und Entlüftung des Zentralgebäudes über Biofilter ist mit rd. 10 % nicht unbeträchtlich. Abbildung 23 gibt den Gesamtenergieverbrauch sowie den Energieanteil der Eigenerzeugung wieder. Der Eigendeckungsgrad hat von 31 % im Jahr 1996 auf 93 % im Jahr 2004 zugenommen. Im Jahr 2005 wurde erstmals eine Deckung von 108 % erreicht und damit Energieüberschuss erzielt. Die Überschussenergie wird als Öko-Strom in das Netz der Tiwag zurückgespeist.

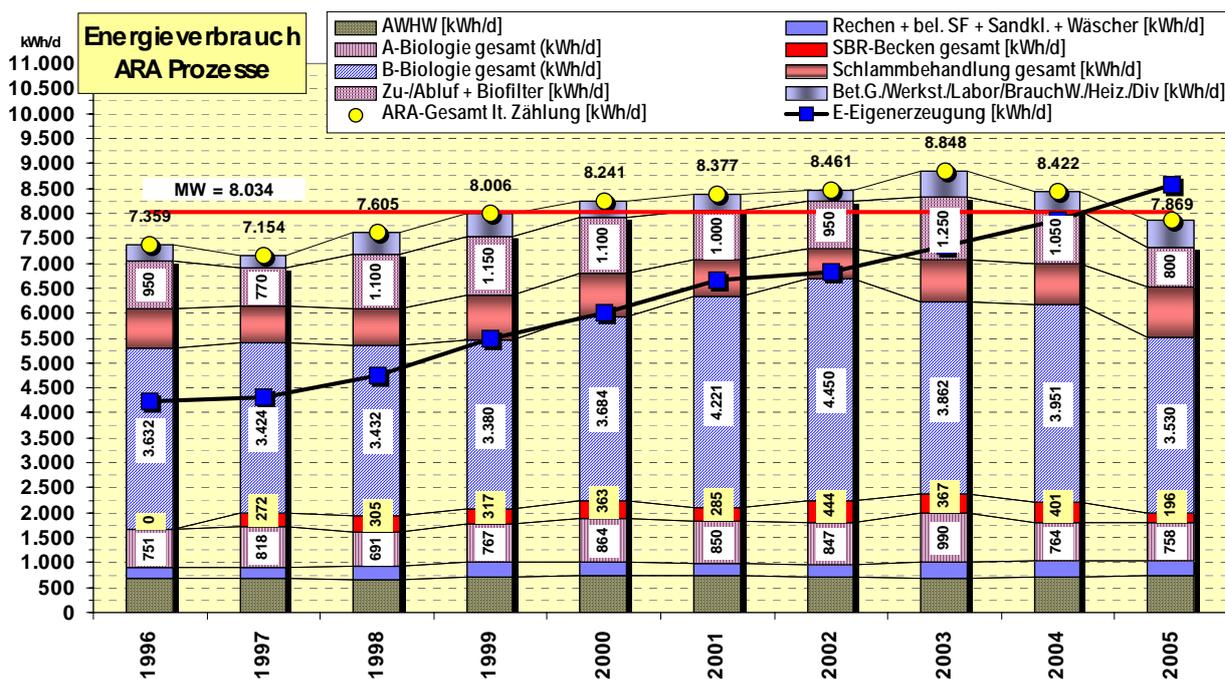


Abbildung 22: E-Energie-Verbrauch gesamt und zugeordnet zu den Prozessen auf der ARA-Strass von 1996- bis 2005

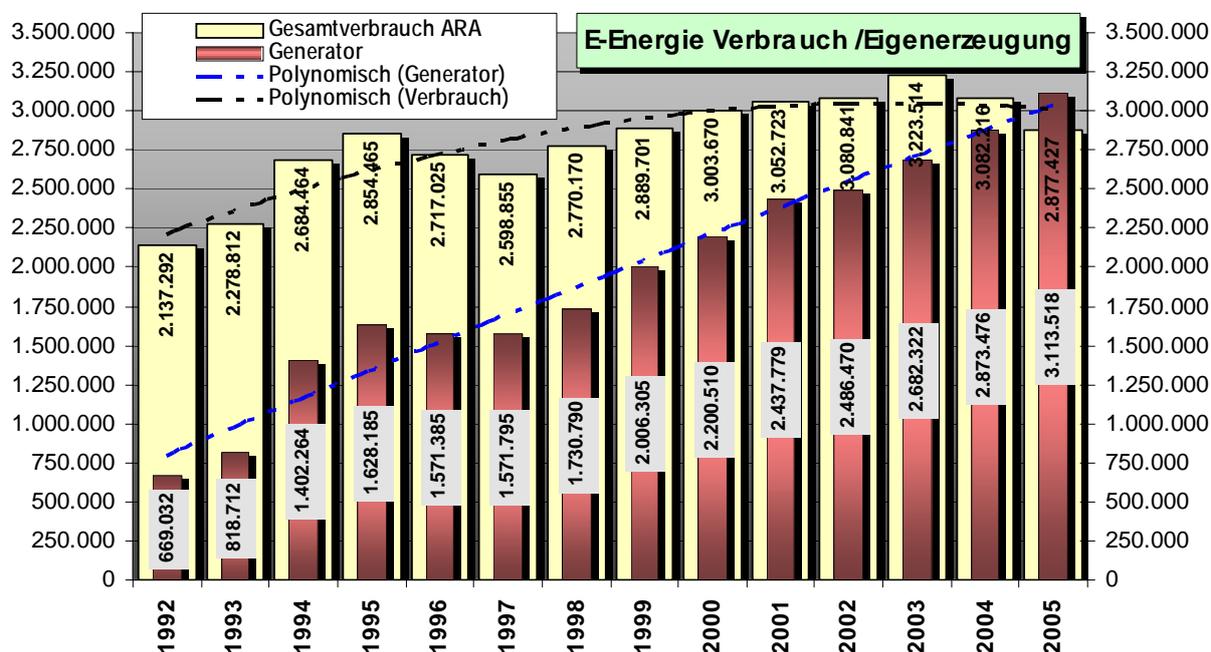


Abbildung 23: E-Energie-Verbrauch und Energie-Eigenerzeugung von 1992 bis 2005

Abbildung 24 zeigt den spezifischen Energieverbrauch in kWh pro EW₆₀ und Jahr bzw. in kWh pro kg abgebautem Stickstoff. Die Trendlinien zeigen die, von Erfolg gekennzeichneten Bemühungen die Effizienz der Anlage zu verbessern.

Anfänglich (Jahre 1992-1995) wurden im Mittel 32,31 kWh pro Einwohnerwert und Jahr für die Abwasserreinigung aufgewendet. Im Jahr 2005

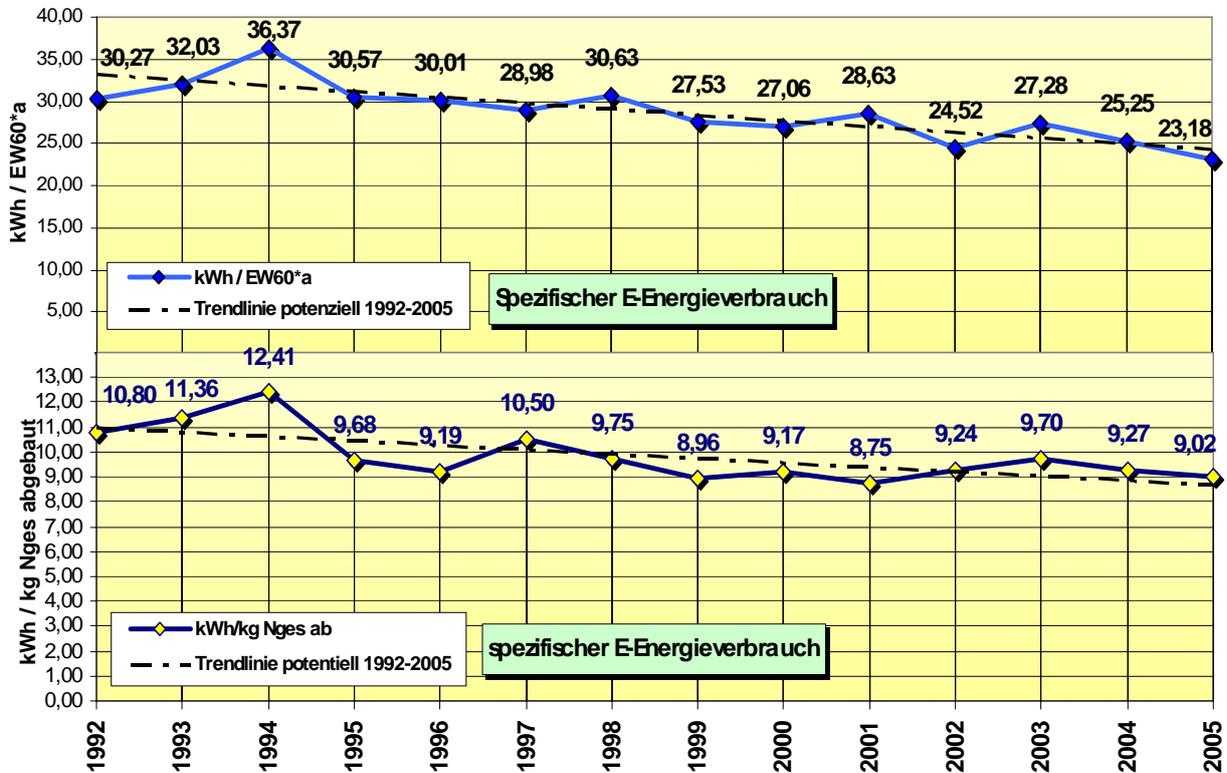


Abbildung 24: Spezifischer Energieverbrauch in kWh/EW₆₀*a bzw. kWh/kg N_{abgebaut} im Zeitraum 1992 bis 2005

konnte dieser Wert auf 23,18 kWh/EW₆₀*a (-28,2 %) reduziert werden. Ähnliches gilt für den spezifischen Energieverbrauch bezogen auf ein Kilogramm Stickstoffabbau. Im Zeitraum 1992-1995 mussten im Mittel 11,06 kWh/kg N_{abgeb.} aufgewendet werden. Im Jahr 2005 konnte dieser Wert auf 9,02 kWh/kg N_{abgeb.} verringert werden, was einer Reduktion um 18,5 % entspricht.

6 Zusammenfassung, Ausblick

Die ARA-Strass, welche bereits bei den Benchmark-Projekten (1999/2003/2004) als sehr effiziente Kläranlage ausgewiesen wurde, konnte durch diverse Optimierungsmaßnahmen im Laufe von rd. 6 Jahren (1999-2005) nochmals an Effizienz und Wirtschaftlichkeit gewinnen. Diese Einsparungen und Effizienzsteigerungen wurden nur durch genaue Analysen der Betriebsabläufe und dem Einsatz neuester

Verfahren ermöglicht. Für die verfahrens-technische Umsetzung und vor allem für die betriebliche Konstanz und Beherrschbarkeit bedarf es entsprechend gut ausgebildetem Personal.

Schlussendlich haben die Optimierungen im Betriebsjahr 2005 zu einer energieautarken Kläranlage, mit einer Eigenstromerzeugung von 108 % des Gesamt-E-Bedarfs geführt. Diese Energiedeckung wurde vorwiegend durch Einsparungen im Bereich der Schwachlast-Biologie und der Separatbehandlung des Prozesswassers mit dem neuentwickelten „DEMON-Verfahren“ erzielt. Ein weiterer Baustein zur energieautarken ARA war die Installierung eines modernen Gasmotors mit einem elektrischen Wirkungsgrad von knapp 40 %. Ein gewisser Anteil ist auch der Co-Fermentierung und dem Austausch des Biofiltermaterials (geringerer Filterwiderstand) im Nov. 2004 zuzuschreiben.

Unsererseits werden weitere Einsparungspotentiale auf der ARA-Strass derzeit als sehr gering betrachtet, trotzdem wird der Optimierungsprozess fortgesetzt. Die Betriebsprozesse auf der ARA sowie neue energetisch interessante Verfahrenstechniken und Entwicklungen am Markt werden aufmerksam verfolgt und beobachtet.

7 Literatur

- BM f. LAND- & FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT & WASSERWIRTSCHAFT:
Benchmarking in der Siedlungswasserwirtschaft – Endbericht Dezember 2001
- BM f. LAND- & FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT & WASSERWIRTSCHAFT (2002):
Benchmarking in der Siedlungswasserwirtschaft – Individualbericht
AIZ-Abwasserverband, ARA-Strass, Geschäftsjahr 1999
- DENGG (1998): Anpassung der ARA-Strass an die Vorgaben der WRG-Novelle 1990,
§ 33 c - Diplomarbeit zur Erlangung des Titels Dipl.-HTL-Ing.
- DENGG, WETT (2001): Anpassung der Verbandskläranlage Achenal-Inntal-Zillertal
durch separate Trübwasserbehandlung, Wiener Mitteilungen, Band 166,
Seite 385-408
- DENGG, (2003): Erfahrungen mit Benchmark von Kläranlagen am Beispiel der
ARA-Strass, Wiener Mitteilungen, Band 183, Seite 407-430
- VAN DONGEN, L.G.J.M.; JETTEN, M.S.M.; VAN LOOSDRECHT, M.C.M. (2001).
The combined Sharon/Anammox process. *STOWA report, IWA Publishing, London,*
ISBN 1 84339 0000

NIELSEN, M.; BOLLMANN, A.; SLIEKERS, O.; JETTEN, M.; SCHMID, M.; STROUS, M.; SCHMIDT, I.; LARSEN, L.H.; NIELSEN, L.P.; REVSBECH, N.P. (2005). Kinetics, diffusional limitation and microscale distribution of chemistry and organisms in a CANON reactor. *FEMS Microb.Ecol.*, 51, 247-256

ÖSTERREICHISCHE BUNDESGESETZBLÄTTTER:

Wasserrechtsgesetz 1959 idF. der WRG-Novelle 1999 (BGBl. 252/1990)

ÖSTERREICHISCHE BUNDESGESETZBLÄTTTER:

1. AEV für kommunales Abwasser (BGBl. 210/1996)

PRICE, WATERHOUSE, COOPERS (2001): Studie zur Optimierung der kommunalen Wasserver- und Abwasserentsorgung im Rahmen einer nachhaltigen Wasserpolitik

ROSTEK (1995) Kläranlagen mit ausgeprägten saisonalen Belastungsschwankungen
Korrespondenz Abwasser 3/1995, Seiten 366-375

STROUS, M.; FUERST, J.A.; KRAMER, E.H.M.; LOGEMANN, S.; MUYZER, G.; VAN DE PAS-SCHOONEN, K.T.; WEBB, R.; KUENEN, J.G. AND JETTEN, M.S.M. (1999). Missing lithotroph identified as new planctomycete. *Nature*, 400, 446-449

TU WIEN-IWAG, INGENIUERBÜRO K2W, FA. QUANTUM, ÖWAV (2005)
Benchmarking in der Siedlungswasserwirtschaft – Individualbericht
AIZ-Abwasserverband, ARA-Strass, Geschäftsjahr 2003

TU WIEN-IWAG, INGENIUERBÜRO K2W, FA. QUANTUM, ÖWAV (2005)
Benchmarking in der Siedlungswasserwirtschaft – Rohbericht und vorläufiger
Individualbericht AIZ-Abwasserverband, ARA-Strass, Geschäftsjahr 2004

WETT, B.; ROSTEK, R.; RAUCH, W.; INGERLE, K. (1998): pH-controlled reject water treatment. *Water Science & Technology* 137/12, p.165-172

WETT, B. (2005): Solved scaling problems for implementing deammonification of rejection water. *Proc. IWA Special. Conf. on Nutrient Management, Krakow; Wat.Sci.&Tech.in press*

Korrespondenz an:

Dipl.-HTL-Ing. Josef Dengg

AIZ-Abwasserverband
6261 Strass i.Z. 150

Tel.: 05244/65118

Fax: 05244/65118-25

email: dengg@aiz.at
ara.strass@aiz.at

Dozent Dr. Bernhard Wett

Institut für Umwelttechnik, Universität Innsbruck
Technikerstrasse 13
6020 Innsbruck

Tel.: 0512/507-6929

Fax: 0512/507-2911

e-mail: Bernhard.Wett@uibk.ac.at

Planung und Betrieb der ertüchtigten Kläranlage Znaim-Kleintěšwitz (ČOV Znojmo-Dobšice, CZ)

Konrad Falko Wutscher, Salzburg

Tomáš Jílek, Znaim

Kurzfassung: In der Kläranlage Znaim (99 000 EGW) wurde erstmals in Europa eine Großkläranlage nach dem Aufstaubelebensverfahren in seiner Sonderform als zyklisches Belebtschlammverfahren (Bezeichnung: C-TECH) ausgeführt und wird seit 1999 ein erfolgreicher Betrieb nachgewiesen.

Die Auswahl erfolgte nach einem techno-ökonomischen Vergleich von 3 Varianten (einstufiges Belebtschlammverfahren, zweistufiges Belebtschlammverfahren, zyklisches Belebtschlammverfahren).

Der Entwurf stellt in der Wasserlinie einen Neubau bzw. in der Schlammlinie eine Sanierung der Ausrüstung dar.

Nicht nur die Prozeßleistung und –stabilität, sondern auch der niedrige Energieverbrauch sind sehr zufriedenstellend. Weitere Bauherren in ganz Europa sind zwischenzeitlich dem Beispiel der Stadt Znaim gefolgt und betreiben leistungsfähige Großanlagen nach dem zyklischen Belebtschlammverfahren.

Keywords: Aufstaubelebensverfahren, zyklisches Belebtschlammverfahren, C-TECH-Verfahren, simultane Nitrifikation / Denitrifikation, Selektor, Kläranlage Znaim.

1 Allgemeines

Die Stadt Znam (Znojmo) ist das historische und wirtschaftliche Zentrum Südmährens und liegt somit in der Nähe der Staatsgrenze zwischen Tschechien und Österreich.

Vorfluter der gesamten Region ist die Thaya (Dyje), welche dann nördlich von Lundenburg (Břeclav) in die March mündet und somit mittelbar ein Nebenfluß der Donau ist.

Anfang der 1990er-Jahre hatte die Thaya die Gewässergüte III, da sich im Einzugsgebiet eine Reihe von agroindustriellen Einleitern ohne Vorreinigung befand und die Siedlungen, wenn überhaupt, nur Kläranlagen mit niedrigem Reinigungsziel (nur Entfernung von BSB / CSB / AfSt) betrieben.

Da in Österreich die Idee von Nationalparks sowohl an der Thaya als auch im Gebiet der March-Donau-Auen betrieben wurde, galt das offizielle österreichische Interesse u.a. der raschen Verbesserung der Wassergüte der jeweiligen Hauptvorfluter Thaya und March. Aus diesem Grund stellte die Republik Österreich erhebliche Mittel im Rahmen der Auslandsumweltförderung (Abwicklung über KKA Kommunalkredit Austria AG) zur Teilfinanzierung der Planung und der Realisierung von ausgewählten Abwasserprojekten im Einzugsgebiet für zusammen über 1 Million EGW₆₀ zur Verfügung.

Das Projekt "Ertüchtigung der bestehenden Kläranlage Znam-Kleintebwitz" war das erste Großprojekt dieser Serie und wurde im Jahre 1993 ein diesbezüglicher Fördervertrag zwischen dem Eigentümer "ZSO VaK Znojmensko" ("Wasser- und Abwasserverband des Znamer Gebietes") und KKA abgeschlossen.

Der Verfasser dieses Beitrags hat die gesamte Projektabwicklung als Berater und Planer von der Bestandsaufnahme bis zum Probetrieb verantwortlich geführt und begleitet.

2 Ausgangssituation und Ziele

2.1 Altbestand

Im Jahr 1972 wurde die zu Planungsbeginn bestehende Kläranlage in Betrieb genommen und war diese durch folgende Daten gekennzeichnet :

Dimensionierung

	137475	EGW ₆₀
Q _d	15633	m ³ /d
max Q _{TW}	937	m ³ /h
max Q _{RW}	1800	m ³ /h

Reinigungsziel

CSB	Ø 125 / max 160	mg/l
BSB ₅	Ø 50 / max 90	mg/l
AfSt	Ø 50 / max 90	mg/l

2.2 Konzeption des Altbestandes

Wasserlinie	Mechanische Stufe (Rechen, nichtbelüfteter Sandfang, Vorklärung, Regentlastung) Belebungsbecken ($B_{TS} = \text{max.ca. } 0,70 \text{ kg BSB/kgTS,d}$) Nachklärung
Schlammlinie	zweistufige mesophile Faulung mit Gasfackelanlage, Gasbehälter und Heizkesseln Siebbandpressen

2.3 Betriebszustand des Altbestandes

Das Abwasser in Znaim hat folgende Besonderheiten:

- hoher Fremdwasseranteil wegen schadhafter Sammler (die teilweise noch aus der Zeit der k. u. k. Monarchie stammen)
- hoher Anteil an Mischwasserkanälen und somit hohe hydraulische Spitzen
- saisonale Schwankung der organischen Verschmutzung, da Znaim traditionell ein Zentrum der gemüseverarbeitenden Industrie ist und überdies intensiver Weinbau betrieben wird.

Der Betrieb der alten Kläranlage hatte daher mit den sich daraus ergebenden typischen Problemen zu kämpfen (insbesondere in den Phasen eines Kampagnebetriebes in der Agroindustrie):

- hoher Schlamminde
- Nichteinhalten von Ablaufwerten
- schlechter Wirkungsgrad der Anlagen der mechanischen Stufe

verstärkt durch den teilweise schlechten technischen Zustand der Anlagen und Baulichkeiten.

Im Hinblick auf diese Fakten und auch wegen der in Tschechien schon seit 1992 geltenden erhöhten Reinigungsziele (insbesondere Nährstoffentfernung) wurde eine Ertüchtigung und Erweiterung der Anlage beschlossen.

Da sich gleichzeitig die Möglichkeit einer Teilfinanzierung der Investition über das PHARE-Programm zusätzlich zur österreichischen Förderung ergab, wurde im Herbst 1993 mit der Planung begonnen.

3 Projektplanung

Wie bei jedweden Projekten einer Erweiterung und/oder Ertüchtigung von Kläranlagen wurden die Planungsgrundlagen intensiv vorbereitet bzw. vom Bauherrn bestätigt :

3.1 Reinigungsziel :

Der Bauherr akzeptierte die Anwendung der österreichischen "Abwasseremissionsverordnung" in der Fassung von 1991, wie sie von österreichischer Seite gefordert wurde

3.2 Belastungen für die Dimensionierung:

(als 85er – Perzentilwerte)

Q_d	19000	m^3/d	
$\max Q_{TW}$	1270	m^3/h	
$\max Q_{RW}$	1800	m^3/h	
CSB	13000	kg/d	
BSB ₅	5940	kg/d	(= 99000 EGW ₆₀)
AfSt	8000	kg/d	
N_{ges}	1090	kg/d	
P_{ges}	247	kg/d	
Temperatur	12	$^{\circ}C$	

Diese Werte stellten Prognosewerte unter Berücksichtigung einer zukünftigen Netzsanierung dar. Weiterhin war mit blähschlammbegünstigendem Abwasser zu rechnen.

3.3 Verwendung des Bestandes

Ein Befund ergab, daß der Erhaltungszustand einzelner baulicher Anlagen zwar gut war, jedoch diese für die zukünftige Anlagengestaltung entweder geometrisch ungünstig ausgebildet oder nicht erweiterungsfähig waren.

Die maschinelle Ausrüstung war durchwegs am Ende der Lebensdauer und / oder aus technischer Sicht nicht erhaltenswert.

3.4 Verfügbarer Platz für Neubauten

Solcher Platz war nur mehr im Südosten des Geländes vorhanden und dies in nur beschränktem Ausmaß.

Ein möglichst platzsparender Entwurf war daher anzustreben.

4 Anlagenentwurf

Der erste Schritt der Entwurfsarbeit war unter Beachtung o.a. Planungsgrundlagen ein Variantenstudium insbesondere der Wasserlinie, wobei technisch und kostenmäßig verglichen wurden:

4.1 Einstufiges Belebtschlammverfahren

Neue mechanische Stufe, mit Vorklärung, neue Kaskadenbelebung AO/O mit vorgeschalteter Anaerobie und neue Nachklärung.

4.2 AB -Verfahren

Neue mechanische Stufe, ohne Vorklärung, Verwendung eines Teils der bestehenden Belebung als A-Stufe, neue Kaskadenbelebung als B-Stufe mit neuen Nachklärbecken.

4.3 Zyklisches Belebtschlammverfahren (CASS –Verfahren)

Neue mechanische Stufe, ohne Vorklärung, neue Belebungsbecken nach dem zyklischen Belebtschlammverfahren mit integriertem Selektor.

Die mechanische Stufe war für alle 3 Varianten als Neubau gleich angenommen.

Die Bemessung der biologischen Stufe erfolgte unter Anwendung des ATV-Arbeitsblattes A 131, soweit möglich, wobei sich folgende Verhältnisse und Ergebnisse darstellten:

VARIANTE		EINSTUFIG	AB	CASS
Neubauvolumen VKB/BB/NKB	m ³	ca. 25600	ca. 24100	ca. 20600
Gesamtvolumen aller Bauwerke	m ³	ca. 34200	ca. 29300	ca. 23400
Flächenbedarf Biologie	m ²	ca. 13500	ca. 12000	ca. 6000
Schlammbelastung	kg/kg,d	ca. 0,06	ca. 0,06	ca. 0,06
Herstellungskosten (1993)	Mio €	ca. 12,4	ca. 12,0	ca. 11,0

Aufgrund dieser Ergebnisse wurde vom Konsulenten das CASS-Verfahren zur Ausführung empfohlen und diskutiert.

Das CASS-Verfahren war zu diesem Zeitpunkt (1993 / 94) in Europa unbekannt, obwohl in den USA und Australien erfolgreiche großtechnische Referenzen bis 200.000 EGW nachweisbar waren. Demgemäß wurde der Vorschlag in Znaim skeptisch aufgenommen.

Als Hemmschuh hinsichtlich Akzeptanz erwies sich neben der fehlenden Referenz im Lande auch der Umstand, daß man das Verfahren mit dem

klassischen Aufstaubelevationsverfahren (landläufig: SBR-Verfahren) verwechselte und negative Erfahrungen mit dem SBR-Verfahren auch dem CASS-Verfahren unterstellt wurden.

Die wesentlichen Unterschiede zwischen CASS und SBR sind :

- CASS hat einen systematisch integrierten Selektor, welcher den Belebtschlamm bestmöglich hinsichtlich Biozösenprofil und Atmungsaktivität konditioniert
- Das CASS-Verfahren verfügt über eine Regelung des Prozesses nicht alleine über die Zeit als Führungsgröße, sondern auch über die on-line-Messung / Überwachung der Atmungsaktivität zur Erzielung einer simultanen Nitrifikation / Denitrifikation auch unter aeroben Verhältnissen.
- quasikontinuierlicher Betrieb des CASS-Verfahrens
- Absenz jeglicher Rührwerke

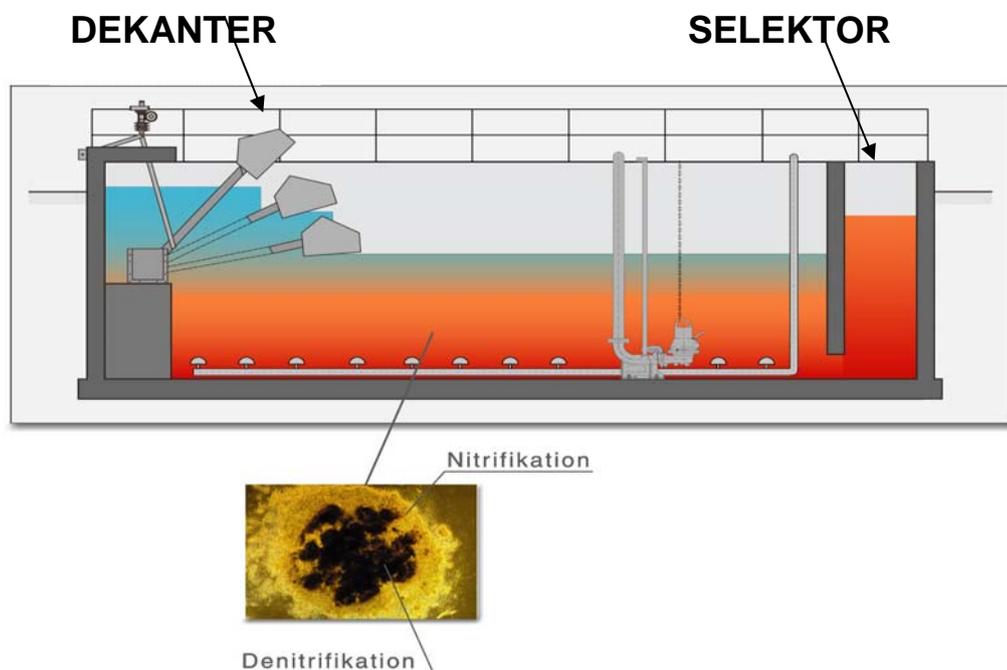


Abbildung 1: Schnitt durch ein C-TECH-Becken

Daraus folgt, daß verschiedene Merkmale des klassischen SBR-Verfahrens (z.B. Ausgleichsbecken, Sturzbelüftungsphase, anoxische Rührphase usw.) beim

CASS-Verfahren nicht vorliegen und kürzere Zykluszeiten (typischerweise 4 h im Trockenwetter) möglich sind. Auch die Anwendung des ATV Merkblattes M 210 ist nicht zielführend, da die empirischen Bemessungserkenntnisse des CASS-Verfahrens dort nicht einfließen.

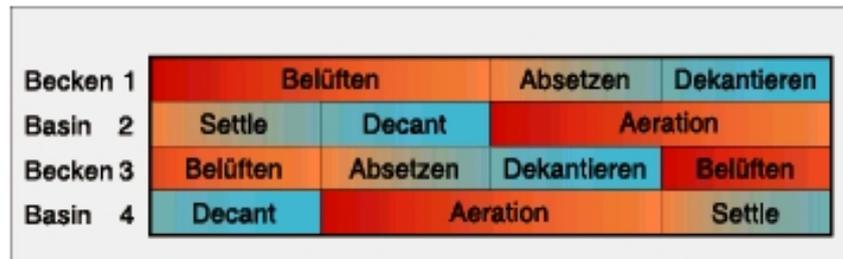


Abbildung 2: Phasenzeiten eines 4 h - Zyklusses

Nach umfassender Diskussion (u.a. Referenzbesuch in den USA) wurde letztendlich vom Bauherrn entschieden, die neue Wasserlinie nach dem CASS - Verfahren auszuführen.

Zu beachten ist, daß das CASS-Verfahren zwischenzeitlich einige Verbesserungen erfuhr und die neue Ausbildung zwecks Abgrenzung zum Vorgänger ab ca. 1998 C-TECH genannt wurde. Unter diesem Namen hat es sich zwischenzeitlich durchgesetzt und wird auch in Größtanlagen (bis 1.200.000 EGW) aufgrund der nachgewiesenen Vorzüge eingesetzt.



Abbildung 3: 12-Becken-System für 1.200.000 EGW

Die Kläranlage Znaim ist in diesem Sinn die erste große Anwendung des C-TECH-Verfahrens.

4.4 Bemessungsdaten der wichtigsten Anlagenteile

(Ausführungsprojekt)

4.4.1 Bioreaktor Wasserlinie

Gesamtvolumen	20 480	m ³
Hauptzone	17 410	m ³
Selektor	ca. 3 070	m ³
Gesamtschlammalter	16	d
Aerobes Schlammalter	8	d
Biomasse TS _R	4.4 – 5.5	kg/m ³
Wassertiefe max.	5.0	m
Luftbedarf unter Standardbedingungen pro Becken	474	kg O ₂ /h, Be
Gebläse 5 (4 + 1) Stk.	á 4 000	Nm ³ /h
Zykluszeit Trockenwetterzulauf	4	h
Zykluszeit Regenwetterzulauf	3	h

4.4.2 Faulturm

Volumen	2 x 1 800	m ³
Hydraulische Aufenthaltszeit	30	d
Organische Raumbelastung	0,78	kg oTS/m ³ /d

Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, daß man sich bei der Rekonstruktion der Schlammlinie im Wesentlichen auf die Erneuerung der Ausrüstung beschränkte, ohne an der vorhandenen Verfahrenstechnik wesentliches zu ändern. Eine Ausnahme bildete das Abgehen von zweistufiger auf einstufige Faulung sowie die Installierung eines faulgasbetriebenen Blockheizkraftwerkes.

Das nachfolgende Bild zeigt einen Lageplan der Anlage mit Altbestand (Ziffern 1-25) und Neubau (Buchstaben A – R).

Planung und Betrieb der ertüchtigten Kläranlage Znam-Kleintebwitz
(ČOV Znojmo-Dobšice, CZ)

- | | | |
|--|---|--|
| <p>LEGENDA / LEGENDE</p> <p>HUBÉ ČESLE ① GÜBELNEN
 ŠNEKOVÁ ČERPÁNNA ② SCHNECKENPUMPE
 JEMNÉ ČESLE ③ FEINRECHEN
 LAPÁK PÍSKU A TUHU ④ SAND U. FETTFANG
 OBŠIŘOVACÍ NÁDRŽ ⑤ VORFLÄSSEN
 ODEHL. OBJEKT ⑥ DUNSTUNGS BAUWERK
 AKTIVÁČNÍ NÁDRŽ ⑦ BELEBUNGSBECKEN
 OBŠIŘOVACÍ NÁDRŽ ⑧ MATRIKALBECKEN
 DÍTEK ⑨ HIBALE
 ČERPÁNNA KALU ⑩ SCHLÄMMPUMPE
 VYHŘIVACÍ NÁDRŽ ⑪ FALLENHÄLTER
 STROJOVNA ⑫ MASCHINENRAUM
 PLYNOLEM ⑬ GASBEHÄLTER</p> | <p>LEGENDA / LEGENDE</p> <p>KALDIA PÍLE ⑭ SCHLAMMTROCKNBEETE
 ODVODNĚNÍ KALU ⑮ SCHLÄMMENTWÄSSERUNG
 HODÁKY ZBYTKOVÉHO PLYNU ⑯ GASFACKEL
 KOTELNA ⑰ KESSELHAUS
 REKUPERAČNÍ STANICE ⑱ REKONSTRUKČNÍ (GAS)
 DMYCHÁRNA ⑲ GEBLÄSEHAUS
 PROVOZNÍ BUDOVA ⑳ BETRIEBSGEBÄUDE
 ROZVODNA ㉑ SCHALTWAHRE
 GARÁŽE ㉒ GARAGE
 PARKOVIŠTĚ ㉓ PARKPLATZ
 LISOVNÁ SPRÁVÁŘ ㉔ RECHENGPRESSE
 SKLAD ㉕ LAGER</p> | <p>LEGENDA / LEGENDE</p> <p>ODVODNĚNÍ KALU ① FÄLLENHÄLTER
 VYHŘIVACÍ NÁDRŽ ② FALLENHÄLTER
 PLYNOLEM ③ GASBEHÄLTER
 URČADŮVACÍ NÁDRŽ ④ NACHRECHNER
 ZAHŘÍŠŤOVACÍ NÁDRŽ ⑤ VORRECHNER
 PROVOZNÍ BUDOVA ⑥ BETRIEBSGEBÄUDE
 DMYCHÁRNA ⑦ GEBLÄSEHAUS
 KALDIA VODA ⑧ TRÜBWASSERSPEICHER
 ODVODNĚNÍ KALU ⑨ FÄLLENHÄLTER
 OBSOBNÁČ PLYNU ⑩ GASDUNSTWÄSSERUNG
 INTERIEURDÍKANT ⑪</p> |
|--|---|--|

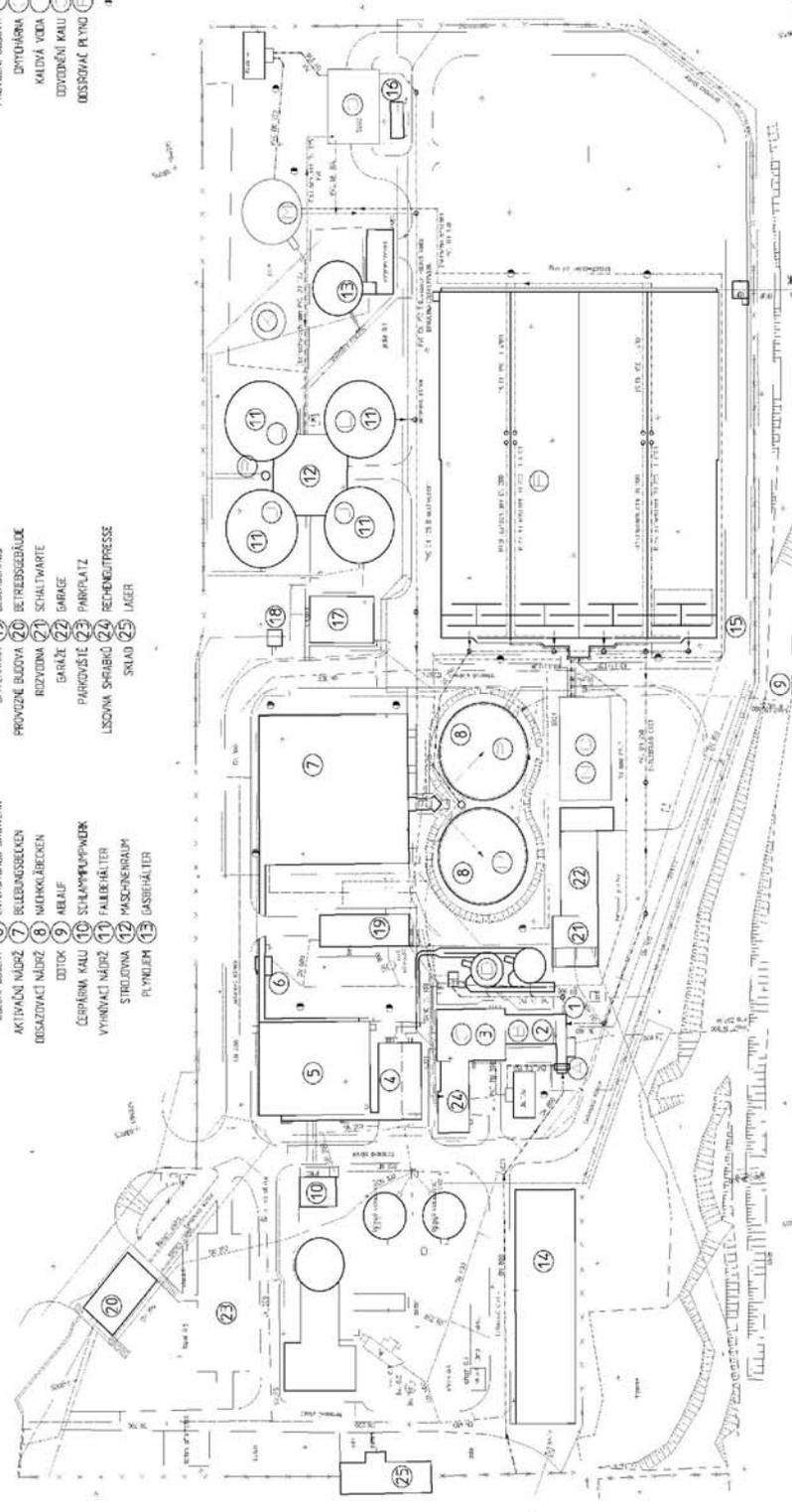


Abbildung 4: Lageplan

5 Realisierung

Die Realisierung verzögerte sich aufgrund der schwierigen Umstände bei der Sicherstellung des innerschechischen Finanzierungsteiles erheblich.

Das Gesamtprojekt wurde schließlich auf Basis eines verfeinerten Genehmigungsprojektes für einen Generalunternehmer zur schlüsselfertigen Errichtung aller Anlagen ausgeschrieben bzw. von diesem mit geringfügigen Änderungen gegenüber der Genehmigungsplanung realisiert (1997 - 1999).



Abbildung 5: Kläranlage Znamkva (unterirdische Gebläsestation, Selektor, Hauptreaktorzone)

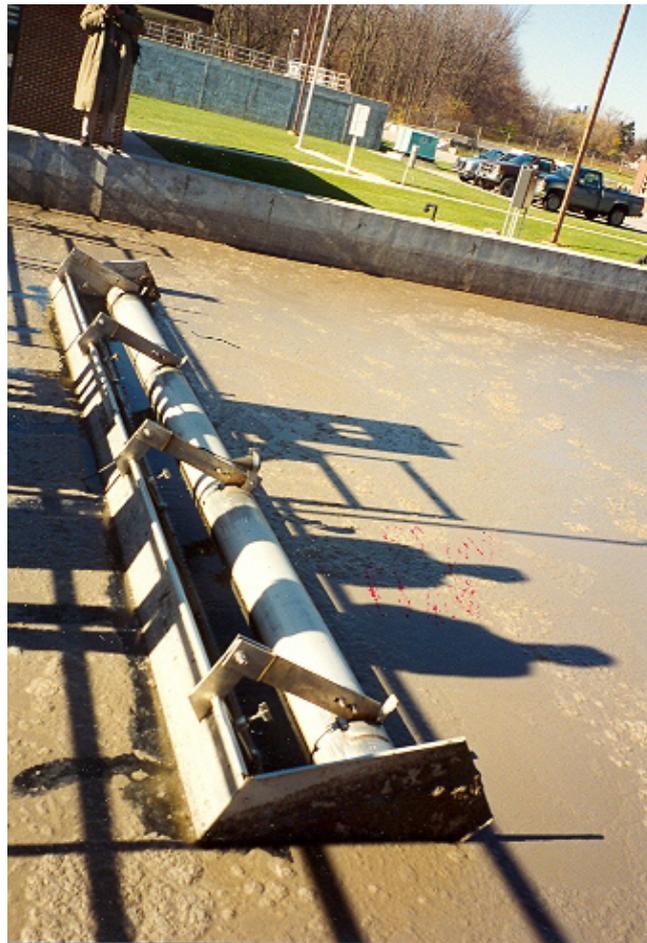


Abbildung 6: Dekanter mit Schwimmschlamm

6 Betriebliche Erfahrungen

Aus historischen Gründen erfolgt der Betrieb von Anlagen in Tschechien typischerweise nicht durch den Bauherrn, sondern durch eine Betriebsgesellschaft, im Fall Znaim durch Fa. Vodarenska a.s., Division Znaim (die vormalige staatliche "Südmährische Wasser- und Abwassergesellschaft").

Im Folgenden sind wesentlich betriebliche Ergebnisse und Probleme dargestellt.

6.1 Reinigungsleistung

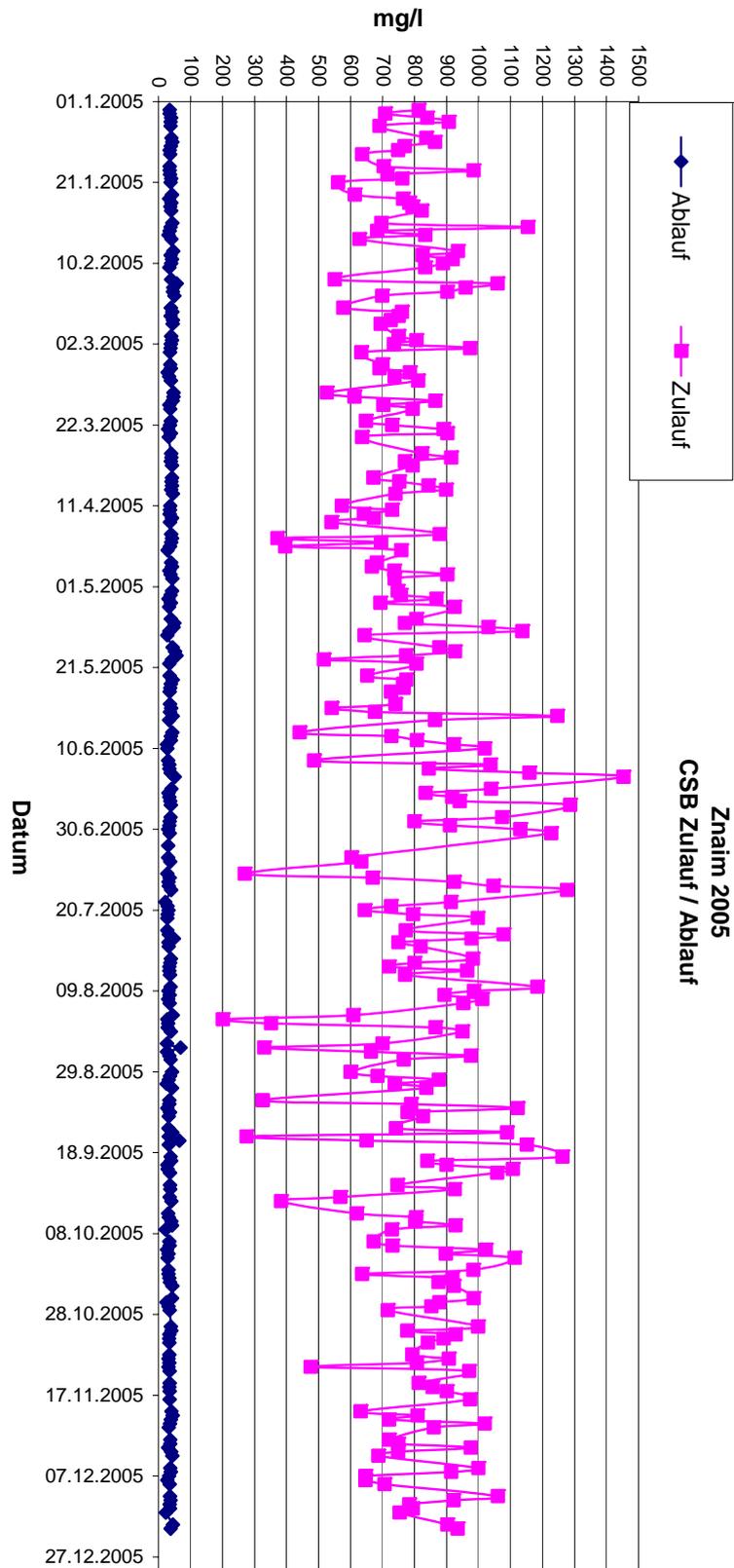


Abbildung 7: CSB

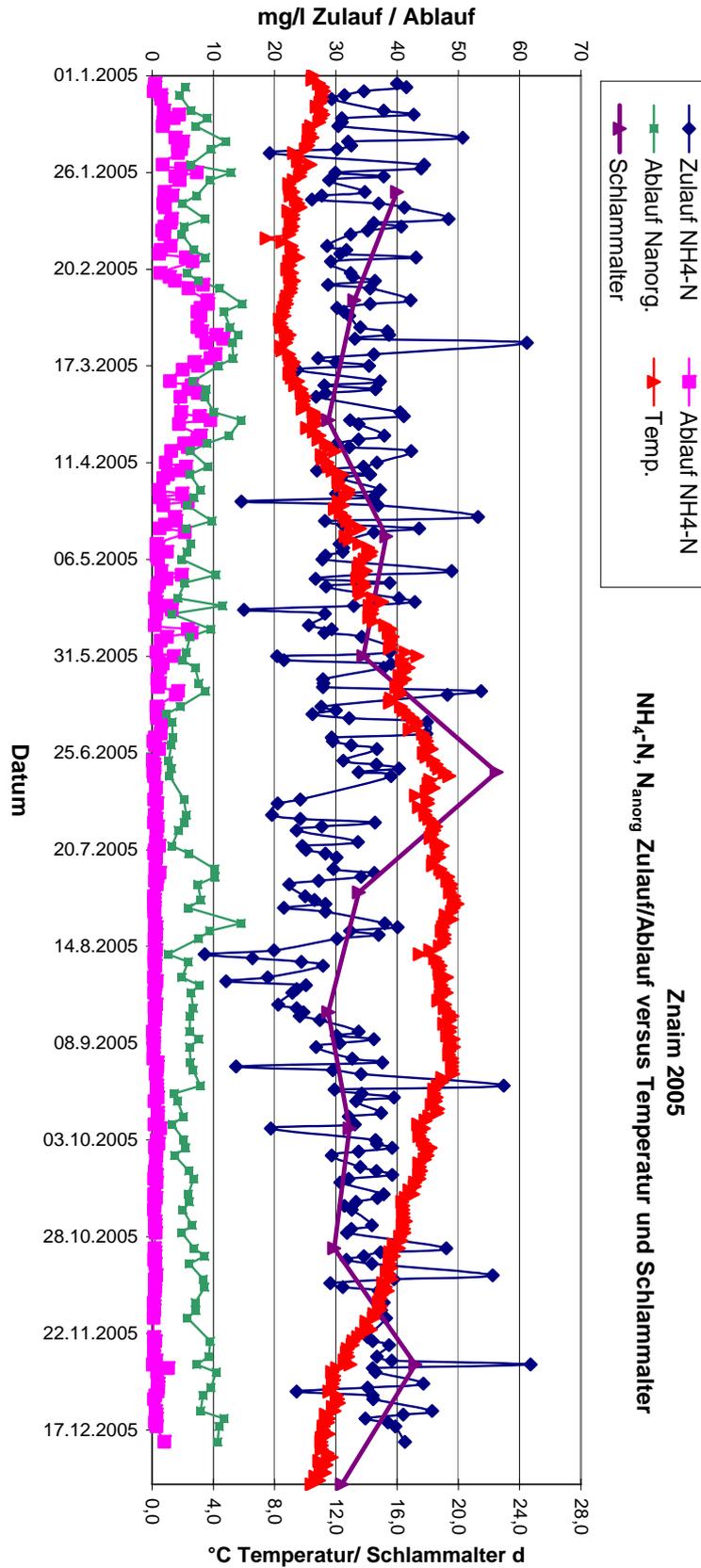


Abbildung 8: NH₄-N

Die nominale Auslastung der ertüchtigten Kläranlage ist im Jahr 2005 noch nicht erreicht:

	m ³ /d	kg BSB/d	EGW ₆₀	kg CSB/d	EGW ₁₂₀
Zulauf 2005					
Mittelwert	9 916	4 004	66 733	8 496	70 800
85er-Perzentilwert	11 059	5 004	83 400	10 196	84 967
Standardabweichung	2 269	1 346	22 433	2 260	18 833
Bemessung					
85er-Perzentilwert	19 000	5 940	99 000	13 000	108 333

Abbildung 9: Belastungsbild 2005

Es treten erhebliche Tagesspitzen mit bis zu rd. 100 000 EGW₁₂₀ auf, was darauf hindeutet, daß weiterhin die Belastung durch nichthäusliches Abwasser eine bedeutende Rolle spielt.

Der arithmetische Mittelwert der Belastung wird in den nächsten Jahren steigen, da derzeit weitere Gemeinden (bzw. Gemeindeteile) im Verbandsgebiet ihre Trennkanalisationen errichten und in die KA Znaim-Kleintebwitz einleiten werden. Wegen der wirtschaftlichen Rezession haben einige Betriebe mit hoher Schmutzfracht (Molkerei, Schlachthof usw.) den Betrieb eingestellt.

6.2 Betriebsführung der biologischen Stufe Wasserlinie

Der Betrieb des Bioreaktors der Wasserlinie erfolgt mittels einer SPS vollkommen automatisch gemäß einstellbaren Sollgrößen (Zykluszeiten, Phasenzeiten, Biomassegehalt, Schlammalter, Sauerstoffversorgungsprofil während der Belüftungsphase, Belüftungszeiten, Reinwasserentnahmeregime usw.). Entgegen den Annahmen vor Betriebsaufnahme ist das System selbstregelnd, sodaß sich z. B. saisonale Sollwertanpassungen als nicht notwendig erwiesen.

Die Gesamtanlage ist derzeit mit folgendem Personalstand besetzt:

Tagschicht wochentags	4 Personen
Nachtschicht wochentags	2 Personen

Tagschicht Wochenende	2 Personen
Nachtschicht Wochenende	2 Personen

Im Vergleich mit der Betriebsführung von anderen Anlagen mit gleicher Verfahrenstechnik ist auffällig, daß eine Nacht- bzw. Wochenendschicht durchgeführt wird. Die bewährte Erfahrung zeigt, daß ein Bereitschaftsdienst mit angeschlossenem Telealarm ausreichen würde.

6.3 Betriebsstabilität der biologischen Stufe Wasserlinie

Die Prozeßstabilität ist als ausgezeichnet zu bewerten bzw. erwies sich die gewählte Verfahrenstechnik trotz fehlendem Vorklärbecken (welches als Puffer wirken würde) gegenüber agroindustriellen Stoßbelastungen als robust.

Der Schlammindeks hat sich deutlich verbessert bzw. stabilisiert. Schwankte er in der alten Anlage (Betrieb bei hohem B_R / B_{TS}) zwischen 100 und 120 ml/g, sind derzeit Werte von ca. 40 - 50 ml/g (bei nunmehrigem B_{TS} von ca. 0,04 – 0,05 kg /kg, d) die Regel.

Der PC der Bioreaktorsteuerung ist über Modem mit dem Verfahrensgeber verbunden. Falls nötig, können über Fernwirkung Befehle abgesetzt bzw. auch Änderungen in der Steuerungssoftware durchgeführt werden.

Probleme gab es mit Verstopfungen der Membranen (Verkrustungen der Perforationen unbekanntem Ursprungs), wodurch der Energieverbrauch bzw. auch die Werte NO_2-N (unvollständige Nitrifikation) im Ablauf anstiegen. Nach Membranaustausch sind alle diese Probleme gelöst. Es entspricht im übrigen gängiger Betriebserfahrung, daß die technische Lebensdauer von Membranen 5 – 6 Jahre beträgt.

An dieser Stelle sei auch erwähnt, daß es durchaus unterschiedliche Betriebserfahrungen mit verschiedenen Membranbelüfterprodukten gibt. Dies äußert sich v.a. in deutlich variierender Standzeit der Membranen.

6.4 Energieverbrauch der Gesamtanlage

Auch hinsichtlich des Energieverbrauchs kann von sehr guten Ergebnissen berichtet werden.

Das Mittel des Energieverbrauchs der Jahre 2000 bis 2005 für die Gesamtanlage betrug bezogen auf BSB

$$1,17 \text{ kWh / kg BSB}_{\text{ZU}} \quad (= \text{rd. } 25 \text{ kWh / EGW}_{60}, \text{ a})$$

bzw. bezogen auf CSB

$$0,58 \text{ kWh / kg CSB}_{\text{ZU}} \quad (= \text{rd. } 25 \text{ kWh / EGW}_{120}, \text{ a})$$

Leider ist der Energieverbrauch der biologischen Stufe separat nicht meßbar. Betriebswerte aus anderen C-TECH-Anlagen ähnlicher Größe bzw. mit gleichem Reinigungsziel Nitrifikation / Denitrifikation zeigen folgendes Bild:

Name	Nominalgröße	Haupt-pumpwerk	VKB	Energie Gesamtanlage / CSB zur Gesamtanlage		Energie Bioreaktor / CSB zum Bioreaktor	
				kWh/kgCSB	kWh/EGW _{120,a}	kWh/kgCSB	kWh/EGW _{120,a}
	EGW ₆₀						
P	90 000	nein	ja	0,37	16,3	-	-
N	140 000	ja	ja	0,70	30,8	-	-
G	60 000	nein	nein	0,42	18,5	0,28	12,3
GR	16 000	nein	nein	-	-	0,38	16,7

Abbildung 10: Ergebnisse anderer C-TECH-Anlagen
(1 kWh/kg CSB = 44 kWh/EGW_{120, a})

Diese niedrigen Werte sind typisch für C-TECH Anlagen und liegen deutlich unter den berichteten Werten kWh / EGW_{60,a} von hinsichtlich Größe und Reinigungsziel vergleichbaren Anlagen nach anderer Verfahrenstechnik, insbesondere der klassischen Belebtschlammtechnologie im Durchlaufverfahren (ca. 30 – 40 kWh/EGW, a und mehr).

Die Begründung liegt in der Prozeßführung der simultanen Nitrifikation / Denitrifikation, mit welcher sich die notwendige Menge an Sauerstoff in einem Zyklus zielgenauer prognostizieren und festlegen läßt, während andere Belebtschlammssysteme stur über einen Sollwert "Gelöster Sauerstoff" geführt werden und den tatsächlichen (optimalen) Momentanbedarf außer Acht lassen. Weiters spielt natürlich das

Nichtvorhandensein jedweder Rührwerke für die Umwälzung und somit die daraus resultierende Energieeinsparung eine Rolle.

Der Deckungsgrad des Gesamtenergieverbrauchs in Höhe von ca. 42 % liegt deutlich unter den Werten anderer vergleichbarer Anlagen (vgl. die Ausführungen im Kapitel "Schlammwirtschaft").

6.5 Schlammwirtschaft

Für das Jahr 2005 lassen sich aus den vorliegenden Betriebsprotokollen folgende Kennzahlen (bezogen auf 66 700 EGW₆₀ Jahresmittelwert 2005) errechnen:

ÜS-Produktion	rd.	2.390.000	kg TS /a
	bzw.		
	rd.	132 000	m ³ NS /a
spezifische ÜS-Produktion	rd.	98	g ÜS-TS/EGW ₆₀ , d
	bzw.		
	rd.	1,64	kg ÜS-TS/kg BSB _{ZU}
Voreindickung	von	i. M. 1,8	% TS auf i.M. 5,1 %
Glühverlust (eingedickter Schlamm)		i.M. 49	%
Mittlere hydraulische Aufenthaltszeit im Faulturm		i.M. 28	Tage
		(zwischen 16 – 34 Tagen im Monatsmittel)	
Mittlere oTS-Raumbelastung im Faulturm	rd.	0,90	kg oTS/m ³ , d
Spezifische Faulgasproduktion	rd.	11,5	l/EGW, d
	bzw.		
	rd.	350	l/kg oTS abgebaut
	bzw.		
	rd.	240	l/kg oTS _{ZU}
Faulturmtemperatur		zwischen 38 °C und 42 °C	
Schwermetallkonzentrationen im Schlamm		keine Überschreitung von Grenzwerten	

Die Entsorgung des ausgefaulten, nacheingedickten und entwässerten Schlamms erfolgt derzeit durch eine Fachfirma, welche den Preßkuchen zusammen mit anderen Stoffen kompostiert und hygienisiert.

Aus Sicht des Berichterstatters sind folgende Dinge auffällig:

- Die hohe spezifische ÜS-Produktion bei gleichzeitig niedrigem oTS-Gehalt.

Dies könnte darin liegen, daß über das Mischsystem viel inertes Feinmaterial (Löß?) in den Schlamm gelangt.

- Die auffallend niedrige spezifische Faulgasproduktion

Nach den Angaben des Betreibers fällt die Faulgasproduktion noch weiter ab, wenn der Faulturm statt bei 41 – 42 °C bei der mesophilen "Normtemperatur" 37 °C betrieben wird. Der erhöhte Heizbedarf im Faulturm führt dazu, daß die Masse des ohnedies nur im verringerten Maße vorliegenden Faulgases zu 90 % für die Heizung und nur zu 10 % zur Erzeugung von elektrischem Strom verwendet wird. Entsprechend niedrig ist der elektrische Eigendeckungsgrad der Anlage, nämlich nur 42 % (statt wie üblicherweise 60 – 70 %).

Eine Feinanalyse der Werte, ihrer Ursachen und Maßnahmen zur Verbesserung ist anzuraten.

Große betriebliche Probleme entstehen durch Schaumbildung im Faulturm, was nur durch Dosierung von Entschäumungsmitteln beherrschbar ist. Eine Rekonstruktion der Faultürme (v.a. mehr Gasraum) ist notwendig.

7 Zukünftige Entwicklungen

Derzeit hat die Kläranlage genügend Reserven im Bezug auf die zukünftig erwartete hydraulische und organische Belastung, sodaß mit einer Erweiterung der Kapazität nicht gerechnet wird. Einzelne hohe Stoßbelastungen sind auch in Zukunft beherrschbar.

Was die geplante Novellierung der tschechischen Abwasseremissionsverordnung Nr. 61 / 2003 tatsächlich (insbesondere betreffend Ablaufwerte und die Entfernung bisher nicht beachteter Stoffe) bringen wird, bleibt abzuwarten.

In ca. 3 – 4 Jahren wird die gesamte anaerobe Stufe der Schlammlinie neu konzipiert bzw. rekonstruiert, um die geschilderten Probleme zu verbessern bzw. zu beseitigen.

Abgesehen vom Dauerthema Schaumbildung im Faulturm bzw. der Episode Membranenverstopfung der Belüfter gibt es keine nennenswerten Betriebsprobleme. Das heißt nicht, daß Verbesserungen nicht denkbar oder nicht möglich sind.

8 Resumée des Betreibers

Die Wahl des C-TECH Verfahrens für die neue biologische Stufe der KA Znaim-Kleinteßwitz stellte zwar kein Risiko, aber doch einen Innovationsschritt dar. Nach über 5 Jahren Betrieb kann aus Sicht des Betreibers festgehalten werden, daß sämtliche Verfahrensziele (Reinigungsleistung, Prozeßstabilität und Energieverbrauch) eingehalten werden. Die Anlage ist Ziel von Besuchen vieler tschechischer und internationaler Fachleute.

9 Literatur

ATV-DVWK Arbeitsblatt A 131 (2000) Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen.

Demoulin, G., Goronszy, M. (2003) Einfluß der On-Line Atmungsregelung auf die Betriebskosten von zyklischen Abwasserbehandlungsanlagen.
Korrespondenz Abwasser, Bd. 2.

Demoulin, G. Goronszy, M., Wutscher, K., Forsthuber, E. (1997) Co-Current Nitrification/Denitrification and Biological P – Removal in Cyclic Activated Sludge Plants by Redox Controlled Cycle Operation.
Water Science & Technology, Vol. 35, Nr. 1.

Demoulin, G., Wutscher, K., Urstöger, F. (1997) Introduction of State of the Art Technologies for Wastewater Treatment into the Czech Republic.
2nd International Conference of ACE, Jihlava, Mai 1997.

Demoulin, G., Wutscher, K., Goronszy, M. (1996) Bemessung und Betrieb von zyklischen Belebtschlammanlagen – ein praxisorientierter Vergleich.
3. GVC – Kongreß, Würzburg, Oktober 1996.

Znojensko vodovody a kanalizace (Verband Znaim) Betriebsprotokolle 2004 und 2005, teilweise 2002 und 2003 sowie diverse Korrespondenz Jänner 2006.
Unveröffentlicht.

Korrespondenz an:

Autor Dipl.-Ing. (TU) Konrad Falko Wutscher
Institution SFC Umwelttechnik GmbH
Adresse Julius-Welser-Straße 15, 5020 Salzburg, Österreich

Tel ++43 662 43 49 01
e-Post k.wutscher@sfcu.at

Der Autor dankt an dieser Stelle dem Verband (insbesondere Herrn Tomáš Jílek) für das Zugänglichmachen der Daten und die freundliche Unterstützung.

KA Kloten/Opfikon Betriebserfahrungen mit Blähschlammbekämpfung

Ch. Liebi

Kläranlageverband Kloten/Opfikon, CH-8152 Glattbrugg

Kurzfassung: Die Kläranlage Kloten/Opfikon hat seit Jahren mit schlechten Absetzeigenschaften des Belebtschlammes zu kämpfen. Durch unterschiedliche Verfahrensführung konnten zeitweise Verbesserungen erreicht werden. Den besten Erfolg wurde durch Dosierung eines Polyaluminiumproduktes in Kombination mit einem Ladungsträger erreicht. Das Konzept der zukünftigen weitergehenden Schlammbehandlung wird kurz vorgestellt. Mit der neuen Schlamm Trocknungsanlage soll die vorhandene Abwärme optimal genutzt werden können. Dementsprechend steht das System eines Niedertemperatur-Umlufttrockners im Vordergrund. Es wird auch vorgestellt, welche Auswirkungen die Urinseparierung in einem größeren Einzugsgebiet auf die Kapazität der Kläranlage haben kann.

Keywords: Kläranlage Kloten/Opfikon, Betriebserfahrungen, Blähschlamm, Schlamm Trocknung, Urinseparierung

1 Einleitung, Charakterisierung der Kläranlage

Die Kläranlage Kloten/Opfikon behandelt das Abwasser aus den Städten Kloten und Opfikon-Glattbrugg sowie das häusliche Abwasser des Flughafens Zürich-Kloten. Die Kläranlage wurde 1962 als eine der ersten in der Schweiz in Betrieb genommen. Die damalige Anlage umfasste eine mechanische und eine biologische Stufe sowie eine Schlammfäulung. 1993 konnte die erweiterte Anlage in Betrieb genommen werden. Die Abwasserbehandlung umfasst nun eine mechanische Stufe, eine biologische Stufe mit Nitrifikation, Teildenitrifikation und Simultanfällung sowie eine Filtration. Die

Schlammbehandlung beinhaltet die Schlammfäulung, Schlammentwässerung und Schlamm Trocknung.

Die Kläranlage betreibt kein Kanalnetz und insbesondere keine Sonderbauwerke.

1.1 Organisation des Verbandes und des Betriebes

Der Kläranlageverband ist grundsätzlich wie eine Aktiengesellschaft organisiert. Die Organisation ist sehr schlank, d.h. mit kurzen Entscheidungswegen und mit stufengerechter hoher Finanz- und Entscheidungskompetenz. Die Delegiertenversammlung entscheidet über das Budget und genehmigt die Jahresrechnung abschließend. Die Sachgeschäfte werden durch die ARA-Kommission an ca. 4 Sitzungen pro Jahr behandelt. Tagesgeschäft wie auch Projekte (z.B. Ersatz Leitsystem oder Ersatz der Schlamm Trocknung) werden vom Geschäftsführer/Betriebsleiter bearbeitet und geleitet. Der Personalbestand umfasst inkl. Geschäftsführer und Administration 7,3 Personen.

Die Kläranlage hat vor 5 Jahren ein Umwelt- und Managementsystem (Führungssystem) eingeführt und ist zertifiziert nach ISO 9001/2000 und ISO 14001/2004. Dieses Qualitätssicherungssystem hilft wesentlich mit, einen gesicherten Betrieb gerade auch bei Personalmutationen oder im Störfall zu gewährleisten.

Die Kläranlage hat auch bei Kennzahlen- und Benchmarkingprojekten mitgemacht, um sich mit andern zu vergleichen und allenfalls Schwachstellen aufzuzeigen (Bericht unter www.klaeranlage.ch)

1.2 Finanzielle Aspekte

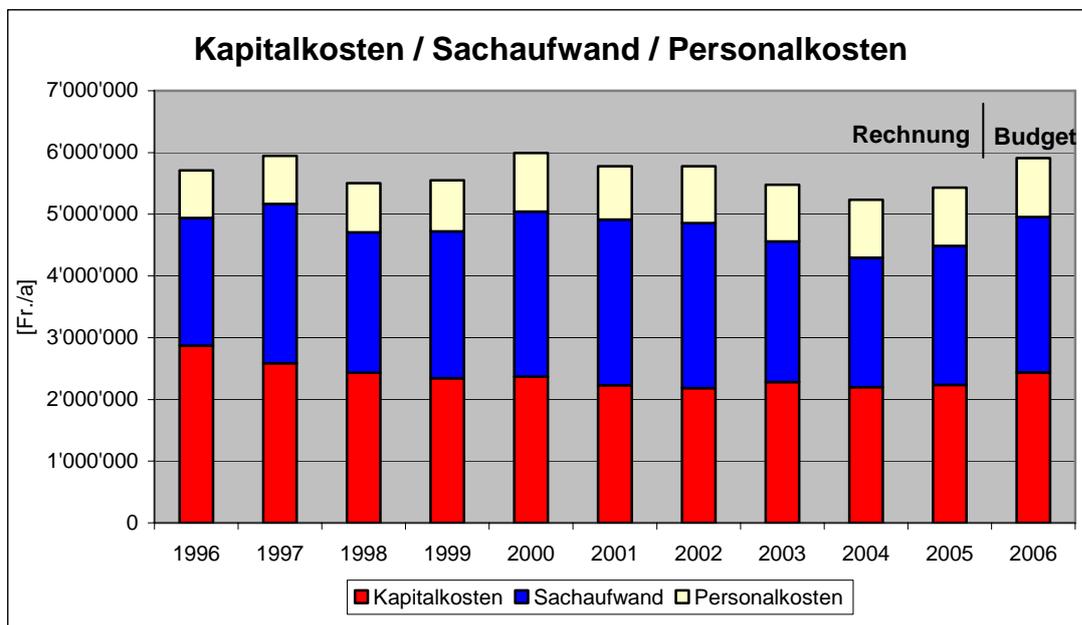


Abbildung 1: Entwicklung der Kosten

Aus obiger Abbildung ist ersichtlich, dass die jährlichen Gesamtkosten durchschnittlich 5.5 Mio. SFr. betragen. Bei einer jährlichen Abwassermenge von 5.5 – 6 Mio. m³ Abwasser/Jahr entspricht dies ca. 1 SFr./m³ Abwasser.

Die Kosten werden den 3 Partnern verursachergerecht verrechnet. Dabei werden die Kosten für die Frachten CSB, Gesamt-Stickstoff und Gesamt-Phosphor sowie die Abwassermenge berücksichtigt.

Dieses Verrechnungsmodell hat sich gut bewährt, insbesondere da aus dem Flughafen z.T. hochbelastete Abwässer, z.B. Toilettenabwasser aus den Flugzeugen, anfällt. Wie die Erfahrung zeigt, schafft dieses Modell im Flughafen Anreize, die Fracht möglichst tief zu halten.

1.3 Gesetzliche Rahmenbedingungen

Grundlage für die Anforderungen an die Kläranlagen in der Schweiz bildet das eidgenössische Gewässerschutzgesetz und die eidgenössische Gewässerschutzverordnung, in welcher die minimal einzuhaltenden Abflussgrenzwerte festgelegt sind. Die kantonalen Gewässerschutzämter können

diese Anforderungen verschärfen, wenn es die ungenügende Qualität des Vorfluters erfordert.

Für die Kläranlage Kloten/Opfikon gelten folgende Grenzwerte:

Tabelle 1: Einleitbedingungen (Abflusskonzentrationen) für die Kläranlage Kloten/Opfikon

Parameter	ARA Kloten/Opfikon	Eidgenössische Gewässerschutzverordnung
Gesamte ungelöste Stoffe	< 5 mg/l	< 15 mg/l
BSB ₅	< 10 mg/l 90% Reinigungsgrad bezogen auf Rohwasser	< 15 mg/l 90% Reinigungsgrad bezogen auf Rohwasser
Ammonium-Stickstoff	< 2 mg/l	< 2 mg /l (Abwassertemperatur >10°C)
Gesamt-Phosphor	<0,8 mg/l	< 0.8 mg/l 80% Reinigungsgrad bezogen auf Rohwasser

Diese Grenzwerte sind auch unter dem Gesichtspunkt zu beurteilen, dass das Abwasser in der Schweiz grundsätzlich verdünnter ist als in vielen andern Ländern. Als Beispiel die Zuflusskonzentrationen auf der Kläranlage Kloten/Opfikon:

- CSB gesamt	390 mg/l
- BSB ₅	250 mg/l
- Gesamt-Stickstoff	43 mg/l
- Gesamt-Phosphor	5.8 mg/l

1.4 Ausbaukonzept, Verfahren

Wie bereits erwähnt wurde die Kläranlage in den Jahren 1988 bis 1993 aufgrund der gesetzlichen Anforderungen für ca. 78 Mio. SFr. umfassend erweitert. Die geplante Kapazität entspricht 54'000 EGW. Versuche haben gezeigt, dass die

Kapazität in der Realität ca. 15% höher ist. Da das Einzugsgebiet direkt am Flughafen in den letzten Jahren eine grosse Entwicklung erfahren hat, ist die Kläranlage jedoch bereits heute beim Parameter Stickstoff an der Belastungsgrenze. Hierbei ist zu erwähnen, dass auch der Klärschlamm einer benachbarten Kläranlage (gleiche Grössenordnung wie die eigene) entwässert und getrocknet wird. Dementsprechend fällt überdurchschnittlich viel stickstoffbelastetes Zentrat an.

Im folgenden Schema ist die Abwasserbehandlung schematisch dargestellt. Beim Ausbau wurde die Hauptstufe Nitrifikation und die Filtration neu gebaut. In der Hauptstufe werden auch eine vorgeschaltete Denitrifikation und die Simultanfällung betrieben. Die Filtration geschieht mit Blähschiefer gefüllten Raumfiltern (Sulzer). Die alte Biologie wurde stehen gelassen und wird heute als Teilstufe zur Vorreinigung von 10-60% des Abwassers betrieben.

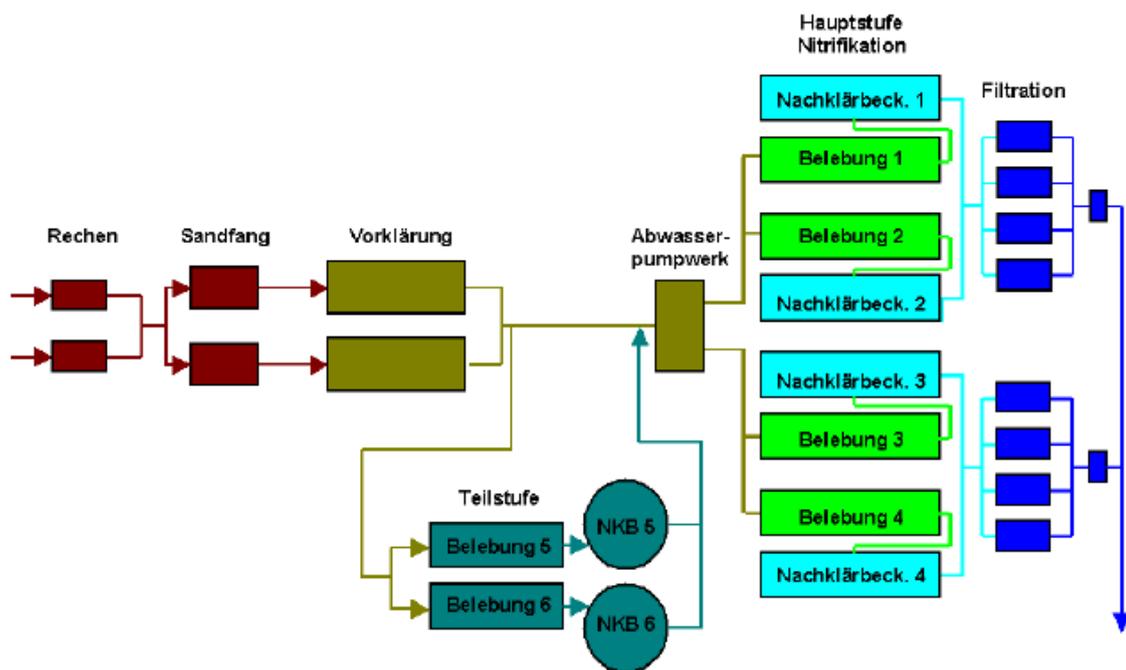


Abbildung 2: Schema der Abwasserbehandlung

1.5 Technische Daten

Theoretische Ausbaugröße	54'000 EW
Reinigungskapazität effektiv angeschlossene EW	65'000 EW ca. 60'000 EW
Abwasserzufluss	6 Mio m ³ /a 16'000 m ³ /d 185 l/s
Schmutzfrachten Zulauf (2005)	
Chemischer Sauerstoffbedarf CSB	5'500 kg/d
Biochemischer Sauerstoffbedarf BSB ₅	3'500 kg/d
Gesamt-Stickstoff	608 kg/d
Phosphor gesamt	82 kg/d
Schmutzfrachten nach Vorklärung (2005)	
Chemischer Sauerstoffbedarf CSB	5'000 kg/d
Biochemischer Sauerstoffbedarf BSB ₅	3'000 kg/d
Gesamt-Stickstoff	617 kg/d
Phosphor gesamt	78 kg/d
Vorklärung	2 Becken à je 750 m ³
Biologie Teilstufe	2 Belüftungsbecken à je 570 m ³ Keramikbelüfter Degrémont 2 Nachklärbecken à je 1'140 m ³
Biologie Hauptstufe (Nitrifikation)	4 Belüftungsbecken à je 1'400 m ³ Volumen oxisch je 935 m ³ , Volumen anoxisch je 465 m ³ Membranbelüfter Roeflex 4 Nachklärbecken à je 1'500 m ³
Frischschlamm	ca. 4,5 to TS/d
Faulraum	Volumen 2'700 m ³ Aufenthaltszeit ca. 25d

Weitere technischen Daten wie auch die Betriebsdaten können auf der Homepage www.klaeranlage.ch als pdf-Datei heruntergeladen werden.

2 Betriebserfahrung Abwasserbehandlung

2.1 Charakterisierung Abwasser, Belastungsschwankungen

Das Abwasser hat grundsätzlich häuslichen Charakter und die Belastung entspricht bezüglich Tagesgang einer normalen Gemeinde. Allerdings sind im Einzugsgebiet relativ viele Hotels und Restaurants. Auf dem Areal des Flughafens sind ebenfalls einige Restaurants und vor allem auch grössere Cateringbetriebe. Dementsprechend ist der Fettanteil im Abwasser hoch. Dies obwohl im Bereich Flughafen an allen entsprechenden Stellen Fettabscheider installiert sind und auch regelmäßig geleert werden.

Das Fett wird durch die heutigen Reinigungsmittel so gut emulgiert, dass es im Fettabscheider auf der Kläranlage praktisch nicht abgeschieden werden kann. Der größte Teil gelangt in die Biologie und verursacht dort Probleme mit Fadenbakterien.

Speziell zu erwähnen ist das Toilettenabwasser aus den Flugzeugen. Dies ist mit einer durchschnittlichen CSB-Konzentration von 10'000 mg/l hoch konzentriert. Es enthält zudem Desinfektionsmittel und Farbstoffe. Das Abwasser wird in den Nachtstunden in die Kläranlagen eingeleitet, um einen Frachtausgleich vorzunehmen.

Wie bereits erwähnt fällt bei der Schlammentwässerung relativ viel stickstoffhaltiges Zentrat an. Dies wird zwischengestapelt und von 18.00 bis 10.00 Uhr in die Nitrifikation dosiert.

2.2 Betriebsstrategie

Bei Inbetriebnahme der ausgebauten Anlage wurde die Teilstufe mit 10-20% des vorgeklärten Abwassers beschickt. Eine stärkere Beschickung hat zur Folge, dass die Denitrifikationsleistung in der Hauptstufe stark reduziert wird, weil der gut abbaubare Kohlenstoff fehlt. (Die Denitrifikation ist C-limitiert). Es besteht keine gesetzliche Auflage, wie groß die Denitrifikationsleistung sein muss. Es ist lediglich vorgeschrieben, dass die Anlage denitrifizierend betrieben werden muss.

Das Schlammalter beträgt bei dieser Verfahrensführung in der Teilstufe ca. 2 Tage, in der Hauptstufe 8 – 12 Tage.

2.3 Blaschlamm

2.3.1 Zeitliche Entwicklung

Die Belebtschlammeeigenschaften (Schlammvolumenindex und Sinkgeschwindigkeit) waren seit Inbetriebnahme der erweiterten Anlage im Winterhalbjahr immer schlechter als im Sommer. Im Laufe der Jahre hat sich dieser Zustand immer stärker verschlechtert, d.h. es bildete sich immer mehr Blh- und Schwimmschlamm.

Die Sinkgeschwindigkeit des Schlammes sank von 1m/h auf unter 0.1m/h, der Schlammvolumenindex (SVI) stieg von 150 auf über 500 ml/g an. Die drastisch schlechten Zustände verunmöglichten einen einigermaßen sicheren Betrieb der Biologie.

Ab ca. 1996 kam es dann im Winter bei Regenwetter zu Schlammabtrieb aus den Nachklärbecken und zu anschließender Verstopfung der Filtration. Parallel dazu trat im Faulturm eine intensive Schaumbildung auf. Dieser Schaum entspannte sich jeweils "explosionsartig" und führte damit zum berschaumen des Faulturmes und zu Verstopfungen in den Gasleitungen. Als Massnahme wurde hier die Gaseinpressung durch ein Rührwerk ersetzt. Dies hatte eine signifikante Verbesserung des Zustandes zur Folge.

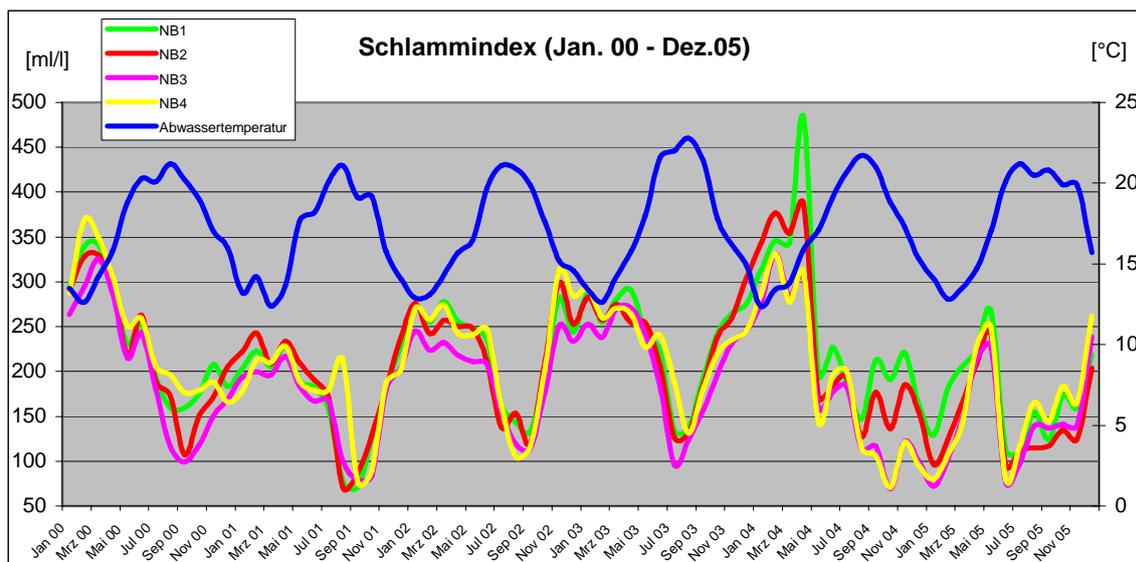


Abbildung 3: Schlammindex im Jahresverlauf

Um die Belebtschlammeigenschaften im Winter zu verbessern, wurden im Laufe der Jahre verschiedene Maßnahmen ergriffen:

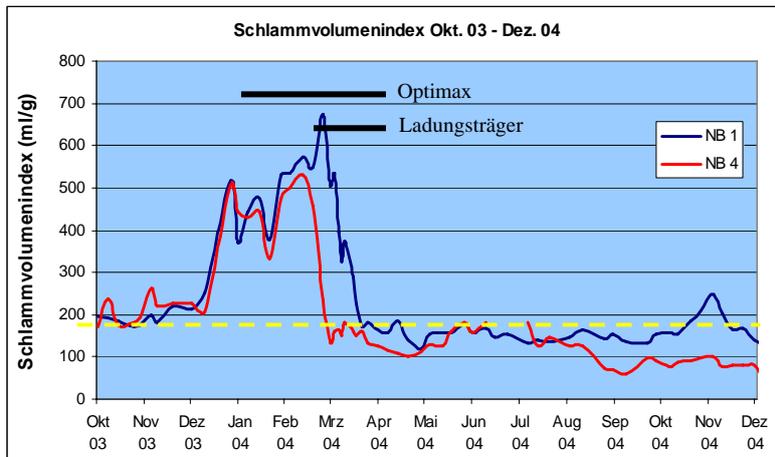
- bis 1998 periodische Zugabe von Aluminium- und Polyaluminiumprodukten mit sehr mäßigem Erfolg
- 1999 Dosierung von VTA52 an verschiedenen Dosierstellen mit wenig Erfolg
- 2000 keine speziellen Maßnahmen
- 2001 Belastung der Teilstufe mit 60% des Abwassers, signifikant besser
- 2002 Belastung der Teilstufe mit 60% des Abwassers, leicht schlechter
- 2003 Belastung der Teilstufe mit 60% des Abwassers, leicht schlechter
- 2004 Einsatz VTA Optimax und TF31, sehr guter Erfolg
- 2005 Hybrid-Versuch, keine signifikante Verbesserung
- 2006 Belastung der Teilstufe zwischen 10-60%, schlechte Absetzeigenschaften

2.3.2 Einsatz von Flockungsmittel und Ladungsträger

Wie aus Abbildung 3 ersichtlich ist, konnten während ca. 3 Jahren die Biologie einigermaßen stabil betrieben werden. Ab Winter 2004 griff auch diese Massnahme nicht mehr. Als Notmassnahme wurde deshalb ab Januar ein spezielles Fällungsprodukt auf Polyaluminiumbasis zudosiert. Nach ca. 4 Wochen zeigte sich damit noch kein Erfolg. Erst die zusätzliche Dosierung eines Ladungsträgers (Polyelektrolyt) zeigte sofortige Wirkung. Die Sinkgeschwindigkeit stieg rasch wieder auf über 1 m/h und der Schlammvolumenindex sank wieder auf unter 180 ml/g.

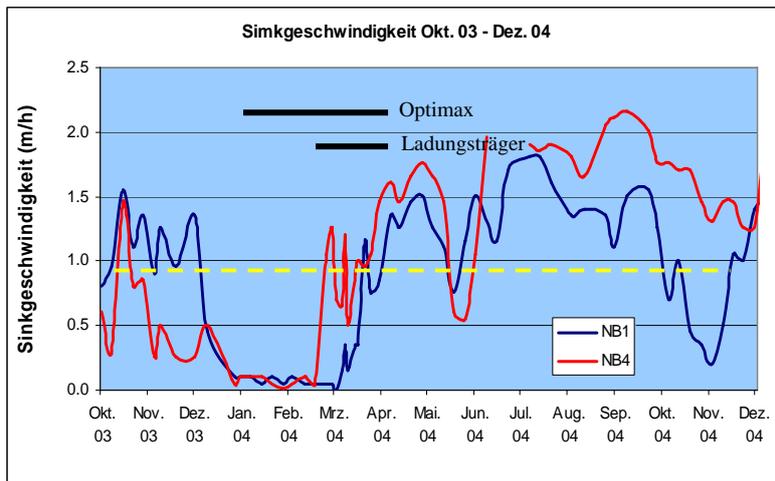
Die Wirkung der eingesetzten Produkte zeigte sich sowohl in den Eigenschaften des Belebtschlammes (SVI und Sinkgeschwindigkeit) als auch bei der mikroskopischen Analyse.

Die Produkte führten zu einem drastischen Rückgang der Gesamtfädigkeit. Während die Schlammflocken vor der Dosierung des Ladungsträgers eine offene Struktur aufwiesen, bildete sich nachher eine kompakte Flocke. Fadenbildende Mikroorganismen, die früher massenhaft auftraten, waren im Belebtschlamm kaum noch zu finden resp. wurden überwachsen.



Im Januar steigt der SVI rapid an. Nach Zugabe des Ladungsträgers im April tritt unmittelbar eine signifikante Verbesserung ein.

Abbildung 4: Schlammvolumenindex



Die Sinkgeschwindigkeit verhält sich umgekehrt proportional zum Schlammvolumenindex.

Abbildung 5: Sinkgeschwindigkeit

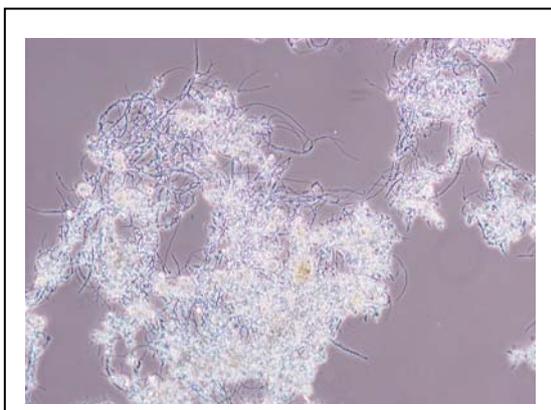


Abbildung 6: Flocke mit Fadenbakterien

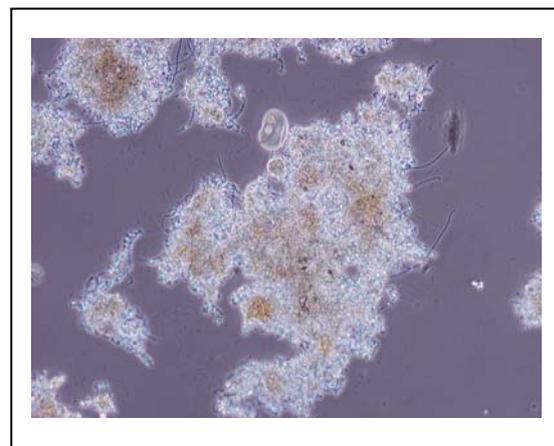


Abbildung 7: Flocke "ohne" Fäden

Als positiver Nebeneffekt war der Schlamm nicht mehr "klebrig" und verursachte dadurch weniger Ablagerungen an den Becken und vor allem an den Sauerstoffsonden.

Mit den eingesetzten Produkten konnten die gravierenden Betriebsprobleme nachhaltig gelöst werden. Der Erfolg musste allerdings im Vergleich zu Eisensulfat durch relativ teure Produkte im wahrsten Sinne des Wortes erkaufte werden. Ab Mitte April konnte dann auf die Dosierung verzichtet und wieder auf die Eisenzugabe umgestellt werden.

2.3.3 HYBRID-BYPASS-Versuch

Im Winter 2005 wurde auf Initiative der EAWAG und in Zusammenarbeit mit der TU Wien versuchsweise das im Zusammenhang mit dem Ausbau der Hauptkläranlage Wien entwickelte HYBRID-BYPASS-Konzept getestet. Im Rahmen von Studien zum Betrieb des HYBRID und BYPASS-Konzeptes konnte beobachtet werden, dass solche Anlagen eine erhebliche Verbesserung des Schlammvolumenindex beim Betrieb der Verfahren stattfindet. Derzeit werden bekanntlich mehrere Kläranlagen in Österreich nach dem Hybridverfahren betrieben resp. umgerüstet.

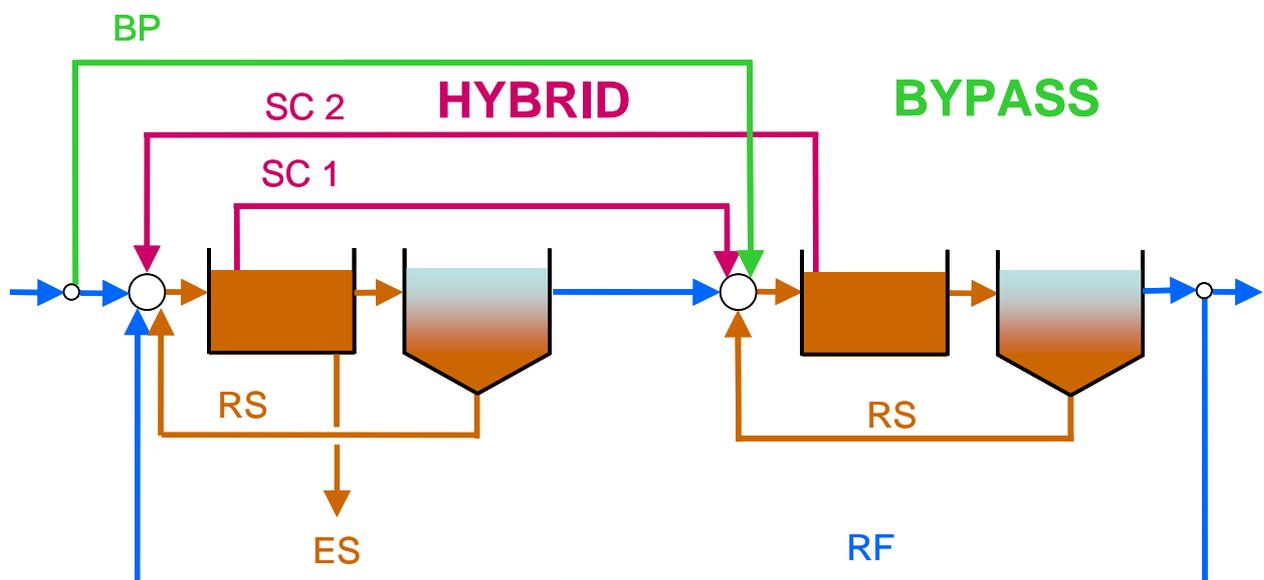


Abbildung 8: Schema des HYBRID und BYPASS-Konzeptes

Der Versuch wurde mit den vorhandenen Mitteln, d.h. mit mobilen Pumpen und Schläuchen aufgebaut. Dementsprechend konnten nicht überall die geforderten

Mengen der einzelnen Medien zur Verfügung gestellt werden. Da der Versuch im Winter durchgeführt wurde mussten die Pumpen immer laufen, um ein Einfrieren zu verhindern.

Dementsprechend sind die Resultate wahrscheinlich nicht abschließend. Um aussagekräftigere Resultate zu erhalten müsste der Versuch mit festen Installationen und regelbaren Pumpen wiederholt werden.

Trotzdem können folgende Aussagen gemacht werden:

- Die Belebtschlammigenschaften sind gleich gut oder leicht besser als in den Referenzbecken.
- Diese Betriebsweise erlaubt eine größere Belastung der Anlage, resp. erhöht die Kapazität der Anlage.

2.3.4 Die aktuelle Situation

Neu war, dass jetzt sogar im Sommer 2005 Probleme mit den Belebtschlammigenschaften auftraten. Die mikroskopische Belebtschlamm-analyse zeigte, dass im Belebtschlamm Fett in Form von feinen Tröpfchen vorhanden war. Indem jeweils während einigen Wochen mehr Abwasser über die Teilstufe geleitet wurde, konnte die Belastung der Nitrifikation ebenfalls geändert werden. Durch diese wechselnde Belastung der Nitrifikation konnte das Problem einigermaßen in Griff behalten werden.

2.4 Zukünftige Faulwasserbehandlung

Wie erwähnt, wird die Stickstoffbelastung der limitierende Faktor für die Biologie werden. Berechnungen und Simulationen der Biologie haben ergeben, dass anstelle einer Erweiterung der Biologie der Bau einer separaten Zentratbehandlung kosteneffizienter ist. Mögliche Verfahren wären SBR oder Anammox.

In Abbildung 9 ist der Kapazitätsgewinn in der Biologie durch die separate Zentratbehandlung ersichtlich. Gleichzeitig ist auch dargestellt, was die Urinseparierung in einem Neubaugebiet mit ca. 7'000 EGW auf die Belastung der Kläranlage hätte. Dargestellt ist hier das System mit Speicherung des Urins in den Liegenschaften und Einleitung in die Kanalisation in den Nachtstunden.

Die Realisierung der separaten Zentratbehandlung ist in 2 - 3 Jahren geplant.

2.5 Urinseparierung

Bezogen auf den gesamten Zulauf auf die ARA Kloten/Opfikon macht Urin weniger als 1% des Abwasservolumens aus, enthält aber ca. 70% des Stickstoffs und ca. 40% des Phosphors. Auch Mikroverunreinigungen, wie Pharmazeutika und hormonaktive Substanzen aus dem menschlichen Körper, werden zu relevanten Anteilen via Urin ins Abwasser eingetragen.

Würde Urin getrennt vom übrigen Abwasser zu Verfügung stehen, könnte die Nährstoffelimination (N, P) in einer ARA in den meisten Fällen optimiert und strengere Grenzwerte für Phosphor mit geringerem technischem Aufwand eingehalten werden. Für bestehende Abwasserreinigungsanlagen ergeben sich unter Umständen freiwerdende Kapazitäten, welche die zeitliche Rückstellung von anstehenden Ausbauvorhaben ermöglichen oder deren Umfang verringern.

Die ARA Kloten/Opfikon ist heute bezüglich Stickstoffabbau im Grenzbereich ihrer Kapazität. Die Reinigungsleistung für die Schmutzstoffe Kohlenstoff und Phosphor ist für die nächsten Jahrzehnte ausreichend, was durchgeführte Studien dokumentieren (Info dazu beim Kläranlageverband Kloten/Opfikon erhältlich). Unter der Voraussetzung, dass die ARA Kloten/Opfikon die Reinigungsleistung bezüglich Stickstoffabbaus auf dem heutigen Stand beibehalten muss, sind Maßnahmen zur Leistungssteigerung bezüglich Stickstoffabbaus notwendig. Mit dem Ausbau des Glattparks wird eine markante Zusatzfracht auf die ARA geleitet. Die Separierung von Urin wird in diesem Zusammenhang als zusätzliche Möglichkeit betrachtet, eine Anlageerweiterung zur Erhaltung der aktuellen Stickstoffabbauleistung zu verzögern.

Im Rahmen einer Studie wurde untersucht, welche Auswirkungen die Realisierung der Urinseparierung im Glattpark auf die Reinigungsleistung der ARA Kloten/Opfikon hat.

Zusammenfassen können folgende Schlüsse gezogen werden:

Die Urinseparierung...

- verzögert eine notwendige Erweiterung der Anlage um 6 Jahre,

- ermöglicht eine Optimierung der Kläranlageleistung durch gezielte Zugabe des Urins in die tageszeitlich bedingten Stickstoffsinken,
- ermöglicht eine Reduktion der Ammoniumfracht, die durch Regenentlastungen in den Vorfluter gelangt,
- bietet die Möglichkeit einer zukünftigen Separatbehandlung und damit zur Elimination der im Urin enthaltenen Mikroverunreinigungen,
- ermöglicht eine eventuelle zukünftige Rückgewinnung der im Urin vorhandenen Wertstoffe. Im Vordergrund steht dabei die Aufbereitung von Phosphor.

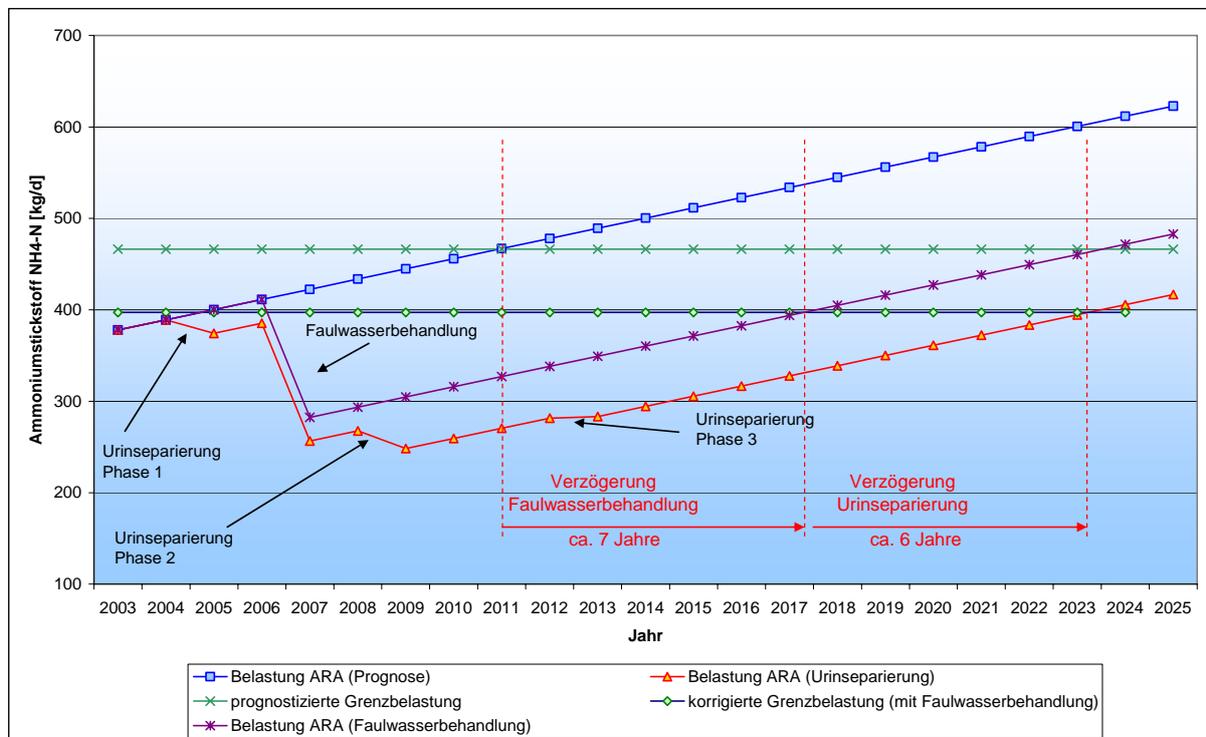


Abbildung 9: Einfluss der separaten Zentratbehandlung und Urinseparierung auf die Anlagekapazität

3 Betriebserfahrung Schlammbehandlung

3.1 Faulung

Frischschlamm und Überschussschlamm werden mechanisch entwässert und im Faulturm bei ca. 37°C ausgefault. Die Aufenthaltszeit beträgt ca. 25 Tage.

Das produzierte Klärgas wird mittels Gasmotoren verwertet. Die Abwärme dient zur Erwärmung des Faulschlammes und zur Heizung der Gebäude. Im Sommer besteht ein relativ großer Überschuss an Wärme. Wie bereits erwähnt, wird der Faulraum seit einiger Zeit erfolgreich mit einem Rührwerk umgewälzt. Obschon die Gasproduktion in der Norm liegt, ist der Glühverlust des ausgefaulten Schlammes mit ca. 58% noch recht hoch. Die Gründe konnten bisher nicht gefunden werden.

Der ausgefaulte Schlamm wird in einem Stapelraum vor der Weiterverarbeitung zwischengelagert. Seit dem Ausbau der Anlage lässt sich während dieser Lagerung kein Faulwasser mehr abtrennen.

3.2 Entwässerung, Trocknung

Der ausgefaulte Schlamm wird mit Dekantern entwässert und anschliessend getrocknet. Der entwässerte Schlamm erreicht einen Trockensubstanzgehalt von ca. 23%. Dieser tiefe TS ist bedingt durch den mit ca. 2.5% TS "dünnen" Faulschlamm und die Dekanter mit alter Technologie.

Die Trocknung geschieht in Trommeltrocknern der Fa. List. Als Heizmedium wird Dampf von ca. 130°C eingesetzt. Der erreichte Trockensubstanzgehalt beträgt 95%. Die Trockner laufen vollautomatisch, rund um die Uhr und ohne Schichtbetrieb.

Der getrocknete Klärschlamm wird in einem Zementwerk als Brennstoff eingesetzt. Die bei der Verbrennung im Zementofen entstehende Schlacke sind sehr ähnlich zusammengesetzt wie das Gestein zur Herstellung des Zementes. Dementsprechend wird die Schlacke in den Zement eingebunden. Für das Zementwerk zählt neben dem Heizwert des Klärschlammes auch der Umstand, dass Klärschlamm ein CO₂-neutraler Heizstoff ist.

3.3 Strategie für Schlammbehandlung

Die Ausrüstung zur weitergehenden Schlammbehandlung (Entwässerung und Trocknung) ist seit ca. 13 Jahren in Betrieb und hat ihre Lebenserwartung in 1 bis 2 Jahren erreicht.

Die beiden Trockner sind in nächster Zeit mit größerem Aufwand zu revidieren. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die bestehende Trocknung gegenüber Trocknern neuerer Generationen viel Energie und hohen Unterhaltsaufwand

benötigen. Sie sind somit auch aus ökologischer Sicht (Energie, Umweltbelastung) nicht mehr interessant. Verschiedene alternative Entsorgungswege stehen heute offen und können gegeneinander abgewogen werden.

Auch die beiden Dekanter müssen möglichst rasch ersetzt werden, die Lebensdauer ist heute bereits erreicht. Heutige Systeme erreichen dank neuer Technologie deutlich höhere Leistungen, was wiederum weniger Energie in der Trocknung erfordert.

Als alternativen Entsorgungsweg hat die nahegelegene Kehrichtverbrennung ein Angebot für die Annahme von entwässertem Klärschlamm und dessen Verbrennung zusammen mit Kehricht im Kehrichtkraftwerk Hagenholz unterbreitet.

Im Rahmen eines Vorprojektes wurde eine Variantenvergleich der möglichen Schlamm Entsorgungswege (Abgabe entwässerter Schlamm an die Verbrennung oder eigene Trocknung mit Mitverbrennung in der Zementindustrie bei "HCB") erstellt.

Aufgrund dieses Vergleichs beschloss die ARA-Kommission, den ausgefaulten Klärschlamm weiterhin zu entwässern und via Zementwerk zu entsorgen. Dabei soll die bestehende Trocknung durch eine Niedertemperatur-Trocknung nach dem Umluftverfahren ersetzt werden.

Gleichzeitig wurde die Projektorganisation genehmigt und die Erstellung eines Bauprojektes beschlossen.

3.4 Gasverwertung, Wärmebereitstellung

Bis heute wird das produzierte Klärgas in Blockheizkraftwerken zu Strom und Wärme umgewandelt. Der Weiterbetrieb der Blockheizkraftwerke erfordert größere Revisionsarbeiten, den Umbau der Steuerung auf Simatic S5 und die Installation einer Gasaufbereitungsanlage zur Entfernung des Siloxans. Daneben weisen die vorhandenen Generatoren gegenüber modernen Generatoren einen schlechten Wirkungsgrad auf.

Die Gasverwertung hat auch einen direkten Zusammenhang mit der Wärmebereitstellung zur Klärschlamm-trocknung.

Der momentane Planungsstand sieht vor, das Klärgas der Gasversorgung abzugeben und im Tausch Erdgas zu beziehen. Damit entfällt für die Kläranlage die Gasaufbereitung und die Kläranlage kann Gas beziehen, wenn der Bedarf da ist (Gasversorgung macht "Gasspeicher"). Mit dem eingetauschten Erdgas wird voraussichtlich ein BHKW oder eine Mikrogasturbine betrieben um den Notstrombetrieb sicherzustellen. Die Abwärme dient zur Schlamm-trocknung. Die Wärme für die Schlamm-fermentation und Gebäudeheizung wird mittels Wärmepumpe aus dem gereinigten Abwasser zurückgewonnen.

4 Zusammenfassung, Ausblick

Die Abwassereigenschaften resp. –zusammensetzung ändern sich jahreszeitlich und im Laufe der Jahre. Dementsprechend treten betriebliche Probleme in den einzelnen Verfahrensstufen, speziell in der Biologie auf. Durch angepasste Verfahrensführung lassen sich diese teilweise kompensieren.

In unserem Fall sind die Verfahren jedoch durch die vorhandenen Betonbecken und deren Anordnung sowie durch die Leitungsführung etc. gegeben und lassen nur sehr wenig Variabilität zu. Aufgrund der heutigen Erkenntnis lässt sich wahrscheinlich kurz- und mittelfristig ein stabiler Betrieb nur durch Zugabe von Chemikalien erreichen. Der Kostenvergleich Chemieeinsatz gegen Installationsaufwand, d.h. bauliche und installationsmäßige Anpassung der biologischen Stufen (z.B. Hybridverfahren) wurde noch nicht gemacht.

Unsere aktuelle Erfahrung zeigt, dass die eingesetzten Verfahren, wie z.B. Schlamm-fermentation, Schlamm-trocknung oder Blockheizkraftwerke periodisch auf ihre Wirtschaftlichkeit überprüft werden müssen. Nur weil ein Aggregat sein Lebensalter noch nicht erreicht hat, muss dies nicht heißen, dass es noch wirtschaftlich betrieben werden kann.

Korrespondenz an:

Christoph Liebi

Kläranlageverband Kloten/Opfikon
Rohrstrasse 49
CH-8152 Glattbrugg

Tel +41 44 874 17 17

Fax +41 44 810 42 60

Mail c.liebi@klaeranlage.ch

WIENER MITTEILUNGEN

WASSER • ABWASSER • GEWÄSSER

Eine von den Wasserbauinstituten an der Technischen Universität Wien, den Instituten für Wasserwirtschaft der Universität für Bodenkultur und dem Österreichischen Wasser- und Abfallwirtschaftsverband herausgegebene Schriftenreihe

Band Nr		Preis €
1	Das Wasser (1968) Kresser W.	vergriffen
2	Die Gesetzmäßigkeiten der stationären Flüssigkeitsströmung durch gleichförmig rotierende zylindrische Rohre (1968) Breiner, H.	vergriffen
3	Abwasserreinigung - Grundkurs (1969) von der Emde, W.	vergriffen
4	Abwasserreinigungsanlagen - Entwurf-Bau-Betrieb (1969) 4. ÖWWV-Seminar, Raach 1969	vergriffen
5	Zukunftsprobleme der Trinkwasserversorgung (1970) 5. ÖWWV-Seminar, Raach 1970	vergriffen
6	Industrieabwässer (1971) 6. ÖWWV-Seminar, Raach 1971	vergriffen
7	Wasser- und Abfallwirtschaft (1972) 7. ÖWWV-Seminar, Raach 1972	vergriffen
8	Das vollkommene Peilrohr (Zur Methodik der Grundwasserbeobachtung) (1972) Schmidt, F.	vergriffen
9	Über die Anwendung von radioaktiven Tracern in der Hydrologie (1972) Pruzinsky, W. Über die Auswertung von Abflußmengen auf elektronischen Rechenanlagen Doleisch, M.:	18
10	1. Hydrologie-Fortbildungskurs (1972)	vergriffen

Band Nr		Preis €
11	Vergleichende Untersuchungen zur Berechnung von HW-Abflüssen aus kleinen Einzugsgebieten (1972) Gutknecht, D.	vergriffen
12	Uferfiltrat und Grundwasseranreicherung (1973) 8. ÖWWV-Seminar, Raach 1973	vergriffen
13	Zellstoffabwässer-Anfall und Reinigung (1972) von der Emde W., Fleckseder H., Huber L., Viehl K.	vergriffen
14	Abfluß - Geschiebe (1973) 2. Hydrologie-Fortbildungskurs 1973	vergriffen
15	Neue Entwicklung in der Abwassertechnik (1983) 9. ÖWWV-Seminar, Raach 1974	vergriffen
16	Praktikum der Kläranlagentechnik (1974) von der Emde W.	vergriffen
17	Stabilitätsuntersuchung von Abflußprofilen mittels hydraulischer Methoden und Trendanalyse (1974) Behr, O.:	18
18	Hydrologische Grundlagen zur Speicherbemessung(1975) 3. Hydrologie-Fortbildungskurs 1975	vergriffen
19	Vorhersagen in der Wasserwirtschaft (1976) 1. Hydrologisches Seminar des ÖWWV 1976	10
20	Abfall- und Schlammbehandlung aus wasserwirtschaftlicher Sicht (1976) 11. ÖWWV-Seminar, Raach 1976	vergriffen
21	Zur Theorie und Praxis der Speicherwirtschaft (1977) 2. Hydrologisches Seminar des ÖWWV 1977	22
22	Abwasserreinigung in kleineren Verhältnissen (1977) 12. ÖWWV-Seminar, Raach 1977	vergriffen
23	Methoden zur rechnerischen Behandlung von Grundwasserleitern (1977) Baron W., Heindl W., Behr O., Reitingner J.	vergriffen
24	Ein Beitrag zur Reinigung des Abwassers eines Chemiefaserwerkes, eines chemischen Betriebes und einer Molkerei (1978) Begert A.	vergriffen

Band Nr		Preis €
25	Ein Beitrag zur Reinigung von Zuckerfabrikabwasser (1978) Kroiss H.	vergriffen
26	Methoden der hydrologischen Kurzfristvorhersage (1978) Gutknecht D.	vergriffen
27	Wasserversorgung-Gewässerschutz (1978) 13. ÖWWV-Seminar, Raach 1978	vergriffen
28	Industrieabwasserbehandlung - Neue Entwicklungen (1979) 14. ÖWWV-Seminar, Raach 1979	vergriffen
29	Probleme der Uferfiltration und Grundwasseranreicherung mit besonderer Berücksichtigung des Wiener Raumes (1979) Frischherz H.	vergriffen
30	Beiträge zur Hydraulik, Gewässerkunde und Wasserwirtschaft (1979) o. Univ.-Prof. DDr. Werner Kresser zum 60. Geburtstag	vergriffen
31	Grundwasserzuströmungsverhältnisse zu Horizontalfilterrohrbrunnen (1980) Schügerl W.	vergriffen
32	Grundwasserwirtschaft (1980) 3. Hydrologisches Seminar des ÖWWV 1980	25
33	Kulturtechnik und Wasserwirtschaft heute (1) (1980)	vergriffen
34	Behandlung und Beseitigung kommunaler und industrieller Schlämme (1980) 15. ÖWWV-Seminar, Raach 1980	vergriffen
35	Faktoren, die die Inaktivierung von Viren beim Belebungsverfahren beeinflussen (1980) Usrael G.	vergriffen
36	Vergleichende Kostenuntersuchungen über das Belebungsverfahren (1980) Flögl W.	vergriffen
37	Ein Beitrag zur Reinigung und Geruchsfreimachung von Abwasser aus Tierkörperverwertungsanstalten (1980) Ruider E.	vergriffen
38	Wasserwirtschaftliche Probleme der Elektrizitätserzeugung (1981) Schiller, G.:	vergriffen

Band Nr		Preis €
39	Kulturtechnik und Wasserwirtschaft heute (1981) Teil 2	vergriffen
40	Wasseraufbereitung und Abwasserreinigung als zusammengehörige Techniken (1981) 16. ÖWWV-Seminar, Raach 1981	vergriffen
41	Filterbrunnen zur Erschließung von Grundwasser (1981) ÖWWV-Fortbildungskurs 1981	29
42	Zur Ermittlung von Bemessungshochwässern im Wasserbau (1981) Kirnbauer R.	22
43	Wissenschaftliche Arbeiten, Zeitraum 1977 bis 1981 (1981)	25
44	Kulturtechnik und Wasserwirtschaft - heute (1981) Teil 3	25
45	Verbundwirtschaft in der Wasserversorgung (1982) ÖWWV-Fortbildungskurs 1982	29
46	Gewässerschutzplanung, deren Umsetzung und Zielkontrolle im Einzugsgebiet des Neusiedler Sees (1982) Stalzer W.	vergriffen
47	Wechselwirkung zwischen Planung und Betrieb von Abwasserreinigungsanlagen, Erfahrungen und Probleme (1982) 17. ÖWWV-Seminar, Ottenstein 1982	vergriffen
48	Kleinwasserkraftwerke - Notwendigkeit und Bedeutung (1982) Flußstudien: Schwarza, kleine Ybbs, Saalach	vergriffen
49	Beiträge zur Wasserversorgung, Abwasserreinigung, Gewässerschutz und Abfallwirtschaft (1982) o. Univ.-Prof. Dr.-Ing. W. v.d. Emde zum 60. Geburtstag	vergriffen
50	Kulturtechnik und Wasserwirtschaft - heute (1982) Teil 4	vergriffen
51	Sicherung der Wasserversorgung in der Zukunft (1983) 18. ÖWWV-Seminar, Ottenstein 1983	vergriffen
52	Thermische Beeinflussung des Grundwassers (1983) ÖWWV-Fortbildungskurs, 1983	vergriffen

Band Nr		Preis €
53	Planung und Betrieb von Regenentlastungsanlagen (1984) ÖWWV-Fortbildungskurs, 1984	vergriffen
54	Sonderabfall und Gewässerschutz (1984) 19. ÖWWV-Seminar, Gmunden 1984	vergriffen
55	Naturnahes Regulierungskonzept "Pram" (1984)	26
56	Blähschlamm beim Belebungsverfahren (1985) ÖWWV-Fortbildungskurs, 1985	vergriffen
57	Chemie in der Wassergütewirtschaft (1985) ÖWWV-Fortbildungskurs, 1985	vergriffen
58	Klärschlamm - Verwertung und Ablagerung (1985) 20. ÖWWV-Seminar, Ottenstein 1985	vergriffen
59	Wasserkraftnutzung an der Thaya (1985) Pelikan B.	23
60	Seminar "Wasser - Umwelt - Raumordnung" (1985)	16
61	Gewässerschutz im Wandel der Zeit Ziele und Maßnahmen zu ihrer Verwirklichung (1985) Fleckseder, H.	vergriffen
62	Anaerobe Abwasserreinigung (1985) Kroiss H.	vergriffen
63	Kleine Belebungsanlagen mit einem Anschlußwert bis 500 Einwohnergleichwerte (1985) Begert A.	vergriffen
64	Belüftungssysteme beim Belebungsverfahren (1986) ÖWWV-Fortbildungskurs, 1986	vergriffen
65	Planung und Betrieb von Behandlungsanlagen für Industrieabwässer (1986) 21. ÖWWV-Seminar, Ottenstein 1986	vergriffen
66	Ausspracheseminar Grundwasserschutz in Österreich (1986) ÖWWV-Fortbildungskurs, 1986	29
67	Kulturtechnik und Wasserwirtschaft heute (5) (1986)	vergriffen

Band Nr	Preis €
68 Zur mathematischen Modellierung der Abflusstehung an Hängen (1986) Schmid B.H.	22
69 Nitrifikation - Denitrifikation (1987) ÖWWV-Fortbildungskurs, 1987	vergriffen
70 Flußbau und Fischerei (1987)	vergriffen
71 Wasserversorgung und Abwasserreinigung in kleinen Verhältnissen (1987) 22. ÖWWV-Seminar, Ottenstein 1987	vergriffen
72 Wasserwirtschaft und Lebensschutz (1987) Wurzer E.	vergriffen
73 Anaerobe Abwasserreinigung Grundlagen und großtechnische Erfahrung (1988) ÖWWV-Fortbildungskurs, 1988	vergriffen
74 Wasserbau und Wasserwirtschaft im Alpenraum aus historischer Sicht (1988)	22
75 Wechselbeziehungen zwischen Land-, Forst und Wasserwirtschaft (1988) ÖWWV-Fortbildungskurs, 1988	vergriffen
76 Gefährdung des Grundwassers durch Altlasten (1988) 23. ÖWWV-Seminar, Ottenstein 1988	vergriffen
77 Kulturtechnik und Wasserwirtschaft heute (6) (1987)	vergriffen
78 Wasserwirtschaftliche Planung bei mehrfacher Zielsetzung (1988) Nachtnebel, H.P.	25
79 Hydraulik offener Gerinne (1989) Symposium, 1989	vergriffen
80 Untersuchung der Fischaufstiegshilfe bei der Stauhaltung im Gießgang Greifenstein (1988) Jungwirth M., Schmutz S.	vergriffen
81 Biologische Abwasserreinigung (1989) ÖWWV-Fortbildungskurs, 1989, TU-Wien	vergriffen
82 Klärschlamm Entsorgung (1989) 24. ÖWWV-Seminar, Ottenstein 1989	vergriffen

Band Nr		Preis €
83	Viruskontamination der Umwelt und Verfahren der Kontrolle (1990) 2. Symposium	18
84	Schadstofffragen in der Wasserwirtschaft (1989) ÖWWV-Fortbildungskurs 1989, TU-Wien	29
85	Schlußbericht zum Forschungsvorhaben Trinkwasseraufbereitung mit Ultraschall, Projekt Abschnitt I (1989) Frischherz H.; Benes E.; Ernst J.; Haber F.; Stuckart W.	18
86	Umfassende Betrachtung der Erosions- und Sedimentationsproblematik (1989) Summer W.	25
87	Großräumige Lösungen in der Wasserversorgung (1990) 25. ÖWWV-Seminar, Ottenstein 1990	vergriffen
88	Revitalisierung von Fließgewässern (1990) Beiträge zum Workshop Scharfling, 1989	vergriffen
89	Kulturtechnik und Wasserwirtschaft heute (1990) Teil 9	vergriffen
90	A Study on Kinematic Cascades (1990) Schmid B.H.	18
91	Snowmelt Simulation in Rugged Terrain - The Gap Between Point and Catchment Scale Approaches (1990) Blöschl G.	18
92	Dateninterpretation und ihre Bedeutung für Grundwasserströmungsmodelle (1990) Blaschke A.P.	nicht erschienen
93	Decision Support Systeme für die Grundwasserwirtschaft unter Verwendung geografischer Informationssysteme (1990) Fürst J.	18
94	Schlußbericht zum Forschungsvorhaben Trinkwasseraufbereitung mit Ultraschall; Projekt-Abschnitt 1990 (1990) Frischherz H., Benes E., Stuckhart W., Ilmer A., Gröschl M., Bolek W.	18
95	Anaerobe Abwasserreinigung - Ein Modell zur Berechnung und Darstellung der maßgebenden chemischen Parameter (1991) Svardal K.	22

Band Nr		Preis €
96	EDV-Einsatz auf Abwasserreinigungsanlagen (1991) ÖWWV-Fortbildungskurs 1991, TU-Wien	29
97	Entfernung von Phosphorverbindungen bei der Abwasserreinigung (1991) ÖWWV-Fortbildungskurs 1991, TU-Wien	25
98	Auswirkungen der Wasserrechtsgesetznovelle 1990 auf Behörden, Planer und Betreiber kommunaler Abwasserreinigungsanlagen - aus technischer, rechtlicher und wirtschaftlicher Sicht (1991) 26. ÖWWV-Seminar, Ottenstein 1991	vergriffen
99	Geruchsemissionen aus Abwasserreinigungsanlagen (1991) ÖWWV-Fortbildungskurs 1991,	22
100	Anpassung von Kläranlagen an den Stand der Technik (1992) ÖWWV-Fortbildungskurs 1992, TU-Wien	vergriffen
101	Umweltbezogene Planung wasserbaulicher Maßnahmen an Fließgewässern (1992) Pelikan B.	18
102	Erfassung hydrometeorologischer Elemente in Österreich im Hinblick auf den Wasserhaushalt (1992) Behr O.	i.V.
103	Wasser- und Abfallwirtschaft in dünn besiedelten Gebieten (1992) 27. ÖWWV-Seminar Ottenstein 1992	36
104	Virus Contamination of the Environment (1992) Methods and Control	vergriffen
105	Fließgewässer und ihre Ökologie (1993) ÖWAV-Fortbildungskurs 1992, TU-Wien	22
106	Festlegung einer Dotierwassermenge über Dotationsversuche (1992) Mader H.	22
107	Wasserrechtsgesetznovelle 1990 und neue Emissionsverordnungen (1992) Vorträge anlässlich der UTEC 1992	29
108	Chemische Analytik für einen zeitgemäßen Gewässerschutz (1992) Vorträge anlässlich der UTEC 1992	29
109	Kulturtechnik und Wasserwirtschaft heute (1994) Teil 10 - Beiträge zum Seminar an der Universität für Bodenkultur im November 1994	i.V.

Band Nr	Preis €
110 Bemessung u. Betrieb von Kläranlagen zur Stickstoffentfernung (1993) ÖWAV-Seminar 1993, TU-Wien	36
111 Wasserreserven in Österreich - Schutz und Nutzung in Gegenwart und Zukunft (1993) 28. ÖWAV-Seminar Ottenstein 1993	vergriffen
112 Contamination of the Environment by Viruses and Methods of Control (1993)	18
113 Wasserkraft () O.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. S. Radler anlässlich seiner Emeritierung	vergriffen
114 Klärwärter-Grundkurs (1994) 2. Auflage 1994	vergriffen
115 Beitrag zur Reduzierung der Abwasseremissionen der Bleicherei beim Sulfatverfahren (1994) Urban W. ISBN 3-85234-001-2	22
116 Eigenüberwachung von Abwasserreinigungsanlagen für den Gewässerschutz (1994) ÖWAV-Seminar 1994, TU-Wien ISBN 3-85234-002-0	25
117 Abwasserreinigungskonzepte - Internationaler Erfahrungsaustausch über neue Entwicklungen (1995) ÖWAV-Seminar 1994, TU Wien ISBN 3-85234-003-9	25
118 3 Jahre WRG-Novelle (1994) 29. ÖWAV-Seminar: Ottenstein 1994 ISBN 3-85234-004-7	19
119 Landeskulturelle Wasserwirtschaft (1994) anlässlich der Emeritierung von o.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. H. Supersperg	vergriffen
120 Gewässerbetreuungskonzepte - Stand und Perspektiven (1994) Beiträge zur Tagung an der BOKU 1994 ISBN 3-85234-010-1	32
121 Generelle Entwässerungsplanung im Siedlungsraum (1996) ÖWAV-Seminar 1995, TU Wien ISBN 3-85234-011-X	29

122	Bedeutung von geowissenschaftlicher Zusatzinformation für die Schätzung der Transmissivitätsverteilung in einem Aquifer (1994) Kupfersberger H.	18
123	Modellierung und Regionalisierung der Grundwassermengenbildung und des Bodenwasserhaushaltes (1994) Holzmann, H.	22
124	Pflanzenkläranlagen - Stand der Technik, Zukunftsaspekte (1995) ÖWAV-Seminar, BOKU Wien ISBN 3-85234-014-4	22
125	Abwasserreinigung - Probleme bei der praktischen Umsetzung des Wasserrechtsgesetzes, (1995) ÖWAV-Seminar 1995, TU-Wien ISBN 3-85234-015-2	32
126	Konfliktfeld Landwirtschaft - Wasserwirtschaft (1995) 30. ÖWAV-Seminar, Ottenstein 1995 ISBN 3-85234-016-0	29
127	Alte und neue Summenparameter (1995) ÖWAV-Seminar 1995, TU-Wien ISBN 3-85234-017-9	29
128	Viruskontamination der Umwelt und Verfahren der Kontrolle (deutsch oder englisch) (1995) 4. Symposium Univ.Prof.Dr. R. Walter ISBN 3-85234-019-5	0
129	Einfluß von Indirekteinleitungen auf Planung und Betrieb von Abwasseranlagen (1996) ÖWAV-Seminar 1996, TU-Wien ISBN 3-85234-020-9	vergriffen
130	Zentrale und dezentrale Abwasserreinigung (1996) 31. ÖWAV-Seminar, Ottenstein 1996 ISBN 3-85234-021-7	36
131	Methoden der Planung und Berechnung des Kanalisationssystems (1996) ÖWAV-Seminar 1996, BOKU-Wien ISBN 3-85234-022-5	29

Band Nr		Preis €
132	Scale and Scaling in Hydrology (1996) Blöschl G. ISBN 3-85234-023-3	vergriffen
133	Kulturtechnik und Wasserwirtschaft heute (11) (1996) Integrale Interpretation eines zeitgemäßen Gewässerschutzes ISBN 3-85234-024-0	12
134	Ein Beitrag zur Charakterisierung von Belüftungssystemen für die biologische Abwasserreinigung nach dem Belebungsverfahren mit Sauerstoffzufuhrmessungen (1996) Frey W. ISBN 3-85234-025-X	vergriffen
135	Nitrifikation im Belebungsverfahren bei maßgebendem Industrieabwassereinfluß (1996) Nowak O. ISBN 3-85234-026-8	vergriffen
136	1. Wassertechnisches Seminar (1996) Nebenprodukte von Desinfektion und Oxidation bei der Trinkwasseraufbereitung ISBN 3-85234-027-6	i.V.
137	Modellanwendung bei Planung und Betrieb von Belebungsanlagen (1997) ÖWAV - Seminar 1997, TU-Wien ISBN 3-85234-028-4	32
138	Nitrifikationshemmung bei kommunaler Abwasserreinigung (1997) Schweighofer P. ISBN 3-85234-029-2	25
139	Ein Beitrag zu Verständnis und Anwendung aerober Selektoren für die Blähschlammvermeidung (1997) Prendl L. ISBN 3-85234-030-6	22
140	Auswirkungen eines Kläranlagenablaufes auf abflußschwache Vorfluter am Beispiel der Kläranlage Mödling und des Krottenbaches (1997) Franz A. ISBN 3-85234-031-4	25
141	Neue Entwicklungen in der Abwassertechnik (1997) ÖWAV - Seminar 1997, TU-Wien ISBN 3-85234-032-2	36

142	Kulturtechnik und Wasserwirtschaft heute (11) (1997) Abfallwirtschaft und Altlastensanierung morgen ISBN 3-85234-033-0	18
143	Abwasserbeseitigung und Wasserversorgung in Wien (1997) Eine ökonomische Beurteilung der Einnahmen, Ausgaben und Kosten Kosz M. ISBN 3-85234-034-9	22
144	Raum-Zeitliche Variabilitäten im Geschiebehaushalt und dessen Beeinflussung am Beispiel der Drau (1997) Habersack H. ISBN 3-85234-035-7	29
145	Fortbildungskurs: Biologische Abwasserreinigung (1998) ÖWAV - Seminar 1998, TU-Wien ISBN 3-85234-036-5	40
146	2. Wassertechnisches Seminar (1998) Desinfektion in der Trinkwasseraufbereitung ISBN 3-85234-037-3	i.V.
147	Eigenüberwachung und Fremdüberwachung bei Kläranlagen (1998) 32. ÖWAV-Seminar , Linz 1998 ISBN 3-85234-038-1	36
148	Grundwasserdynamik (1998) ISBN 3-85234-039-C	36
149	Die Tradition in der Kulturtechnik (1998) Kastanek F. Simulationsanwendung bei der Störung durch poröses Medium (1998) Loiskandl W. ISBN 3-85234-040-4	22
150	Auswirkungen von Niederschlagsereignissen und der Schneeschmelze auf Karstquellen (1998) Steinkellner M. ISBN 3-85234-041-1	36
151	Experiences with soil erosion models (1998) ISBN 3-85234-042-X	29

Band Nr		Preis €
152	Ein Beitrag zur Optimierung der Stickstoffentfernung in zweistufigen Belebungsanlagen (1998) Dornhofer K. ISBN 3-85234-043-8	vergriffen
153	Hormonell aktive Substanzen in der Umwelt (1998) ÖWAV / UBA Seminar 1998, BOKU Wien ISBN 3-58234-044-6	vergriffen
154	Erfassung, Bewertung und Sanierung von Kanalisationen (1998) ÖWAV Seminar 1999, BOKU Wien ISBN 3-8523-045-4	29
155	Nährstoffbewirtschaftung und Wassergüte im Donauraum (1999) ÖWAV - Seminar 1999, TU-Wien ISBN 3-85234-046-2	32
156	Der spektrale Absorptionskoeffizient zur Bestimmung der organischen Abwasserbelastung (1999) UV-Seminar 1998, Duisburg ISBN 3-85234-047-0	22
157	Bedeutung und Steuerung von Nährstoff- und Schwermetallflüssen des Abwassers (1999) Zessner M. ISBN 3-85234-048-9	25
158	Entwicklung einer Methode zur Bewertung von Stoffbilanzen in der Abfallwirtschaft (1999) Rechberger H. ISBN 3-85234-049-7	vergriffen
159	Sicherheit und Gesundheitsschutz auf Abwasseranlagen und deren Evaluierung (2000) ÖWAV – Seminar 2000, TU-Wien ISBN 3-85234-050-0	22
160	Auswirkungen von Klimaänderungen auf die Hydrologie alpiner Einzugsgebiete (2000) Hebenstreit K. ISBN 3-85234-051-9	25

161	Innovative Messtechnik in der Wasserwirtschaft (2000) Präsentation eines Forschungsprojektes ÖWAV – Seminar 2000, BOKU – Wien ISBN 3-85234-052-7	vergriffen
162	Sickerwasser und Oberflächenabdichtung auf Reaktordeponien (2000) ÖWAV - Seminar 2000, Wirtschaftskammer Wien ISBN 3-85234-053-5	25
163	Abfall- und Abwasserentsorgung in kleinen Verhältnissen (2000) ÖWAV - Seminar 2000, Ottenstein ISBN 3-85234-054-3	25
164	Niederschlag-Abfluss-Modellierung – Simulation und Prognose (2000) ÖWAV-Seminar 2000, TU Wien ISBN 3-85234-055-1	i.V.
165	Mehrdimensionale Abflussmodellierung am Beispiel der Lafnitz (2000) Habersack, H. / Mayr, P. / Girlinger, R. / Schneglberger, St. ISBN 3-85234-056-x	25
166	Anpassung von Kläranlagen – Planung und Betrieb (2001) ÖWAV-Seminar 2001, TU Wien ISBN 3-85234-057-8	40
167	Bepflanzte Bodenfilter zur weitergehenden Reinigung von Oberflächenwasser und Kläranlagenabläufen (2001) Laber J. ISBN 3-85234-058-6	25
168	Kanalbetrieb und Niederschlagsbehandlung (2001) ÖWAV-Seminar 2001, BOKU Wien. ISBN 3-85234-059-4	29
169	Development of a Simulation Tool for Subsurface Flow Constructed Wetlands (Entwicklung eines Simulationsmodells für bepflanzte Bodenfilter) (2001) Langergraber G. ISBN 3-85234-060-8	25
170	Simulation von Niederschlagszeitreihen mittels stochastischer Prozess-modelle unter Berücksichtigung der Skaleninvarianz (2001) Bogner ISBN 3-85234-061-6	i.V.
171	Sewage Sludge Disposal – Sustainable and/or Reliable Solutions (2001) ÖWAV / EWA Workshop 2001, TU-Wien ISBN 3-85234-062-4	25

Band Nr		Preis €
172	Stickstoffentfernung mit Biofiltern (2002) Nikolavcic B. ISBN 3-85234-063-2	30
173	Anaerobe Abwasserreinigung: Beeinflussende Faktoren der Versäuerung eines Zitronesäurefabrikabwassers (2002) Moser D. ISBN 3-85234-064-0	20
174	Gewässerschutz bei Entlastungsbauwerken der Mischkanalisation (2002) Fenz R. ISBN 3-85234-065-9	25
175	Wechselwirkung von physikalischen, chemischen und biotischen Prozessen in aquatischen Systemen (2002) Kreuzinger N. ISBN 3-85234-066-7	i.V.
176	Benchmarking in der Abwasserentsorgung (2002) ÖWAV Workshop Februar 2002, TU-Wien ISBN 3-85234-067-5	30
177	Klärschlamm (2002) Möglichkeiten und Verfahren zur Verwertung / Entsorgung ab 2004 ÖWAV Seminar April 2002, Wirtschaftskammer Österreich Schlammbehandlung und Entsorgung ÖWAV / TU – Workshop September 2000, TU-Wien ISBN 3-85234-068-3	30
178	Arzneimittel in der aquatischen Umwelt (2002) ÖWAV Seminar 2002, BOKU Wien ISBN 3-85234-069-1	30
179	Untersuchungen zur Entfernung natürlicher radioaktiver Stoffe aus Trinkwasser und Überblick zu deren Verbreitung in Österreich (2002) Staubmann, K. ISBN 3-85234-070-5	25
180	Zum Fließwiderstandsverhalten flexibler Vegetation (2002) Stephan, U. ISBN 3-85234-071-3	30
181	Understanding and Estimating Floods at the Regional Scale (2002) Merz, R. ISBN 3-85234-072-1	30

182	Kanalmanagement - Neues Schlagwort oder alte Herausforderung ? (2003) ÖWAV Seminar 2003, BOKU Wien ISBN 3-85234-073-X	30
183	Fortbildungsseminar Abwasserentsorgung (2003) ÖWAV Seminar Februar 2003, TU-Wien ISBN 3-85234-074-8	40
184	Klärschlamm (2003) ÖWAV Seminar November 2003, TU-Wien ISBN 3-85234-075-6	30
185	Nachhaltige Nutzung von Wasser (2003) Endbericht zu Modul MU11 im Rahmen des Forschungsschwerpunktes „Nachhaltige Entwicklung österreichischer Kulturlandschaften“ ISBN 3-85234-076-4	30
186	Inspektion von Kanalisationen (inkl. Umsetzung ÖNORM EN 13508-2) ÖWAV-Informationsveranstaltung 2004, BOKU Wien ISBN 3-85234-077-2	30
187	Datengewinnung, -verwaltung und -nutzung in der Wassergütwirtschaft (2004) ÖWAV Seminar März 2004, TU-Wien ISBN 3-85234-078-0	40
188	CSB-Elimination in höchstbelasteten Belebungsstufen und ihre Auswirkung auf die Stickstoffelimination von zweistufigen Anlagen unter dem Gesichtspunkt der mathematischen Modellierung (2004) Haider, S. ISBN 3-85234-079-9	30
189	Beitrag zum Benchmarking von Abwasserreinigungsanlagen Lindtner, S. ISBN 3-85234-080-2	25
190	Öffentlichkeitsarbeit auf Kläranlagen ÖWAV Seminar Juni 2004, St. Pölten ISBN 3-85234-081-0	30
191	Das Verhalten ausgewählter organischer Spurenstoffe bei der biologischen Abwasserreinigung Clara, M. ISBN 3-85234-082-9	25

-
- | | | |
|------------|--|-------------------|
| 192 | Chemie in der Wassergütewirtschaft
ÖWAV Seminar Februar 2005, TU Wien
ISBN 3-85234-083-7 | 45 |
| 193 | Three-Dimensional Numerical Modelling of Turbulent River Flow using Polyhedral Finite Volumes (2005)
Tritthart M.
ISBN 3-85234-084-5 | 30 |
| 194 | Abwasserentsorgung im ländlichen Raum: Stand der Technik und alternative Methoden
ÖWAV Seminar September 2005, BOKU Wien
ISBN 3-85234-085-3 | Preis auf Anfrage |
| 195 | Betriebserfahrungen moderner Kläranlagen
ÖWAV Seminar, März 2006, TU Wien
ISBN 3-85234-086-1 | 40 |
| 196 | Kanalmanagement 2006 – Projektergebnisse und Praxiserfahrungen
ÖWAV-Informationsveranstaltung 24.01.2006, Wien
ISBN 3-85234-087-X | 30 |

Blaue Reihe

In der „Blauen Reihe“ erscheinen Projektberichte des Instituts für Wassergüte und Abfallwirtschaft, die von allgemeinem Interesse sind und aufwendig in 4-Farbendruck und A4 Größe produziert werden.

Folgende Bände sind erhältlich:

Band Nr	Preis €
001 Abwasserentsorgung Lainsitztal Begutachtung in technischer, wirtschaftlicher und ökologischer Hinsicht 1996, 321 Seiten + umfangreicher Datenteil, 60 Abbildungen, Plan	vergriffen
002 Adaptierung von Oberösterreichischen Tauchkörperanlagen in Hinblick auf die Anforderungen der 1.AEV für kommunales Abwasser 1998, 182 Seiten + umfangreicher Datenteil, 70 Abbildungen	43,60
003 Nährstoffbilanzen der Donauanrainerstaaten Erhebung für Österreich 1998, 166 Seiten + umfangreicher Datenteil, 55 Abbildungen	43,60
004 Auswirkungen der Versickerung von biologisch gereinigtem Abwasser auf das Grundwasser 2002, 256 Seiten + CD	60,00

Alle Bestellungen sind zu richten an:

Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft der TU-Wien
Bestellung Wiener Mitteilungen

Karlsplatz 13/2261
1040 Wien

Fax Bestellungen an:

+43 / 1 / 58801 - 22699

E-Mail Bestellungen an:

iwag@iwag.tuwien.ac.at

Die Bände sind zu beziehen bei:

Technische Universität Wien, Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und
Abfallwirtschaft
Karlsplatz 13/226, A-1040 Wien

Band: 12, 15, 16, 20, 28, 34, 35, 36, 37, 47, 49, 53, 54, 56, 57, 58, 61, 62, 63, 64, 65, 69, 73,
81, 82, 84, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 105, 107, 108, 110, 114, 116, 117, 121, 125, 127,
129, 130, 134, 135, 137, 138, 139, 140, 141, 143, 145, 147, 152, 153, 155, 156, 157,
158, 159, 161, 162, 166, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 183, 184, 187, 188,
189, 190, 191, 192, 195

Technische Universität Wien, Institut für Hydraulik, Gewässerkunde und Wasserwirtschaft
Karlsplatz 13, A-1040 Wien

Band: 1, 2, 8, 9, 17, 21, 23, 26, 30, 31, 41, 42, 52, 66, 68, 74, 90, 91, 92, 102, 122, 132, 148,
164, 180, 181, 193

Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und
konstruktiven Wasserbau
Muthgasse 18, A-1190 Wien

Band: 18, 19, 32, 38, 43, 44, 45, 48, 50, 55, 59, 60, 70, 75, 78, 86, 89, 93, 101, 106, 109,
113, 123, 144, 160, 165, 167, 169

Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Siedlungswasserbau, Industrierwasserwirtschaft
und Gewässerschutz
Muthgasse 18, A-1190 Wien

Band: 22, 29, 39, 40, 46, 67, 71, 72, 76, 77, 80, 83, 85, 87, 88, 94, 103, 112, 115, 118, 120,
124, 126, 128, 131, 133, 136, 142, 146, 150, 154, 163, 167, 168, 169, 178, 179, 182,
185, 186, 194, 196

Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Hydraulik und landeskulturelle
Wasserwirtschaft
Muthgasse 18, A-1190 Wien

Band: 119, 149, 151, 170

